



Una de las cinco esferas clave del desarrollo sostenible en la que es posible alcanzar progresos con los recursos y tecnologías actualmente a nuestra disposición.

Gestión de los recursos hídricos mediante la hidrología isotópica

Del total de los recursos hídricos de la Tierra, sólo el 2,5% es agua dulce – el resto es salada. La mayor parte del agua dulce se encuentra en los hielos polares o como humedad del suelo, o bien a profundidades inaccesibles en acuíferos subterráneos, con lo cual queda menos del 1% disponible para su utilización.

El desarrollo humano sostenible depende de la disponibilidad de agua. Se calcula que más de un tercio de la producción mundial de alimentos se basa en el riego, del cual una proporción importante puede depender de recursos de aguas subterráneas no sostenibles. A pesar de los progresos alcanzados en los dos últimos decenios para mejorar el acceso al agua potable, alrededor de 1 100 millones de personas todavía carecen de este recurso. Las zonas de escasez y penuria de agua son cada vez más numerosas, particularmente en África septentrional y Asia occidental. En los próximos dos decenios se espera un aumento del 40% en la demanda total de agua. Para 2025 dos tercios de la población mundial podrían estar viviendo en países con escasez de agua moderada o grave.

El reto es cómo gestionar este recurso finito, en la actualidad y en el futuro. Por el hecho de que los recursos de agua dulce con gran frecuencia son compartidos por más de un país dentro de una región, se necesitarán acciones a niveles nacional e internacional para mejorar el acceso en las regiones que carecen de agua y mejorar el uso eficiente en aquellas regiones que tienen agua actualmente, de modo que esos recursos puedan mantenerse para las futuras generaciones.

La clave para la gestión sostenible de los recursos hídricos consiste en poseer los conocimientos necesarios para tomar las decisiones apropiadas. La hidrología isotópica es una técnica nuclear que utiliza tanto isótopos estables como radiactivos para seguir los movimientos del agua en el ciclo hidrológico. Los isótopos pueden utilizarse para investigar las fuentes de aguas subterráneas y determinar su origen, su forma de recarga, si existe riesgo de intrusión o contaminación por agua salada, y si es posible utilizarlas de manera sostenible.

En las fases de evaporación y condensación, la concentración de isótopos de oxígeno e hidrógeno en una molécula de agua sufre pequeños cambios. Como resultado de ello, en diferentes etapas del ciclo hidrológico el agua queda marcada, de manera natural, con huellas isotópicas que varían en función del

Monitoreo del ciclo hidrológico mediante el empleo de isótopos

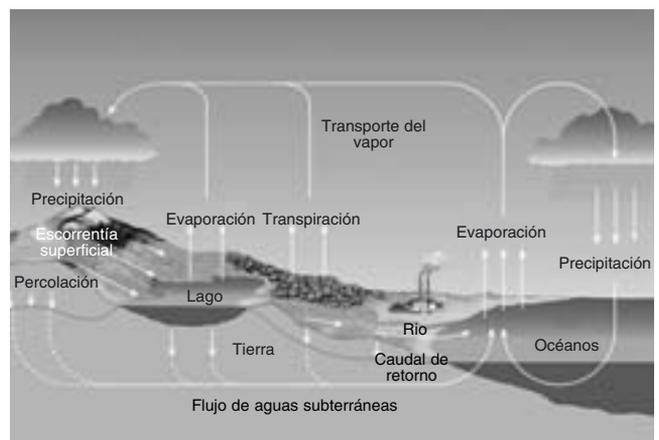


Ilustración del ciclo hidrológico

historial de una masa de agua en particular y de su recorrido por el ciclo hidrológico. Se denominan isótopos a los átomos de un elemento que son químicamente idénticos y físicamente diferentes. Las ciencias nucleares pueden distinguir entre ellos valiéndose de la espectrometría de masas para “pesarlos”.

Tanto el hidrógeno como el oxígeno, que son los elementos constitutivos del agua, contienen principalmente isótopos ligeros. Cuando el agua de los océanos se evapora, los isótopos más pesados se condensan primero y caen en forma de lluvia antes que los más ligeros. Es en los océanos donde se genera la mayor parte del vapor de agua en la atmósfera. Por consiguiente, mientras más alejada de la costa sea la precipitación, menor será la cantidad de isótopos pesados que contenga.

En cada etapa del ciclo hidrológico, se registra un pequeño cambio consistente en una diferencia en la concentración de isótopos de oxígeno e hidrógeno en el agua que es tan singular como una huella dactilar. Los isótopos de los contaminantes, como trazas metálicas o compuestos químicos disueltos en agua, también ofrecen pistas sobre sus orígenes.

El cuadro resultante permite a los hidrólogos trazar mapas de las fuentes de agua subterránea; por su parte, los climatólogos pueden reunir datos más fiables sobre la evolución climática y determinar la repercusión de sucesos futuros cuando se producen los cambios climáticos. Los isótopos ofrecen la posibilidad de abarcar períodos prolongados de fenómenos meteorológicos de miles de años de duración. Sus firmas quedan preservadas dondequiera que se registra el ciclo del agua, en sedimentos de océanos y lagos, en las incisiones anulares de los árboles, en glaciares y casquetes polares, en depósitos en cuevas y en aguas subterráneas.

El Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) apoya la utilización de la hidrología isotópica para mejorar el conocimiento de los recursos hídricos. Cada año, el OIEA asigna aproximadamente 3 millones de dólares de los Estados Unidos a su programa sobre recursos hídricos. El Organismo también ha invertido aproximadamente 30 millones de dólares de los Estados Unidos en 150 proyectos en 60 países para mejorar la ordenación de dichos recursos mediante el uso de la hidrología isotópica y, de paso, se ha impartido capacitación en esta esfera a cientos de jóvenes científicos. Los isótopos son una poderosa herramienta que se puede utilizar también para investigar fugas en presas y embalses, para determinar la fuente de contaminación del agua y para identificar embalses subterráneos adecuados para el abastecimiento de vapor para centrales geotérmicas.

Creación de capacidad regional

Uno de los objetivos del programa de cooperación técnica del Organismo es facilitar la cooperación entre países en desarrollo para ayudar a crear los conocimientos técnicos locales necesarios en la esfera de las técnicas isotópicas. Este enfoque ha permitido avances importantes en el desarrollo de ese tipo de conocimientos especializados en África y en América Latina.

Un proyecto regional en Kenya, Madagascar, Namibia, Sudáfrica, Tanzania, Uganda y Zimbabwe tiene por objeto crear capacidad regional para la aplicación de técnicas y análisis isotópicos como parte de sus actividades de investigación de recursos de aguas subterráneas. Como resultado de este proyecto regional, un moderno establecimiento analítico en la Universidad de Witwatersrand, Sudáfrica, está en camino de convertirse en un centro analítico autofinanciado para la región. Los países que participan en el proyecto regional pueden ahora incorporar el análisis isotópico en sus investigaciones hidrológicas. Tanzania también está utilizando los datos derivados del proyecto para elaborar planes de protección para sus recursos de aguas subterráneas.

En un proyecto semejante en América Latina participan 30 instituciones de Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Paraguay, Perú y Uruguay, que están utilizando técnicas isotópicas y convencionales para reunir información sobre un sistema de acuíferos. Los institutos trabajan en estrecha cooperación para resolver problemas de escasez de agua y gestión de recursos hídricos en la región. En 2001 se inició un nuevo proyecto regional para la aplicación de técnicas isotópicas a través de un proyecto del Servicio Financiero Mundial para el Medio Ambiente sobre la protección ambiental y el desarrollo sostenible del sistema acuífero del Guaraní — importante acuífero de agua dulce de Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay.

Desde hace casi 40 años el OIEA y la Organización Meteorológica Mundial (OMM) mantienen una red mundial para

la vigilancia de los isótopos en las precipitaciones. La Red Mundial sobre Isótopos en las Precipitaciones se ocupa de la vigilancia isotópica de las precipitaciones y facilita la comprensión de los procesos que influyen en el volumen y la distribución geográfica de las precipitaciones, sirviendo también de referencia para otras actividades. La red de vigilancia podría ampliarse en el futuro para incluir la vigilancia isotópica de los ríos. Ese tipo de red aportaría útiles datos de referencia para los estudios del cambio climático y los análisis a escala de cuenca hidrográfica de las relaciones precipitación–escorrentía, haciendo aún más útiles los datos disponibles a través de la Red Mundial.

Búsqueda de soluciones

La hidrología isotópica es un medio muy eficaz desde el punto de vista de los costos para evaluar la vulnerabilidad de las fuentes de aguas subterráneas a la contaminación. Los isótopos permiten determinar la rapidez con que se mueve el agua y el punto de recarga del sistema, con lo cual ofrecen información muy valiosa para orientar las decisiones sobre los lugares de extracción de agua. Esas decisiones pueden significar a veces la diferencia entre la prosperidad y la miseria. En Bangladesh, una gran cantidad de pozos comunales entubados contienen altos niveles de arsénico natural. Construidos en la década de 1970 como medio de tratar de resolver el problema de las aguas superficiales contaminadas, estos pozos entubados han ocasionado enfermedades, incapacidad física e inclusive el fallecimiento de muchas personas por los insidiosos efectos del lento envenenamiento por arsénico. Se están realizando actividades internacionales, con apoyo del Banco Mundial y otras entidades, para examinar los pozos y determinar cuáles son los que contienen niveles de arsénico inaceptables, pero es posible que se requieran muchos años para encontrar soluciones a largo plazo para este complejo problema. A través de un proyecto del Banco Mundial, el OIEA está colaborando con una entidad no gubernamental de la región para investigar si los acuíferos profundos permanecerán libres de arsénico si se construyen como sustitutos de los pozos entubados, y para comprender mejor las razones por las que otros acuíferos podrían haberse contaminado con arsénico. La información obtenida de este proyecto de hidrología isotópica ayudará al personal encargado de la gestión de los recursos hídricos a establecer un abastecimiento de agua seguro y sostenible para Bangladesh.

La utilización sostenible de los recursos hídricos es una responsabilidad mundial. A través del ciclo hidrológico, toda el agua de la Tierra es afectada por la actividad humana. Ante la amenaza cada vez mayor de una creciente escasez de agua, las decisiones sobre los lugares de extracción, el volumen que se ha de utilizar y la manera en que se ha de gestionar, deben basarse en información fidedigna si queremos proteger estos preciosos recursos hídricos para las futuras generaciones. La hidrología isotópica es una importante herramienta que se utiliza en todo el mundo para proporcionar información necesaria para adoptar las decisiones correctas ahora y para el futuro.

Se puede obtener información más exhaustiva en el sitio web WorldAtom del Organismo:

<http://www.iaea.org/programmes/ripc/ih/index.html>