

Conocimientos sobre el H₂O

por Pradeep Aggarwal &
Ali Boussaha



El OIEA difunde los conocimientos necesarios para sacar provecho de los acuíferos mundiales.

Sabemos que el agua es vital para la vida. Lo que es menos sabido es que con un buen conocimiento y una gestión responsable de los recursos hídricos mundiales podría haber suficiente agua dulce para todos.

El agua es un recurso clave para lograr el desarrollo socioeconómico. Es también un elemento esencial de los esfuerzos por reducir la pobreza. En la Declaración del Milenio, los Estados Miembros de las Naciones Unidas decidieron “reducir a la mitad, para el año 2015, el porcentaje de personas que carezcan de acceso a agua potable o que no puedan costearlo” y “poner fin a la explotación insostenible de los recursos hídricos formulando estrategias de ordenación de esos recursos en los planos regional, nacional y local, que promuevan un acceso equitativo y un abastecimiento adecuado”.

El aumento constante de la demanda mundial de agua dulce, unido al rápido desarrollo industrial y agrícola, está amenazando la disponibilidad y calidad de los suministros de agua dulce. Gran parte de la población mundial, particularmente en las regiones donde hay escasez de agua, no cuenta hoy en día con un suministro suficiente de agua. Mahatma Gandhi dijo acertadamente, hace más de 60 años, que había agua suficiente para satisfacer las necesidades humanas, pero no para satisfacer su codicia. Según el informe del Secretario General de las Naciones Unidas a la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible, celebrada en Johannesburgo en 2002, la crisis mundial del agua también es una crisis de gobernanza.

En África, por ejemplo, el acceso insuficiente al agua y al saneamiento se considera a la vez causa y consecuencia de la pobreza. Aunque hay abundantes recursos hídricos en este continente -aproximadamente 17 grandes ríos y 160 lagos con una superficie superior a 27 km²- la mayoría de ellos se encuentran en la región húmeda y subhúmeda cercana al ecuador. La escorrentía superficial en África es, en promedio, muy inferior a la precipitación media como resultado de los altos niveles de evaporación y evapotranspiración. A ello se debe la sequía endémica existente en algunas partes del continente.

Por lo tanto, las aguas subterráneas -los estanques y lagos subterráneos de los sistemas acuíferos- son un recurso de importancia fundamental para África. Esas aguas representan casi las dos terceras partes de todos los recursos de agua potable del continente, e incluso una proporción mayor en el caso de los pueblos del norte de África.

De igual manera, en América del Sur los recursos hídricos suman casi 3 millones de km³, y anualmente se utiliza sólo el equivalente de una décima parte de la cantidad total de agua resultante de las precipitaciones. Los principales problemas que enfrentan estos países son el uso sostenible de las aguas subterráneas y la prevención de la contaminación de los recursos existentes.

Las aguas subterráneas como fuente de supervivencia

Las aguas subterráneas representan cerca del 90% de los recursos de agua dulce disponibles al nivel mundial, excluidos los recursos de la superficie polar. Casi la mitad de toda el agua dulce que se utiliza mundialmente como agua potable y de riego proviene de aguas subterráneas, lo que establece un vínculo entre la sostenibilidad de los recursos de aguas subterráneas y el desarrollo humano sostenible.

Aproximadamente el 20% de las labores de riego en todo el mundo, que producen el 40% de los suministros alimentarios, dependen de las aguas subterráneas. Se calcula que casi el 10% de la

Casi la mitad de toda el agua dulce que se utiliza mundialmente como agua potable y de riego proviene de aguas subterráneas, lo que establece un vínculo entre la sostenibilidad de los recursos de aguas subterráneas y el desarrollo humano sostenible.



Con un buen conocimiento y una gestión responsable de los recursos hídricos mundiales podría haber suficiente agua dulce para todos.

producción mundial de alimentos podría depender del agua de riego extraída de acuíferos fósiles o no renovables. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), es probable que el uso de aguas subterráneas para el riego durante los últimos decenios haya retardado la próxima crisis alimentaria.

La ciencia de la hidrología isotópica

A pesar de la importancia de las aguas subterráneas para muchas sociedades, no existe un interés público equivalente en cuanto a su protección, debido quizás a que no es fácil medir la cantidad y disponibilidad de esas aguas. Otra consideración importante es el impacto del creciente grado de variabilidad climática temporal y espacial en los recursos hídricos. En cierta medida, las aguas subterráneas permiten mitigar los efectos del cambio climático.

A fin de elaborar marcos normativos y de gestión sostenibles, es necesario poseer información hidrológica fidedigna sobre la calidad y cantidad de los recursos hídricos. Para poder facilitar esta información se precisa gran cantidad de tiempo y recursos financieros, lo que generalmente no se logra en el breve plazo disponible para satisfacer la demanda de suministro de agua de la sociedad.

Las metodologías nucleares e isotópicas son instrumentos importantes que permiten a los hidrólogos evaluar y gestionar rápidamente los recursos hídricos a un costo mucho menor. Los isótopos ambientales estables y radiactivos se han utilizado durante más de cuatro decenios en el estudio de sistemas hidrológicos y han demostrado ser particularmente

útiles para comprender cómo funcionan los sistemas de aguas subterráneas.

Las aplicaciones isotópicas en la hidrología se basan en el concepto general del “rastreo”, en el que se utilizan isótopos introducidos deliberadamente o isótopos naturales (ambientales). Los isótopos ambientales (radiactivos o estables) tienen una clara ventaja respecto de los trazadores inyectados (artificiales), en el sentido de que facilitan el estudio de diversos procesos hidrológicos en una escala temporal y espacial mucho más amplia, gracias a su distribución natural en un sistema hidrológico. De ahí que las metodologías que utilizan isótopos ambientales desempeñan una función excepcional en los estudios regionales de los recursos hídricos que tienen por objeto obtener características integradas temporales y espaciales de los sistemas de aguas subterráneas. Por lo general, el uso de trazadores artificiales es eficaz en aplicaciones específicas para emplazamientos y en aplicaciones locales.

Entre los isótopos ambientales más utilizados figuran los de la molécula de agua, el hidrógeno (vale decir deuterio y tritio) y el oxígeno (oxígeno 18, así como carbono 13 y carbono 14) presentes en el agua como elementos de compuestos disueltos de carbono orgánico e inorgánico. El deuterio, el carbono 13 y el oxígeno 18 son isótopos estables de los respectivos elementos mientras que el tritio y el carbono 14 son isótopos radiactivos.

Los ámbitos más importantes de las aplicaciones de las aguas subterráneas en que los isótopos son útiles son, entre otros, los procesos de recarga y descarga de los acuíferos, la circulación y las interconexiones entre los acuíferos, y las fuentes, el destino final y el transporte de los contaminantes. En particular,

en condiciones climáticas áridas y semiáridas las técnicas isotópicas constituyen prácticamente el único método para determinar y cuantificar la recarga de aguas subterráneas.

La contaminación por elementos antropógenos de acuíferos poco profundos y de acuíferos más profundos, como resultado de la explotación excesiva de los acuíferos poco profundos, es uno de los problemas fundamentales en la gestión de los recursos hídricos. Los isótopos ambientales se pueden utilizar para determinar las trayectorias y pronosticar la distribución espacial y los cambios temporales en los patrones de contaminación, con vistas a la evaluación de escenarios de migración de la contaminación y a la planificación de la rehabilitación de los acuíferos.

Cartografía de los acuíferos mundiales

El programa del OIEA sobre recursos hídricos está destinado a desarrollar técnicas isotópicas para la gestión de estos recursos y a ayudar a los científicos a utilizarlas correctamente. Una parte importante del programa se centra en las aguas subterráneas. En general, las estimaciones de los recursos mundiales de aguas subterráneas son inadecuadas y la información fiable sobre la proporción de aguas renovables o no renovables es incompleta. El OIEA está trabajando, conjuntamente con la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) y la Asociación Internacional de Hidrólogos, para ampliar los conocimientos sobre la distribución y cantidad

de aguas subterráneas no renovables o fósiles en el mundo. Las investigaciones se basan en el uso de las propiedades de catalogación de los datos isotópicos obtenidos de acuíferos subterráneos en todo el mundo.

La mayoría de los datos isotópicos que se utilizan en la elaboración de mapas de acuíferos mundiales han sido recopilados en los últimos 40 años en el marco de los proyectos de cooperación técnica del OIEA. Gracias a estos proyectos se ampliaron sustancialmente las capacidades e infraestructuras científicas nacionales y regionales y se ayudó al mismo tiempo a resolver cuestiones prácticas asociadas a la gestión de las aguas superficiales o subterráneas. Actualmente se ejecutan más de 80 proyectos de cooperación técnica relacionados con la hidrología isotópica en las regiones de África, América Latina y Asia, cuyo presupuesto ajustado asciende a unos siete millones de dólares de los EE.UU.

En los últimos años, el OIEA ha colaborado muy estrechamente con sus Estados Miembros con miras a incluir la hidrología isotópica en los principales programas nacionales e internacionales relacionados con los recursos hídricos, lo que ha propiciado un uso más difundido de las técnicas isotópicas para la gestión de estos recursos. En la zona central de Marruecos, los resultados obtenidos con ayuda de isótopos se utilizaron para mejorar el modelo de gestión de las aguas subterráneas de la llanura de Tadla, una región importante para la agricultura. En el Yemen, las investigaciones isotópicas de las aguas



Si se cuenta con la información adecuada, se podrían adoptar las decisiones correctas para proteger y preservar los recursos de aguas subterráneas en beneficio de las generaciones venideras.

subterráneas de la cuenca de Sana'a permitieron determinar plenamente la naturaleza y fuente de recarga de los sistemas de aguas subterráneas poco profundos. La labor realizada permitió conocer mejor la eficacia de las medidas de recarga artificial, lo que podría llevar a la utilización de un acuífero fósil más profundo a los efectos únicamente de atender a las necesidades de agua potable.

Últimamente, los proyectos de cooperación técnica del OIEA en la esfera de los recursos hídricos se han centrado con más intensidad en el establecimiento de asociaciones con otros organismos de desarrollo. Un proyecto ejecutado en Uganda, en colaboración con la Cooperación Austriaca para el Desarrollo, permitió la demarcación de las zonas de recarga de los manantiales Chuho, en las cercanías del poblado de Kisoro. Estos manantiales están siendo aprovechados como fuente de agua dulce en todos los poblados de la región sudoccidental. Los resultados de las investigaciones isotópicas suministraron información única de importancia fundamental para la sostenibilidad de la nueva fuente de agua.

La mayoría de los datos isotópicos utilizados en la elaboración de mapas de acuíferos mundiales han sido recopilados en los últimos cuarenta años en el marco de los proyectos de cooperación técnica del OIEA.

En Bangladesh, el OIEA cooperó con el Banco Mundial y el Gobierno en el desarrollo de alternativas sostenibles para el suministro de agua potable salubre. Actualmente, gran parte del abastecimiento de agua al nivel nacional se obtiene de pozos abisinos poco profundos abiertos en un acuífero contaminado con arsénico. Las investigaciones isotópicas ayudaron a determinar el tamaño y la capacidad de renovación de un acuífero más profundo.

Recientemente se iniciaron tres proyectos de cooperación técnica relacionados con sistemas acuíferos compartidos por varios países africanos, en colaboración con el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM), el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Estos proyectos se centran en investigaciones de hidrología isotópica del:

- ◆ sistema acuífero de Nubia, compartido por el Chad, Egipto, Libia y el Sudán;
- ◆ sistema acuífero del Sahara noroccidental, que comparten Argelia, Libia y Túnez;
- ◆ sistema acuífero de Iullemeden, compartido por Malí, Níger y Nigeria.

Fomento de los conocimientos sobre el acuífero de Nubia

El acuífero de Nubia, que comparten el Chad, Egipto, Libia y el Sudán, tiene gran importancia como fuente de agua potable y de riego. Las aguas ancestrales del acuífero de Nubia se extienden aproximadamente dos millones de kilómetros cuadrados bajo la superficie de estos cuatro países de África nororiental. El acuífero es una fuente importante de agua potable y de riego, y es la única fuente de agua dulce en el desierto occidental de Egipto, que abarca cerca del 67% de la superficie terrestre total del país.

Desde 2003, el OIEA ha venido ayudando a los países que comparten el acuífero de Nubia a utilizar las técnicas isotópicas en la elaboración de mapas de recursos hídricos. Hasta el momento se sabe que, en las condiciones climáticas actuales, las aguas subterráneas del acuífero de Nubia se recargan escasamente como resultado de la infiltración de las aguas del Nilo en algunas zonas, las precipitaciones en algunas regiones montañosas y la afluencia de aguas subterráneas del sistema Nilo Azul/Nilo Principal en el Valle del Rift.

El proyecto del OIEA tiene por objeto ampliar y consolidar los conocimientos científicos y la base de datos sobre el acuífero de Nubia y elaborar un plan de gestión de aguas subterráneas basado en una red de vigilancia del acuífero. El establecimiento de una estructura de gestión del acuífero será un aporte importante al desarrollo de la región, y se traducirá con el tiempo en la producción sostenible de agua potable y en el aumento de la producción agrícola.

El OIEA estableció en 2003 una asociación con el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) a fin de desarrollar un marco para la gestión sostenible del acuífero de Nubia utilizando la hidrología isotópica. La labor del OIEA encaminada a prestar asistencia a los países que comparten el acuífero de Nubia en el estudio y la gestión de los suministros compartidos de aguas subterráneas recibió recientemente del FMAM, con sede en Washington D.C., una donación de contrapartida por valor de un millón de dólares, por conducto del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. La financiación del FMAM ampliará el alcance del programa de cooperación apoyado por el OIEA y permitirá a los países que hacen uso del acuífero desarrollar un plan eficaz de gestión de las aguas subterráneas.

A través de estos y otros medios, la ciencia y las aplicaciones de la hidrología isotópica están fomentando el conocimiento de los sistemas de acuíferos en el mundo. Si se cuenta con la información adecuada, se podrán adoptar las decisiones correctas para proteger y preservar los recursos de aguas subterráneas en beneficio de las generaciones venideras.

Pradeep Aggarwal es Jefe de la Sección de Hidrología Isotópica del Departamento de Ciencias y Aplicaciones Nucleares del OIEA. Correo-e: P.aggarwal@iaea.org

Ali Boussaha es Jefe de la Sección de África del Departamento de Cooperación Técnica. Correo-e: A.boussaha@iaea.org