

ACUÍFEROS TRANSFRONTERIZOS Y ÁREAS PRIORITARIAS

Constanza Maass Morales^{1,2}

¹Geografa PUC, Magister en Ciencias de la Tierra Universidad Utrecht, estudiante de doctorado IHE Institute of Water Education y TU Delft.

² Profesional Unidad de Medioambiente y Recursos Hídricos Compartidos, DIFROL, MINREL.

La complejidad inherente de las aguas subterráneas presenta desafíos únicos y particulares en su estudio que, en un contexto transfronterizo, apunta además a evaluar y predecir si el uso del recurso hídrico en un país puede generar algún impacto adverso significativo al otro lado de su frontera y, si esto pasa, cuánto tiempo tardará en ocurrir.

El tiempo para que una intervención realizada en un punto de un acuífero pueda causar un efecto en otro punto distante de este, o en los ecosistemas asociados del mismo (humedales, bofedales, lagunas, otros.) puede tomar años, décadas o cientos de años. Como la velocidad de flujo de las aguas subterráneas es generalmente lenta y habitualmente existe una fragmentación de éste en dominios separados, no todas las partes de un acuífero tienen la misma dinámica, ni tampoco están sujetas a los mismos usos. En consecuencia, los efectos e impactos en la cantidad y calidad de las aguas subterráneas derivadas de su uso, pueden variar enormemente dónde y cuándo ocurren, en especial en sistemas acuíferos de gran tamaño. Estas diferencias de escala espacial y temporal han llevado a científicos a plantear que, desde un punto de vista hidrogeológico, hay ciertas zonas dentro de un Sistema Acuífero Transfronterizo (SAT) que resultan más relevantes que otras para evaluar, prevenir y/o mitigar impactos. Por lo tanto, más que estudiar en detalle todo el SAT, sugieren dar prioridad a entender los sistemas de flujo subterráneos y prestar especial atención a la zona fronteriza.

Es así como parece haber un consenso en los últimos años entre la comunidad científica sobre que el estudio y la gestión de las aguas subterráneas compartidas entre dos o más países, debiese enfocarse en aquellas partes del acuífero que son propensas a causar y/o recibir impactos transfronterizos y no en la totalidad del sistema subterráneo.

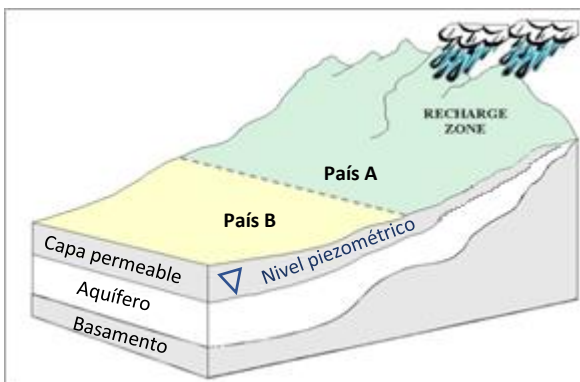


Figura 1. Modelo acuífero libre transfronterizo (Modificado de Eckstein v Eckstein. 2003).

A modo de ejemplo, supongamos un acuífero sedimentario libre no conectado hidráulicamente con ningún cuerpo de agua superficial y que se extiende entre el país A y el país B, este último territorio localizado a una menor elevación (Figura 1). La zona de recarga por precipitaciones se encuentra en el país A y el flujo regional tiene una dirección preferencial desde el país A hacia el B. El país B (donde mayormente se extiende el

acuífero) está explotando el acuífero por sobre la tasa de recarga natural del sistema, generando una reducción importante de los niveles de agua subterránea. Si bien el país A se localiza “aguas arriba” le preocupa la disponibilidad futura de agua subterránea en su país, ya que un descenso importante de los niveles en el país B debiese aumentar el gradiente hidráulico entre A y B y con ello aumentar la cantidad de agua que naturalmente fluye desde el país A hacia B. En este caso, los flujos en la zona fronteriza y por ende los niveles de aguas subterráneas y las permeabilidades acuíferas a ambos lados del límite internacional, es información esencial para evaluar los efectos transfronterizos derivados del bombeo.

En este contexto, la idea de estudiar áreas prioritarias dentro de un SAT para el análisis de efectos transfronterizos, ha desplazado el paradigma más holístico del estudio de todo el sistema hidrogeológico. Sin duda, conocer la dinámica de recarga, descarga y flujos de todo el SAT siempre será información invaluable. Ahora bien, la cantidad de información geológica, hidrológica e hidrogeológica necesaria para el estudio de un SAT, como de cualquier sistema de agua subterránea, es normalmente grande, diversa, costosa y lleva tiempo obtenerla. En general, esa información en la mayoría de los países no existe, existe parcialmente o no está estandarizada entre los Estados involucrados. Por lo mismo, focalizar los esfuerzos de investigación en ciertas áreas resulta atractivo y eficiente para iniciar cualquier proceso de estudio y gestión de un SAT, sea de manera individual o entre los países partes.

Durante la última década se han propuesto algunas metodologías que buscan definir, en base a diversos criterios, cuáles son las zonas relevantes a priorizar para el estudio y posterior gestión de los SAT. Kettelhut *et al.* (2010) proponen definir una zona o franja entorno al límite internacional, donde se debe tener la información suficiente para establecer un entendimiento mínimo del sistema hidrogeológico. El ancho de la franja se establece en base a criterios tales como la conductividad hidráulica del acuífero, la dirección de flujo y el tiempo de gestión establecido entre los países. Si bien el método no fue aplicado a ningún caso de estudio, sus bases tienen similitudes con las áreas definidas en un acuerdo entre Arabia Saudita y Jordania para el manejo y utilización de las aguas subterráneas de la parte oeste del SAT “Saq-Ram”, conocido como acuífero “Al-Sag/Al-Disi”. En el año 2015, se promulgó el acuerdo para un plan de gestión conjunta (Shubber, 2015), luego de que los efectos transfronterizos derivados de la sobreexplotación de aguas por parte de Arabia Saudita prendiera las alarmas.

El acuerdo creó un “área protegida” dentro del SAT de 400 Km² entorno al límite internacional (en cada país), donde cualquier extracción de agua subterránea fue prohibida y las existentes debían cesar en un plazo de 5 años. De la misma forma, se estableció un “área de gestión” de 1.000 km² (que incluye el área protegida), donde las extracciones de aguas están permitidas sólo para fines municipales (Figura 2). Las extracciones fuera de estas dos áreas no forman parte del acuerdo y por ende la extracción de agua está permitida (Eckstein, 2015). Si bien no hay información

disponible para definir en base a qué criterios técnicos se delimitaron estas áreas prioritarias. Estudios previos al acuerdo, indican que estas se localizan en una zona entorno al límite internacional donde la formación acuífera productora de agua está desconfiada, el nivel freático es más somero que en la parte confinada y donde los flujos que naturalmente fluían desde Arabia Saudita hasta Jordania, han cambiado de dirección producto de las extracciones (UN-ESCWA y BGR, 2013).

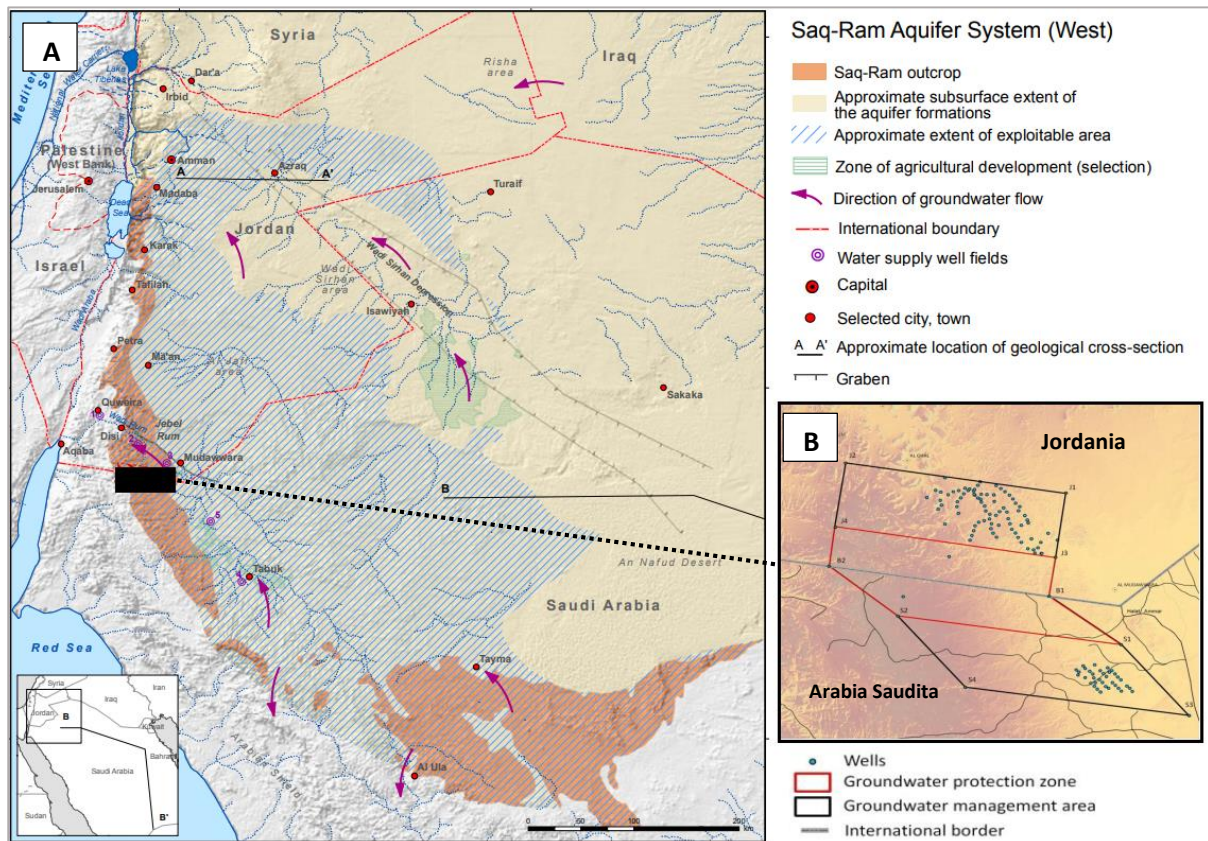


Figura 2. A. Sistema acuífero de Al-Sag /Al-Disi, compartido entre Jordania y Arabia Saudita (Adaptado de Alatrash, 2017). **B.** Área de protección y gestión del acuífero (Adaptado de UN-ESCWA y BGR, 2013).

Otros autores han propuesto priorizar áreas dentro de un SAT para su uso y gestión en base a "hotspots" de productividad o extracción de agua subterránea del sistema. Sánchez *et al.* (2020) delimitaron áreas prioritarias dentro de varios SAT localizados en la frontera entre México y el estado norteamericano de Texas. El estudio utilizó principalmente la localización de los pozos de bombeo activos, su densidad, y las unidades hidrogeológicas desde donde se extrae el agua, para definir áreas relevantes para su gestión, en vez de considerar los límites de las formaciones acuíferas identificadas. Si bien este artículo no busca detenerse en el detalle de las distintas metodologías propuestas, sí resulta valioso señalar los criterios considerados: direcciones de flujos, recarga del sistema, la ubicación del país "aguas arriba o abajo", calidad del agua, localización de extracciones, usos y demanda de agua, población, tiempo de gestión, entre otros.

El valor de estas metodologías, que por sí mismas ya resultan un desafío, es que al focalizar los esfuerzos en ciertas partes claves del SAT, se pueden simplificar y en el mejor de los casos agilizar los procesos de investigación, y con ello, las propuestas de gestión para prevenir o mitigar impactos transfronterizos derivados del uso de las aguas. En la actualidad, los acuerdos internacionales en materia de uso y gestión de aguas subterráneas son escasos. Por lo complejo del tema, trabajar en áreas prioritarias parece ser un buen camino para facilitar la negociación de tratados internacionales en la materia y de esta forma, evitar conflictos con países vecinos y usar los valiosos recursos hídricos subterráneos transfronterizos de manera sostenible.

Referencias

- Alatrash, M. 2017. Jordan-Saudi Arabia, 2015 Agreement for the management and Utilization of the Ground Water in the Disi- Saq Aquifer. Workshop on recent progress on transboundary water cooperation (July, 2017). https://unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2017/WAT/07July_4_Workshop_on_recent_progress_on_transboundary_water_cooperation/3_final_Disi.pdf
- Eckstein, G. 2015. The Newest Transboundary Aquifer Agreement: Jordan and Saudi Arabia Cooperate Over the Al-Sag /Al-Disi Aquifer. International Water Law Project Blog. <https://www.internationalwaterlaw.org/blog/2015/08/31/the-newest-transboundary-aquifer-agreement-jordan-and-saudi-arabia-cooperate-over-the-al-sag-al-disi-aquifer/>
- Eckstein, G., Eckstein, Y. 2003. A Hydrogeological Approach to Transboundary Ground Water Resources and International Law. American University International Law Review 19, 201-258.
- Kettelhut, J.T.S., Ferreira, A.N.P., Lima, C.F. 2010. Proposal Methodology for Establishing Limit Distances from Country Boundaries for the Management of Transboundary Aquifer Systems. In ISARM2010 International Conference "Transboundary Aquifers: Challenges and New Directions" UNESCO. Abstracts. Paris.
- Sanchez, R., Rodriguez, L., Tartajada, C. 2020. Effective Transboundary Aquifer Areas: An Approach for Transboundary Groundwater Management. Journal of the American Water Resources Association (JAWRA) 56(3):360-378. <https://doi.org/10.1111/1752-1688.12836>
- Shubber, S. 2015. Agreement between the Government of the Hashemite Kingdom of Jordan and the Government of the Kingdom of Saudi Arabia for the Management and Utilization of the Ground Waters in the Al-Sag/Al-Disi Layer. Unofficial English translation https://www.internationalwaterlaw.org/documents/regionaldocs/Disi_Aquifer_Agreement-English2015.pdf
- UN-ESCWA, BGR (United Nations Economic and Social Commission for Western Asia; Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe). 2013. Inventory of Shared Water Resources in Western Asia. Beirut. <http://waterinventory.org/sites/waterinventory.org/files/chapters/Chapter-10-Saq-Ram-Aquifer-System-web.pdf>