

Isótopos ambientales en las aguas subterráneas del macizo ígneo-metamórfico del Sistema Central (Cuenca del Alberche)

Environmental isotopic composition of groundwater in the Sistema Central range (Alberche river basin)

M. Martín-Loeches Garrido (*), I. Herráez Sánchez de Las Matas(**), A.J. Hidalgo Moreno (***) y L. Araguas (****)

(*) Departamento de Geología. Universidad de Alcalá de Henares (Madrid).

(**) Departamento de Química Agrícola, Geología y Geoquímica de la UAM.

(***) I.E.S. San Fernando C.A.M (Ctra. Colmenar Viejo, km 13,5 28049 Madrid).

(****) Agencia Internacional de Energía Atómica (AIEA), Viena.

ABSTRACT

The results of isotopic analyses - deuterium, oxygen-18 and tritium - are discussed for groundwater samples obtained from several wells and springs with different chemical types, located in the crystalline basin of the Alberche river. The results agree with the hypothesis that both saline and CO₃H-Na with reduced forms of sulphur waters can be related with medium or regional flows of meteoric waters in the crystalline body and the same can be interpreted from their tritium contents. There are not enough data to dismiss other sources.

Key words: Ground water, granite, isotopic composition, saline waters, sulphide waters.

Geogaceta, 20 (6) (1996), 1305-1306

ISSN:0213683X

Descripción general

La zona, que ha sido ampliamente estudiada desde el punto de vista hidrogeológico e hidrogeoquímico por el primer autor (Martín-Loeches, 1995), abarca 860 km². En esta región del Sistema Central se distinguen dos unidades hidrogeológicas: a) Unidad ígnea (adamellitas y granitos de dos micas) que representa el 90% de la superficie; b) Unidad metamórfica (metapelitas y gneises, además de algunos afloramientos de mármoles y silicatos cálcicos), y se definen varias facies hidrogeoquímicas (Martín-Loeches *et al.* 1995; Martín-Loeches, 1995).

Dentro de estas facies hidrogeoquímicas se seleccionaron 18 puntos de agua para determinar su contenido en isótopos ambientales: oxígeno-18 (O-18), deuterio (D) y tritio (T); tratábamos con ello de establecer los procesos que han dado origen a las facies hidrogeoquímicas más peculiares (una vez descartada la posible contaminación). Los análisis isotópicos de estas muestras fueron efectuados en la AIEA de Viena. Además se incluyen tres puntos aportados por Yélamos (1991) (134, 164 y 165), así como información procedente de la estación experimental de "El Berrocal", instalada por ENRESA y CIEMAT en el plutón granítico del mismo nombre y si-

tuado en la región central de nuestra zona de trabajo (CIEMAT, 1994).

De facies bicarbonatada cálcica o bicarbonatada cálcico-sódica (la mayoritaria en la unidad ígnea) son las muestras: 5, 6, 8, 16 y 138. De facies bicarbonatada sódica (con presencia de Cl⁻ y especies reducidas de S): 24, 134 y 156. En facies clorurada sódica con alta salinidad (>2000 μS/cm) (minoritaria y en las proximidades del contacto entre el macizo cristalino y la cuenca del Tajo): 68, 147, 150, 151, 154, 159, 164 y 165. En la facies mayoritaria de la unidad metamórfica, bicarbonatada cálcico-magnésica: 109, 112, 122, 123 y 128.

Contenido en Oxígeno-18 y Deuterio de las aguas subterráneas

En la gráfica de correlación O-18-D (Fig.1) se han representado los valores de las precipitaciones en Madrid (A) (Herráez, 1983), en el Berrocal (B) (CIEMAT, 1994), así como a 1300 msnm (C) y a 900 msnm (D) (según el gradiente en altitud calculado por Herráez, 1983), y los valores obtenidos en las aguas subterráneas; se observa lo siguiente:

1.- Un grupo (5, 6, 8, 24, 68, 150, y 159) se aparta de la línea meteórica (GMWL) presentando una cierta evaporación (según la línea 1) pero su proce-

dencia sería las precipitaciones locales (hasta 900 m); la cota de recarga sería algo superior a la de captación (entre 400 y 700 m). La evaporación pueden haberse producido durante la infiltración, teniendo en cuenta la baja permeabilidad del substrato, - los puntos 5, 6 y 8 corresponden a sondeos que fueron bombeados al menos quince minutos antes del muestreo-, o en el propio muestreo.

2.- Un segundo grupo de muestras (154, 156 y 165) describe una recta de evaporación (línea 2) pero proceden de un valor de precipitación a 1300 m. Esto indicaría una recarga en cotas 700 m por encima de la de surgencia (600-750 m) y con un recorrido mayor que el grupo anterior por el macizo cristalino aportando una mayor mineralización o sufriendo un proceso de evaporación más importante durante la infiltración; pertenecen a la facies clorurada sódica de alta salinidad.

3.- Las muestras de la unidad metamórfica (109, 112, 122, 123 y 128) poseen contenidos de O-18 muy próximos a los de las precipitaciones para sus correspondientes alturas topográficas. Se podría interpretar que la infiltración se produce próxima a la zona de captación y el flujo del agua es relativamente corto, lo que contrasta con la notable mineralización de las muestras (sobre todo la 128); esto indicaría que los minerales en el

macizo metamórfico deben ser más solubles (Martín-Loeches, 1995).

4.- Las muestras 147, 151 y 164 presentan los valores más negativos, incluso para su altitud (580-689 m), además corresponden a facies clorurada-sódica notablemente mineralizadas. Valor negativo registra igualmente la muestra 134 (aunque algo evaporada) - manantial radiactivo de los Barrancos (Yelamos, 1991) -, de facies bicarbonatada sódica. Se pueden indicar tres hipótesis para explicar esta composición isotópica más ligera: a) que sean aguas procedentes de mayores altitudes (>1300 m); b) que sean aguas procedentes de precipitaciones en periodos más fríos y lluviosos; c) que sean aguas de periodos climáticos más fríos en épocas pasadas. En cualquier caso la circulación por el macizo cristalino ha de ser muy prolongada para adquirir una composición salobre y tan distinta a la del agua inicial, si admitimos que las aguas salobres se originan por evolución de las meteóricas. Otra posibilidad implica que las aguas captadas en estos puntos sean mezclas de aguas de lluvia, de reciente infiltración, con aguas de composición isotópica más ligera que se encuentra en el macizo cristalino semiestancada o circulando muy lentamente.

Contenido en Tritio

El valor medio de tritio, en 36 muestras de lluvia de El Berrocal, (CIEMAT,1994) oscila entre 6 y 7.4 UT . En Madrid desde 1970 (datos del CEDEX y AIEA en CIEMAT,1994) el tritio en las precipitaciones es de 4.7-11.5 UT.

A partir de 35 muestras de aguas subterráneas procedentes de El Berrocal y su entorno próximo (CIEMAT, 1994) y 3 muestras nuestras (147, 150 y 154) se obtiene:

a) En conjunto los valores de tritio oscilan entre 0.02 y 14 UT, con un valor medio de 6 UT. Este valor puede significar aguas infiltradas recientemente o a partir de 1952.

b) Los valores de tritio más bajos se detectan en las muestras 59 (0.04 ± 0.8 UT), 64 (0.02 ± 0.8 UT) y 147 (2.2 ± 0.4 UT). Es evidente que las muestras 59 y 64 (sulfhídricas) no reciben aguas "recientes" y se pueden calificar por tanto como puntos de descarga de aguas que han sufrido cierto recorrido por el macizo cristalino- hecho evidenciado además por su química y por la constancia de sus caudales- y que se infiltraron antes de 1952. En la muestra 147 podría existir un pro-

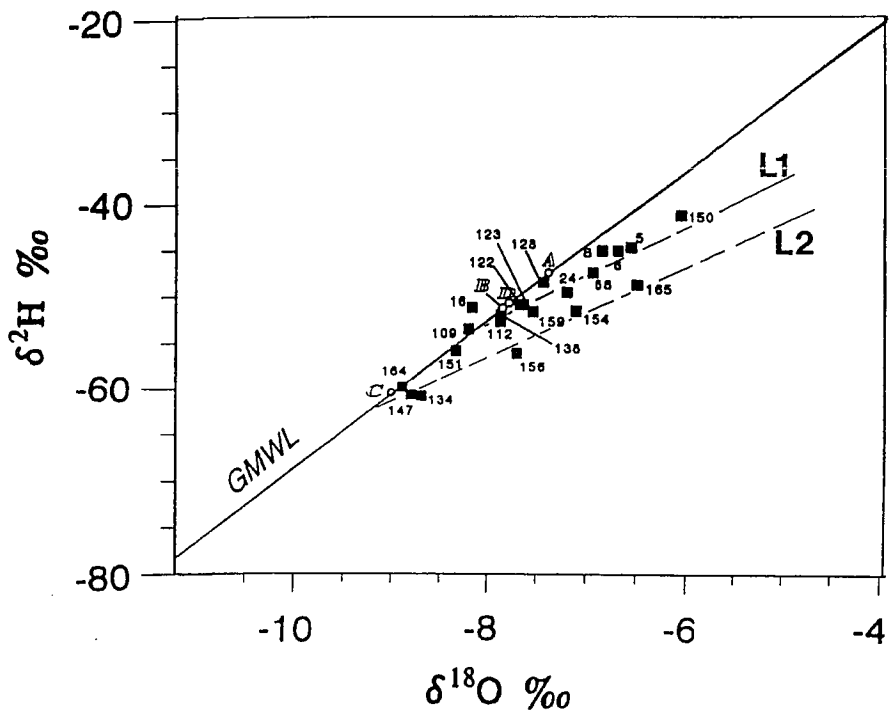


Fig. 1.- Gráfica Oxígeno-18 frente a Deuterio en las aguas subterráneas. L1: Línea de evaporación 1. L2: Línea de evaporación 2.

Fig. 1.- Deuterium-oxygen-18 relationship in groundwaters. L1:Evaporation line 1. L2:Evaporation line 2.

ceso de mezcla de aguas antiguas y pobres en tritio y de aguas más recientes.

Conclusiones

Aun siendo escasos para el conjunto de la zona estudiada, los resultados permiten señalar que las aguas salobres y bicarbonatadas sódicas han sufrido un cierto recorrido antes de aflorar a la superficie ya que son las que presentan un valor de O-18 más negativo (147,151 y 164) respecto al valor medio o se sitúan en una recta de evaporación que parte de valores más negativos (134,154,156 y 165). Se pueden interpretar como aguas recargadas a cotas mayores que la de surgencia, a más de 1300 m, lo que supone un recorrido bastante prolongado por el macizo cristalino. El bajo contenido en tritio (>0.6 UT) parece confirmar la hipótesis de un origen no reciente para este grupo de aguas.

El tritio puede ser una valiosa herramienta para diferenciar aguas recientes de aguas con cierto recorrido. Pero los resultados obtenidos no permiten aclarar todas las dudas acerca del origen de las aguas que presentan las facies hidroquímicas menos comunes - cloruradas y sulfhídricas - en esta región cristalina. No se

puede, con los datos actuales, apuntar como más probable a ninguna de las posibles fuentes de la mineralización del agua en estas facies y que fueron propuestas por Martín-Loeches *et al.* (1995); es conveniente ampliar el número de muestras y seguir investigando.

Agradecimientos

Quisieramos agradecer a ENRESA y a CIEMAT las facilidades prestadas para la consulta de los datos relativos a la estación experimental de "El Berrocal" y a la AIEA por la realización de los análisis.

Referencias

CIEMAT (1994).- EB-Ciemat (94)2. Informe Interno.
 Herraez, I.(1983).- *Tesis Doctoral*. Universidad Autónoma de Madrid.
 Hidalgo, A.J., y Martín-Loeches, M. (1995).- *Geogaceta*, 18 pp 128-130.
 Martín-Loeches, M.(1995).- *Tesis Doctoral*. Universidad de Alcalá de Henares.
 Martín-Loeches, M., Sastre, A., y Meida, C. (1995).- *VI Simposio de Hidrogeología*. Tomo XX pp 133-147.
 Yelamos, J (1991).- *Tesis Doctoral*. UAM.