

RESEÑA

Los dilemas ambientales a futuro: un recorrido con el agua. Una perspectiva del equipo de Hidrogeología de la Universidad Nacional de Río Cuarto- Córdoba. Argentina.

Blarasin Monica¹, Adriana Cabrera, Fatima Becher Quinodoz, Luciana Maldonado, Edel Matteod y Jesica Giuliano Albo

Universidad Nacional de Río Cuarto- Córdoba. Argentina.

¹mblarasin@exa.unrc.edu.ar

Si bien es ampliamente conocida la importancia que tiene el agua en la vida de personas, plantas, animales y en el funcionamiento de los ecosistemas, en general sólo se la asocia a aquella que vemos en ríos, lagunas, lagos o el mar ¿Hay agua yaciendo en lugares que no vemos? ¿Qué importancia tiene? Aparece entonces una de las caras más desconocidas del agua: la fase subterránea ¿qué es? ¿qué rol cumple? ¿interesa a las personas? ¿es parte de las prácticas de enseñanza –aprendizaje en el aula, campo o laboratorio?

El Decenio Internacional para la Acción «**El agua, fuente de vida**» (2005-2015), establecido por la Organización de Naciones Unidas (ONU), es una oportunidad excelente para que la comunidad internacional avance hacia un enfoque integral en la gestión del agua del planeta que garantice un uso sustentable para las generaciones futuras. El agua es una responsabilidad compartida entre todos los actores sociales y en sus distintas facetas, su estudio, planificación y gestión debe ser abordado de forma insoslayable. A cualquier docente o persona a quien le interese el tema del agua puede encontrar en la página web de las Naciones Unidas en español (<http://www.un.org/es/>) un interesante desarrollo sobre temas que atañen a la sociedad, el desarrollo, los derechos humanos, etc. y además, información vinculada al agua en http://www.unwater.org/worldwaterday/index_es.html (sitio del día mundial del agua) y un capítulo dedicado al mencionado Programa de ONU «El agua fuente de vida» 2005-2015 (<http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/waterforlifeaward.shtml>).

En esta página, la variedad temática en relación a distintos aspectos del agua es muy grande. Así, pueden encontrarse nuevas y múltiples derivaciones con gran cantidad de información: Acceso a saneamiento, Aguas transfronterizas, Agua y ciudades, Agua y economía verde, Agua y seguridad alimentaria, Calidad del agua, Cooperación en agua Derecho humano al agua, Escasez de agua, Financiación del agua, Género y agua, Gestión Integrada de los Recursos Hídricos, Recursos para Niños/as y jóvenes, Medios de comunicación, e-recursos, ONU Publicaciones de Naciones Unidas, Fototecas, Videoteca. Visitar estas páginas invita a realizar un recorrido infinito por las múltiples caras del agua y allí podrá navegar por diferentes cuestiones que preocupan o interesan conocer y aprender. El **agua subterránea** es la mayor reserva de agua líquida dulce en el planeta y por consiguiente la mayor fuente de abastecimiento a nivel mundial. Por esta razón, en las últimas décadas constituye uno de los temas prioritarios en grupos de investigación, gestión y aún políticos, los que se han dedicado a su estudio, protección, restauración y

legislación (Karamouz et al., 2011; WWAP, 2006). El agua subterránea se encuentra en los acuíferos, que son sistemas subterráneos constituidos por rocas fisuradas y/o sedimentos de porosidad primaria saturados en agua (Figura 1).

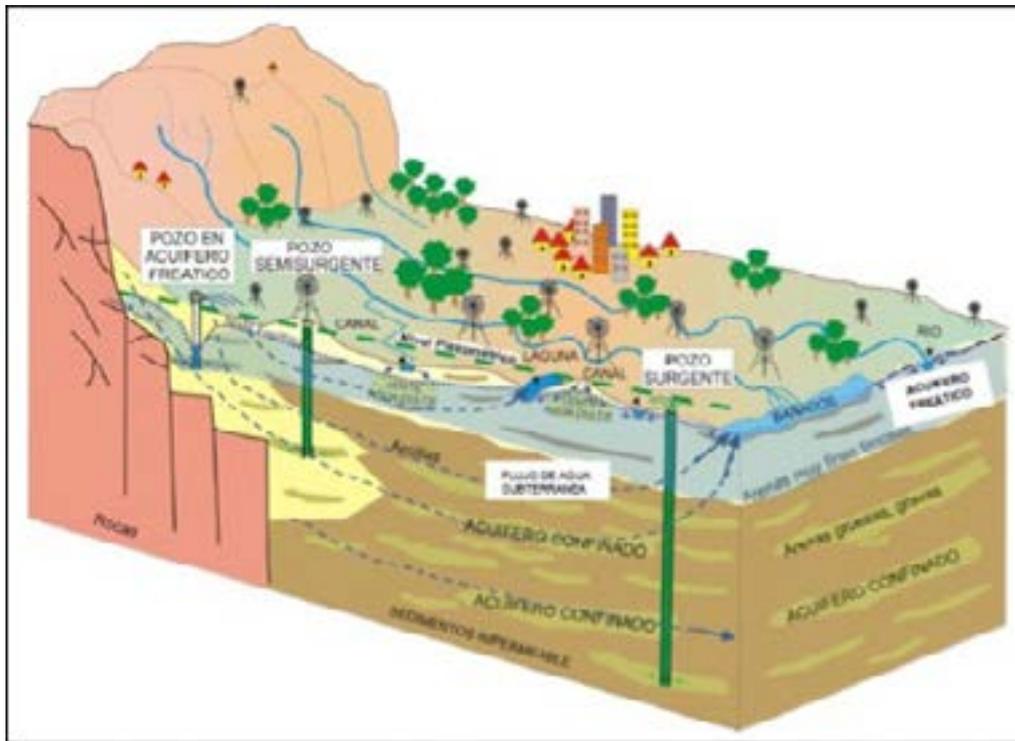


Figura 1. Esquema representativo de acuíferos donde yace el agua subterránea

Hay *acuíferos libres* (también llamados freáticos) más cercanos a la superficie, que renuevan más fácilmente su contenido porque están vinculados directamente con el agua de lluvia que los alimenta y son más susceptibles a la contaminación. Otros, los *acuíferos confinados*, están más profundos y protegidos, y el agua que contienen, si bien conectada con la fase atmosférica, se renueva mucho más lentamente. El agua subterránea es un recurso natural vital para la provisión económica y segura de suministros de agua potable o apta para diversos usos, en ambientes rurales y urbanos (Zektser y Everet, 2004). Además, juega un rol fundamental, a veces poco apreciado, en el mantenimiento de ecosistemas acuáticos (lagos, ríos, lagunas, humedales) y en numerosos procesos geológicos (formación de suelos, de yacimientos minerales, de paisajes, etc.). Por otro lado, es un recurso a proteger ya que en el mundo entero, las aguas subterráneas poseen diferente grado de vulnerabilidad o susceptibilidad a ser adversamente afectadas y sufren una amenaza creciente de degradación derivada de la urbanización y actividades agropecuarias, mineras, etc.

La creciente competencia por la utilización del agua en una cuenca para todas estas actividades exige que los posibles usos se evalúen sobre la base de aspectos sociales, económicos y naturales en el contexto de una planificación integrada que establezca las prioridades en orden al interés público y no solamente en atención al beneficio para un sector o usuario en particular. Excepto el agua para consumo humano básico – cuya demanda se juzga prioritaria para todo uso – el resto de las demandas deberán ser satisfechas

conforme a las prioridades establecidas por cada jurisdicción, como lo establece el Acuerdo Federal Argentino y ya contemplado en la Provincia de Córdoba en el Código de Aguas. A un docente que le interese promover el debate y la argumentación con sus alumnos sobre aspectos legales en relación al agua puede dirigirse a <http://web2.cba.gov.ar/web/leyes.nsf/frb?OpenForm&ORI=L&VI=S> (Ley N° 5589 Código de Aguas para la provincia de Córdoba). En este mismo sentido, muchas otras normas, varias con connotaciones ambientales y otras relacionadas a cuestiones generales y particulares de política hídrica en el país, pueden bajarse de diferentes sitios en internet: Política Hídrica y Sistema Nacional de Información Hídrica en <http://www.hidricosargentina.gov.ar/index.php>; Plan Federal de Aguas Subterráneas en http://www.hidricosargentina.gov.ar/politica_hidrica.php?seccion=aguas_sub y en http://www.secretariadeambiente.cba.gov.ar/home_nuevo.html; Ley General del Ambiente y Estudios de Impacto Ambiental, en el sitio <http://www.secretariadeambiente.cba.gov.ar/legislaciones.htm>.

La provincia de Córdoba, ubicada en el centro de Argentina es rica en aguas superficiales y subterráneas, por su configuración geológica y situación climática. Sin embargo, hay una importante variabilidad de la disponibilidad, en reservas y en calidad, en el espacio y en el tiempo. Así, son numerosos los problemas vinculados al agua, por los ciclos secos y húmedos que se suceden, por diversos aspectos relacionados a la composición química, por la escasa planificación y por la complicada gestión de los recursos hídricos (Blarasin et al., 2009).

En nuestro contexto de estudio, el agua subterránea cobra especial importancia, por encontrarse involucrada en múltiples fenómenos naturales y porque es el recurso utilizado casi con exclusividad en algunas regiones para actividades domésticas, agropecuarias, mineras e industriales. La interacción entre el hombre y el agua, generó importantes problemas ambientales, muy sentidos por la comunidad regional. A pesar de que hay aguas subterráneas de excelente calidad en algunos sectores, un problema relevante en ciertas áreas de la llanura cordobesa es la pobre calidad natural de la alojada en acuíferos formados por sedimentos loésicos (Blarasin et al., 2005), caracterizada por altos tenores de sales disueltas, sulfatos, cloruros, Arsénico (tóxico de primer nivel) y Flúor, que la convierten en no apta para consumo humano aunque, por falta de otro recurso o por desconocimiento, es igualmente utilizada con el riesgo toxicológico que implica (Blarasin et al. 2011).

Por otra parte, en *ambientes urbanos* se suman otros notorios problemas tales como ascenso de niveles freáticos en épocas de excesos hídricos (lo que ocasiona anegamientos de barrios, colapso de sistemas de saneamiento in situ, hundimientos de casas, etc.) y contaminación química y bacteriológica del acuífero freático por efluentes derivados del saneamiento in situ (Blarasin et al., 2005). Además, la gran producción de residuos y efluentes generó un éxodo de los sitios de vertido hacia el ámbito periurbano o al ambiente rural, que pueden generar plumas contaminantes en el agua subterránea caracterizadas por el aumento de sales, de metales pesados (Cr, Fe, etc.), de microorganismos, entre otros (Blarasin et al. 2012).

En los *ecosistemas agropecuarios*, la explotación intensiva de acuíferos freáticos y confinados es cada vez más evidente. El riego se encuentra en aumento y en el caso de los acuíferos confinados (ubicados a profundidades variables, entre 120 y 400 m), la actividad llevó a descensos de niveles que afectaron el funcionamiento de los propios equipos de riego. Algunos niveles confinados, con aguas termales de excelente calidad, se utilizan para distintos fines, incluida la creación y mantenimiento de lagunas artificiales, práctica poco sustentable que debe ser evaluada dada la lenta reposición de aguas tan profundas (Cabrera et al., 2010). El acuífero freático es el más impactado por la aplicación de agroquímicos (fertilizantes y plaguicidas), particularmente por la llegada de contaminantes móviles y persistentes como los nitratos derivados de fertilizantes o compuestos como atrazinas (herbicida) (Becher Quinodoz, 2013). Son también fuentes de polución, ya evaluadas en numerosos sitios, la práctica tambera (Figura 2), criaderos tradicionales de porcinos y

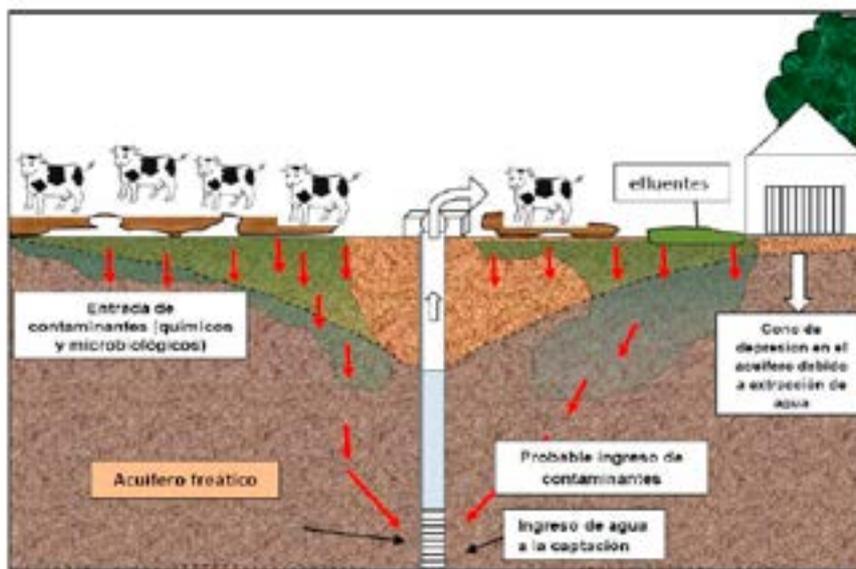


Figura 2. Contaminación de acuíferos por actividad ganadera

vacunos y, en notorio crecimiento, la práctica de cría intensiva ("feed lot"), sitios que pueden contaminar el agua subterránea con nitritos, nitratos, microorganismos, metales pesados e incluso productos farmacéuticos (Blarasin et al., 2012, Giuliano Albo, 2012).

La Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC), desde su creación (año 1971), definió que, además de su específica y primordial actividad académica dedicada a la docencia e investigación, transitaría por una fuerte relación con las restantes esferas de la sociedad. Así, con responsabilidad social, diseñó mecanismos y estrategias oficiales para integrarse con diferentes actores y esferas sociales. De este modo, los grupos de trabajo de la UNRC se han relacionado de diferente manera con el medio socio-cultural-productivo. En el caso específico de agua, por el rol vital que cumple para la vida, numerosos equipos de trabajo de la UNRC se han dedicado a estudiar el agua desde diversas perspectivas, tratando de compartir saberes con los alumnos, formarlos integralmente y comprometidos con el desarrollo regional. Esto ha resultado en actividades estudiantiles concretas para estudiar el agua en entornos socio productivos problemáticos (prácticas profesionales,

socio-comunitarias, desarrollo de tesis) de gran futuro para sus vidas laborales como egresados.

Para enseñar la temática del agua en general y del agua subterránea en particular, la tarea docente del Grupo de Hidrogeología de la UNRC, se ha fundamentado en un modelo de enseñanza de tipo deductivo, alentando la reflexión crítica de manera que en el colectivo del aula se trabaje en forma dinámica, creativa y productora (Vogliotti, 2006, Rinaudo, 2007). El enfoque dado a la docencia es sistémico, interdisciplinario, no reduccionista e integrador y está fundamentado en la resolución de situaciones problemáticas como base para la enseñanza reflexiva. Así, se eligen diferentes cuencas hidrológicas de la región, en las que se hacen estudios de campo, gabinete y laboratorio, al principio de tipo globales, luego analíticos y finalmente sintéticos, para comprender el funcionamiento del agua en el marco físico en el que se mueve, tanto en sus aspectos de dinámica como de calidad, y las interrelaciones con el medio socio-productivo. Esto último otorga a las asignaturas un fuerte sesgo ambiental, que permite al alumno descubrir la complejidad de los sistemas analizados y la necesidad de políticas más sustentables.

Específicamente, en relación a servicios y trabajos conjuntos con diferentes actores sociales, en el caso del grupo de aguas subterráneas del Dpto. de Geología de la UNRC, y si bien existen aún problemas por resolver, los docentes-investigadores han desarrollado múltiples actividades. Numerosas experiencias técnicas con cooperativas de agua, municipios y empresas, estuvieron vinculadas a estudios de contaminación de acuíferos, exploración de nuevas fuentes de agua, definición de aptitudes de uso de aguas, comportamiento de acuíferos en relación a infraestructura (obras hidráulicas y viales), etc. Por otro lado, se ha participado de experiencias conjuntas con los sistemas educativos primario y secundario: jornadas de trabajo con estudiantes y docentes, charlas, talleres de campo y la escritura de textos para los diferentes niveles educativos. Uno de los ejemplos de transposición didáctica es el desarrollado en el marco del Programa de Divulgación Científica "Cordobensis" del Ministerio de Ciencia y Técnica de la provincia de Córdoba (<http://www.cba.gov.ar/reparticion/ministerio-de-ciencia-y-tecnologia>). Esta experiencia permitió elaborar un texto dedicado al agua subterránea con enfoque ambiental, que llegó a todas las escuelas del nivel secundario de la provincia (Figura 3). Los interesados pueden bajarlo de: <http://www.cba.gov.ar/wp-content/4p96humuzp/2013/03/Agua+subterranea+y+ambiente.desbloqueado.pdf>



Figura 3. Texto para alumnos y docentes el nivel medio

Finalmente, se están escribiendo en la actualidad tres series de "Cuadernos de aguas subterráneas" (Figura 4). Los cuadernos se estructuraron en un conjunto de 3 series: técnica, científica y didáctica, nominadas con vocablos del lenguaje mapuche-ranquel en honor a los pueblos originarios que habitaron el Sur de la provincia de Córdoba. La serie técnica (*keipûnentum*-sacar algo escarbando-) está dedicada a describir el uso y manejo de acuíferos, mostrando por ejemplo técnicas de perforación o bien cuadros y mapas

donde se establecen las aptitudes de uso del agua subterránea para riego, ganadería y consumo humano en diferentes zonas de la provincia.

La serie de científica elaborada (*katarumen*-perforar algo hasta traspasarlo-) estará dedicada a la presentación de aspectos básicos del conocimiento científico de la hidrometeorología, hidroquímica, química isotópica, recarga de acuíferos, entre otros temas, para contribuir a un conocimiento más acabado de las aguas subterráneas. Finalmente la serie didáctica (*aucantun-ko* -jugar, agua-) tiene como finalidad primordial la transposición didáctica al nivel educativo de niños y jóvenes realizando simplificaciones adecuadas de los conocimientos para diferentes edades y como apoyo para el trabajo docente. Todo el material estará a disposición de escuelas, oficinas técnicas, cooperativas de agua, municipios, universidades, etc. Los primeros cuadernillos pueden bajarse de la página oficial de la UNRC <http://www.unrc.edu.ar/unrc/comunicacion/editorial/librosDig.php>



Figura 4. Ejemplos de cuadernos de aguas subterráneas para vincular la Universidad con el medio socio-productivo (Serie técnica, científica y didáctica)

Por ser esencial para sostener la vida humana y en el funcionamiento del planeta, en Córdoba, en el resto del país y en todo el mundo, los habitantes deben tener acceso a la información del agua subterránea y conocer sus obligaciones hacia el recurso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Becher Quinodóz, F. 2013. Connotación ambiental de relaciones aguas subterráneas-superficiales en la llanura medanosa del río Quinto. Informe de doctorado inédito 2013. 70 pág. UNRC.
- Blarasin, M.; Cabrera, A.; Matteoda, E.; Giuliano Albo, J. y Felizzia, J. 2009. Arsénico y Flúor en el agua subterránea en el sur de Córdoba (Arg.) geoquímica, conflictos de uso y gestión Temas emergentes en la gestión de aguas subterráneas, 115-134.
- Blarasin M.; Cabrera A.; Torti S. y Defacci, M. 2011. Hidrogeoquímica del acuífero freático y análisis de la incidencia de ingesta de agua con flúor en pobladores rurales, Sampacho, Córdoba. VII Cong Hidrogeológico Argentino, 3-10.

- Blarasin, M.; Tione, M.L.; Gambero, M.L.; D'Éramo, F. y Moressi, M. 2012. Cafeína, bacterias resistentes e invertebrados como indicadores de impacto en el acuífero de un agroecosistema. Actas XI Congreso Latinoam. Hidrogeología y IV Colombiano de Hidrogeología.
- Blarasin, M., S. Degiovanni, A. Cabrera y M. Villegas, 2005. Aguas superficiales y subterráneas en el Sur de Córdoba: una perspectiva geambiental. Ed. UNRC.
- Cabrera, A.; Blarasin, M. y Matteoda, E. 2010. Análisis hidrodinámico, geoquímico e isotópico para la evaluación de sistemas hidrotermales de baja temperatura en la llanura cordobesa (Argentina). *Revista del Instituto Geológico y Minero de España*, 121 (4): 387-400.
- Giuliano Albo M.J. y Blarasin, M. 2012. Uso de Isotopos de ^{15}N y ^{18}O para evaluar fuentes de contaminación por Nitratos en agua subterránea en un agroecosistema. Actas XI Congreso Latinoam. Hidrogeología y IV Colombiano de Hidrogeología.
- Karamouz, M.; Ahmadi, A. y Akhbari, M. 2011. Groundwater hydrology. Engineering, Planning and Management. CRC Press.
- Rinaudo, M.C. 2007. Caminos de tiza, educación, creatividad y futuro. *Colección de cuadernillos, actualización para pensar la enseñanza universitaria*, 2 (3) Ed. UNRC.
- Vogliotti, A. 2006. Reflexiones sobre la reflexión pedagógica. *Colección de cuadernillos de actualización para pensar la enseñanza universitaria*, 1(6). Ed UNRC.
- WWAP. 2006. World Water Development Report 2: Water – A Shared Responsibility
- Zektser, I.S. y Everet, L.G. 2004. Groundwater Resources of the World and Their Use. UNESCO-IHP-VI *Series on Groundwater*, 6.