

Panorama de la hidrología isotópica

Lucía Ortega y Laura Gil



Las técnicas isotópicas permiten a los científicos comprender los componentes del ciclo del agua, lo que les ayuda a evaluar mejor la cantidad, la calidad y la sostenibilidad del agua.

El agua subterránea es el componente más desconocido del ciclo del agua. Los científicos emplean isótopos naturales como trazadores para averiguar si hay recarga del agua subterránea, de dónde procede, cómo se desplaza por debajo de la superficie terrestre y si es vulnerable a la contaminación y a los cambios de las condiciones climáticas.

El agua procedente de distintos lugares tiene una firma isotópica distinta o una “huella” única. Los científicos se sirven de estas “huellas” para rastrear el movimiento del agua por todo el ciclo del agua, desde la evaporación, la precipitación y la infiltración hasta la escorrentía y la evapotranspiración, así como el posterior regreso al océano o la atmósfera y la repetición del ciclo.

¿Qué son los isótopos?

Un elemento químico, como el hidrógeno, está formado únicamente por un tipo de átomo que, a su vez, presenta distintas variedades. Esas variedades de átomos reciben el nombre de isótopos. Todos ellos tienen las mismas características químicas y el mismo número de protones y electrones. Lo único que los diferencia es el número de neutrones. Esta distinción hace que difiera el peso de cada isótopo, lo que resulta esencial para los estudios hidrológicos.

La hidrología isotópica utiliza tanto isótopos estables como inestables. Los isótopos estables no son radiactivos, es decir, no emiten radiación. Los isótopos inestables o radioisótopos experimentan decaimiento radiactivo y, por tanto, son radiactivos.

A continuación, se ofrece una visión general sobre el funcionamiento de la hidrología isotópica.

El origen y el transporte del agua en el ciclo hidrológico

Cada molécula de agua (H_2O) está formada por dos átomos de hidrógeno (H) y uno de oxígeno (O). No obstante, estos átomos no siempre son iguales: unos isótopos son más ligeros y otros más pesados. Los científicos utilizan equipos analíticos de gran precisión para medir estas minúsculas diferencias de peso en las muestras de agua. ¿Por qué?

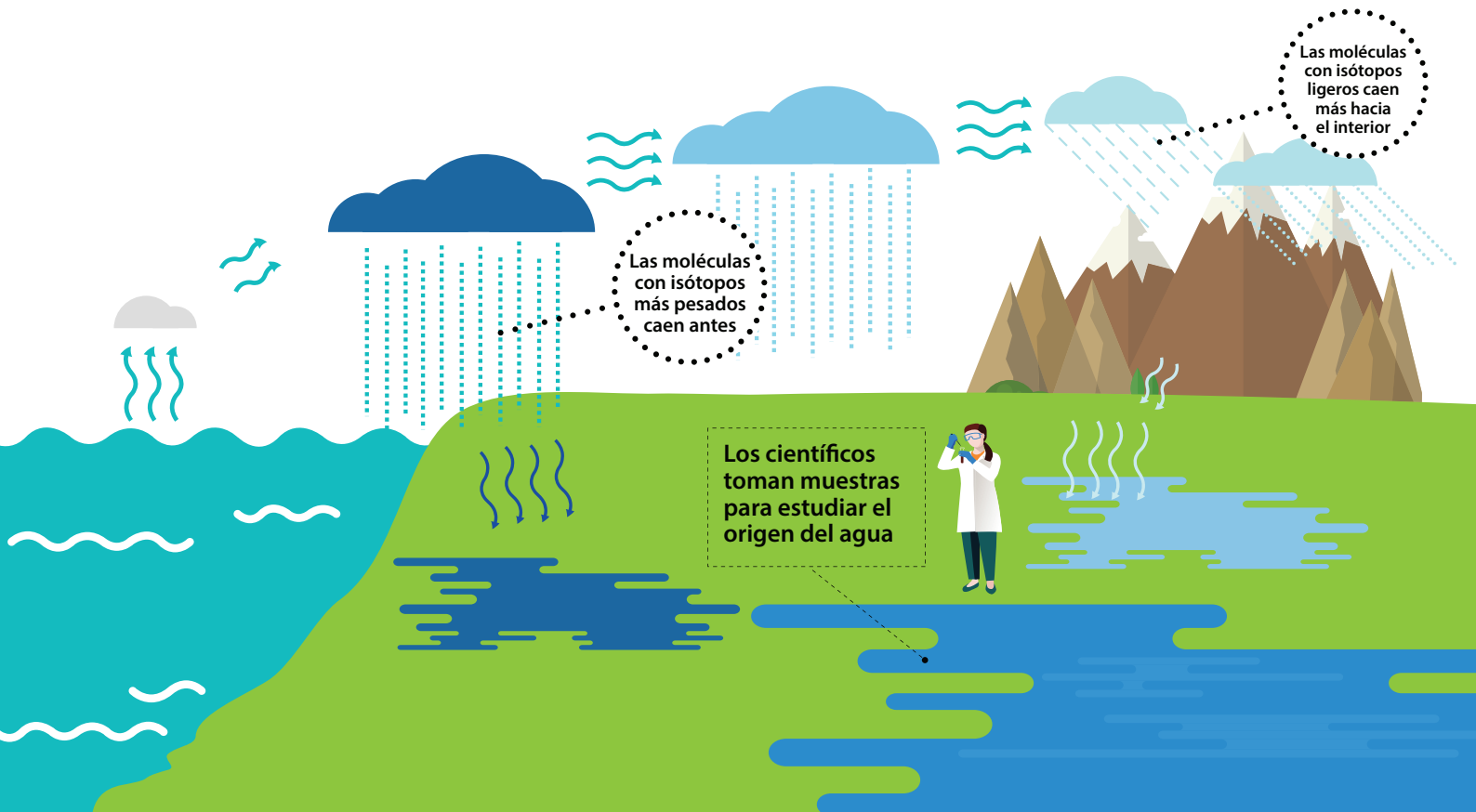
Cuando el agua de mar se evapora, las moléculas que contienen isótopos más ligeros suelen ser las primeras en ascender y formar nubes con firmas isotópicas específicas. Estas nubes contienen una mezcla de moléculas de agua que caen en forma de lluvia. Las moléculas de agua con isótopos más pesados caen en primer lugar. Una vez que las nubes pierden estos isótopos y viajan hacia el interior, los más ligeros caen en mayor proporción.

Cuando el agua cae en la tierra, llena lagos, ríos y acuíferos. Al medir las relaciones entre los isótopos pesados y los ligeros en estas masas de agua, los científicos pueden descifrar el origen y el movimiento del agua.

La edad del agua subterránea

Los isótopos son el instrumento más eficaz y poderoso disponible para estimar la edad, la vulnerabilidad y la sostenibilidad de los recursos hídricos. Cuando el agua subterránea de un acuífero es “antigua”, el flujo del agua es lento y el acuífero puede tardar mucho tiempo en recargarse. En cambio, las aguas subterráneas jóvenes se renuevan fácil y rápidamente por medio del agua de lluvia, a pesar de ser muy susceptibles a la contaminación y a los cambios de las condiciones climáticas. El conocimiento de la edad del agua da a los científicos y los Gobiernos una idea clara de la rapidez con la que los acuíferos se recargan.

En hidrología, se utilizan algunos radioisótopos naturales presentes en el agua, tales como el tritio (3H), el carbono 14 (^{14}C) y radioisótopos de gases nobles, para estimar la edad del agua subterránea, que puede ir de unos pocos meses hasta millones de años.



Dado que estos isótopos decaen con el paso del tiempo, su abundancia disminuye a medida que pasan los años. Cuanto más altos son los niveles, más joven es el agua, y cuanto más bajos, más antigua. Por ejemplo, el agua subterránea con cantidades detectables de tritio puede llegar hasta los 60 años aproximadamente, mientras que si no contiene este isótopo ha de ser más antigua. Mientras el tritio se emplea para datar el agua subterránea que acaba de recargarse, es decir, que no supera los 60 años de edad, el carbono 14 se utiliza para aguas de hasta 40 000 años de antigüedad y el kriptón 81, para aquellas que pueden alcanzar un millón de años (véase la página 21).

La calidad del agua

Los contaminantes en las aguas superficiales y subterráneas proceden de diversas fuentes, tales como la agricultura, la industria o los excrementos humanos, o pueden estar presentes de forma natural debido a procesos geoquímicos que se dan en los acuíferos. La agricultura, la industria y los hogares producen distintos tipos de contaminantes. Mediante el estudio de la composición química e isotópica del contaminante, los científicos pueden determinar su origen.

Por ejemplo, el ion nitrato (NO_3^-), compuesto de nitrógeno y oxígeno, es un contaminante común. El nitrógeno tiene dos isótopos estables de distinto peso. Esta diferencia de peso no es la misma en los excrementos humanos y en los fertilizantes. Estos últimos utilizan el nitrógeno del aire, mientras que las

personas y los animales llevan a cabo un proceso biológico que transforma el nitrógeno en formas distintas. Por lo tanto, es posible identificar los contaminantes derivados de distintas fuentes sobre la base de esas diferencias de peso entre isótopos.

El primer paso para combatir los problemas de la calidad del agua es conocer el origen de los contaminantes. Los datos recabados por los especialistas en hidrología isotópica ayudan a los responsables de formular políticas en la planificación estratégica y la gestión de los recursos hídricos.

El OIEA presta apoyo a científicos de todo el mundo mediante el fomento de técnicas isotópicas y la transferencia del conocimiento científico a profesionales de la hidrología locales. Si desea saber más al respecto, lo invitamos a seguir leyendo.

