

# Gestión del balance hidrológico mediante la técnica del tritio/helio 3

Nicole Jawerth

Gestionar el agua es como administrar el dinero que tenemos en el banco: hay que saber exactamente cuánto ingresaremos, cuánto podemos gastar y qué podría provocar un cambio en la situación. Un error de cálculo podría tener consecuencias graves y potencialmente duraderas. En el ámbito del agua, esto podría traducirse en una escasez de agua o en la contaminación de los recursos hídricos y la imposibilidad de utilizarlos.

Uno de los factores clave para establecer un balance hidrológico fiable es conocer la edad exacta del agua. En el caso del agua joven, que es más susceptible de verse afectada por las condiciones climáticas actuales y la contaminación, los científicos utilizan la técnica del tritio/helio 3. Empleando esta y otras técnicas, científicos de 23 países están colaborando con el OIEA para recopilar información sobre los recursos hídricos.

“La edad del agua proporciona información sobre su procedencia más probable, su velocidad de recarga y la probabilidad de que esté contaminada”, señala Hamid Marah, Director Científico del Centro Nacional de Energía, Ciencias y Tecnologías Nucleares (CNESTEN) de Marruecos. “La técnica del tritio/helio 3 nos permite determinar si el agua tiene 1, 5 o 25 años de edad en lugar de decir únicamente si es joven, vieja o ambas cosas.”



**Científicos utilizan técnicas isotópicas para estudiar la edad y la procedencia del agua de manantiales del norte de Marruecos.**

(Fotografía: CNESTEN)

El agua puede tener entre unos pocos meses y millones de años de edad. Si tiene un año de edad, por ejemplo, tardará un año en recargarse y la probabilidad de que le afecten las condiciones climáticas actuales y los contaminantes es mucho mayor. Si tiene 50 000 años de edad, tardará 50 000 años en recargarse y la probabilidad de que se contamine y de que le afecten los cambios en las condiciones climáticas actuales es menor.

Prácticamente todas las reservas disponibles de agua dulce del mundo se encuentran en acuíferos, es decir, en las capas porosas de roca permeable que yacen bajo la superficie de la tierra. El agua que albergan se conoce como agua subterránea. A medida que esta se va recargando, acaba desembocando en el mar o brota naturalmente de la superficie de la tierra en forma de ríos, manantiales y lagos.

Según el Sr. Marah, “la creciente demanda de agua subterránea, sumada a los efectos de la agricultura, el cambio climático y las actividades humanas, hacen que la sostenibilidad cobre mayor importancia. Si extraemos demasiada agua de un acuífero, su nivel de agua disminuye, lo que puede ser catastrófico, y no solo durante los próximos 10 o 20 años, sino durante generaciones.”

La técnica del tritio/helio 3 es una de las más comunes para estudiar el agua joven, es decir, el agua de menos de 60 años de edad (véase el recuadro “Base científica”). La información recopilada gracias a estos estudios puede ayudar a los responsables de la toma de decisiones a formular estrategias y políticas de gestión de los recursos hídricos mejor orientadas y más sostenibles.

“Utilizar técnicas nucleares para efectuar estudios sobre los recursos hídricos está rompiendo paradigmas y cambiando nuestra visión clásica de los principales factores que controlan los procesos hidrológicos”, afirma Ricardo Sánchez-Murillo, hidrólogo isotópico y Profesor Asociado de la Universidad Nacional de Costa Rica. “En Costa Rica, por ejemplo, los resultados del empleo de técnicas isotópicas están sirviendo para elaborar planes de gestión del agua y tomar decisiones, lo que contribuirá a que, para 2030, el país cumpla el Objetivo de Desarrollo Sostenible 6 de las Naciones Unidas, relacionado con el agua.”

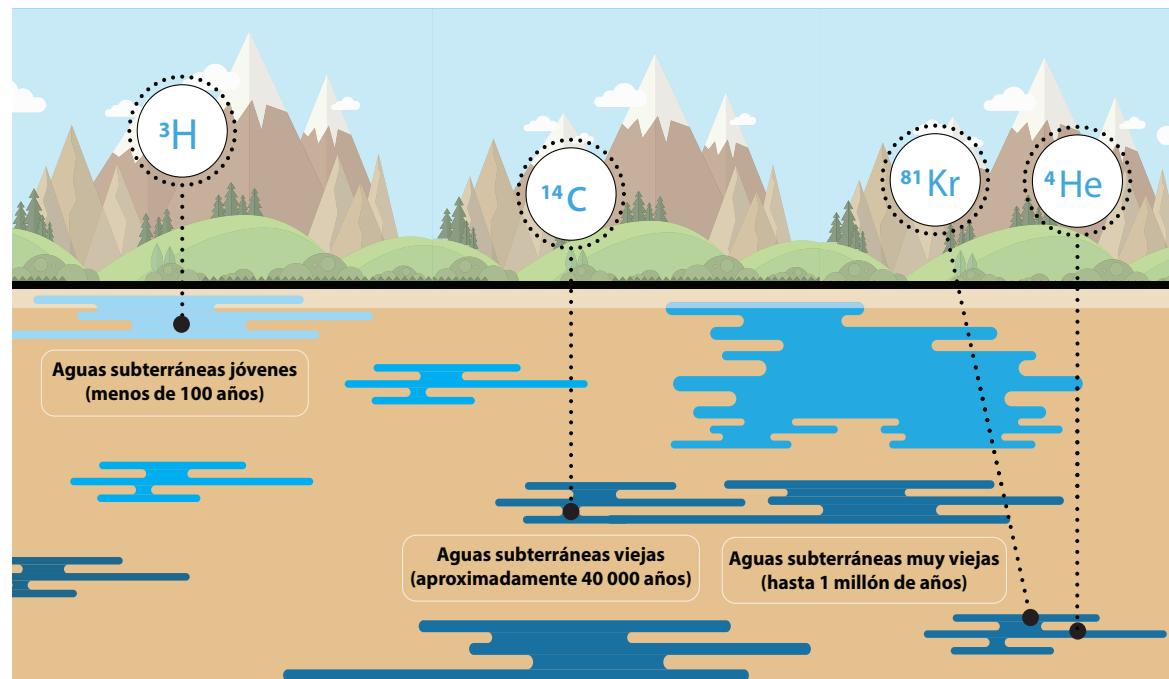
## Un balance mucho más preciso

La técnica del tritio/helio 3 ha ido cobrando cada vez más importancia durante el último decenio, ya que los antiguos métodos que usaban únicamente tritio están perdiendo utilidad.

“El tritio puede indicarnos la edad del agua subterránea y si se está recargando, una información muy importante; sin embargo, por sí solo, el tritio no puede darnos el nivel de detalle que necesitamos. Los responsables de la toma de

Los isótopos radiactivos naturales presentes en el agua, como el tritio ( $^3\text{H}$ ) y el carbono 14 ( $^{14}\text{C}$ ), y los isótopos de los gases nobles disueltos en el agua, como el kriptón 81 ( $^{81}\text{Kr}$ ), pueden utilizarse para estimar la edad de las aguas subterráneas.

(Imagen: OIEA)



decisiones necesitan saber más, por ejemplo: ¿qué significa que el agua sea joven? ¿Qué se entiende por joven?”, indica el Sr. Merah. Debido a los ensayos atmosféricos de dispositivos termonucleares durante los años cincuenta, los niveles de tritio en la atmósfera aumentaron considerablemente durante los años sesenta y, han disminuido paulatinamente desde entonces. “El tritio fue un buen trazador entre los años sesenta y los años noventa, pero hoy hay menos tritio en la atmósfera porque ha ido decayendo para transformarse en helio 3, de modo que ahora nos centramos más en la razón entre el tritio y el helio 3, que es mucho más precisa.”

El helio es un gas noble, lo que significa que es estable y que no reacciona químicamente ante otros elementos presentes en las rocas o el agua. Esto lo convierte en un punto de referencia consistente y fiable. Los científicos pueden determinar la edad exacta del agua joven si conocen la concentración de helio procedente del tritio — el helio 3— respecto de la cantidad total de helio en el agua, así como la concentración de otros gases nobles.

“La utilización de gases nobles en los estudios sobre el agua va en aumento porque los dispositivos analíticos actuales son suficientemente sensibles para detectar las cantidades muy pequeñas en las que estos gases se presentan”, comenta Takuya Matsumoto, un analista isotópico del OIEA. “Sin embargo, para muchos países no es económico ni factible establecer sus propios laboratorios para llevar a cabo estos análisis. El Laboratorio de Hidrología Isotópica del OIEA pone este servicio a disposición de los países para que puedan beneficiarse de esta sofisticada técnica.”

El Laboratorio de Hidrología Isotópica del OIEA es uno de los pocos laboratorios del mundo capaces de realizar este tipo de análisis. Desde 2010, un equipo de expertos del OIEA y de diez países pasó seis años configurando, calibrando y probando el espectrómetro de masas del OIEA y el modelo matemático para analizar los resultados. También elaboraron directrices para utilizar la técnica del tritio/helio 3. Desde entonces, el laboratorio ha trabajado ininterrumpidamente y cada año procesa entre 300 y 400 muestras procedentes de países de todo el mundo.

## BASE CIENTÍFICA

El tritio es uno de los tres isótopos del hidrógeno. En su calidad de isótopo radiactivo, el tritio decae durante un determinado período de tiempo y se convierte en helio 3, un isótopo estable, que no decae. Los científicos saben que se necesitan aproximadamente 12 años para que la mitad de los átomos de tritio presentes en el agua decaigan y se conviertan en helio 3.

Los científicos utilizan una máquina especial, llamada espectrómetro de masas, para ordenar los isótopos según su peso y determinar sus respectivas concentraciones. Una vez conocen esas concentraciones y el tiempo que tarda el tritio en convertirse en helio 3, los científicos pueden rastrear los isótopos y determinar la edad del agua y la frecuencia con la que se recarga.

