Consideraciones sobre el contenido isotópico de las aguas subterraneas en el Bajo Andarax (Almería)

Considerations about the isotopic composition of groundwater from Bajo Andarax River (Almería)

F. Sánchez Martos, A. Pulido-Bosch; A Vallejos Izquierdo, y L. Molina Sánchez

Departamento de Hidrogeología, Universidad de Almería , 04120 Almería

ABSTRACT

The isotopic content of the groundwaters of the Lower Andarax was used as the basis for differentiating two subterranean flow systems. The more superficial system is represented by less impoverished waters with temperatures of less than 24 °C. The deeper system corresponds to lighter waters and temperatures exceeding 24.5 °C. Using these data one can consider the hydraulic connection between the carbonate aquifer and the deep aquifer, and the possible recharge at depth between the carbonate and detritic aquifers in the Gádor area.

Key Words: *geothermal waters, oxygen-18, deuterium.*

Geogaceta, 31 (2002), 111-113
ISSN:0213683X

Introducción

La cuenca Baja del río Andarax se sitúa en el extremo SE de España y corresponde a un valle rodeado por las Sierras de Gádor y Alhamilla, con el Mar Mediterráneo como límite meridional. En Sierra Alhamilla afloran rocas metapelíticas y en Sierra de Gádor aflora fundamentalmente una formación carbonatada de elevada porosidad por fisuración y/o karstificación. El relleno de la depresión presenta una estratigrafía muy compleja con grandes cambios de facies. Las formaciones margosas miocenas y pliocenas se comportan como acuicludos y los depósitos pliocenos deltáicos junto a las formaciones detríticas pliocuaternarias tienen elevada conductividad hidráulica.

De acuerdo con estos materiales se han definido tres unidades acuíferas (Pulido Bosch *et al.* 1992; Sánchez Martos, 1997): El acuífero detrítico, que se extiende a lo largo de todo el sector central del valle e incluye a los sedimentos detríticos pliocuaternarios que están directamente relacionados con el río Andarax. El acuífero carbonatado de Sierra de Gádor está básicamente integrado por materiales calizo-dolomíticos y localmente calcarenitas miocenas; se trata de un acuífero esencialmente libre, aunque posee intercalaciones margosas impermeables que localmente lo confinan. Su geometría es muy compleja y está compartimentado en bloques que se hunden hacia el Este. El acuífero profundo se sitúa en el centro del valle; constituye un acuífero confinado, muy compartimentado en bloques. Su litología es calizo-dolomítica con algunos niveles de cuarcitas (figura 1).

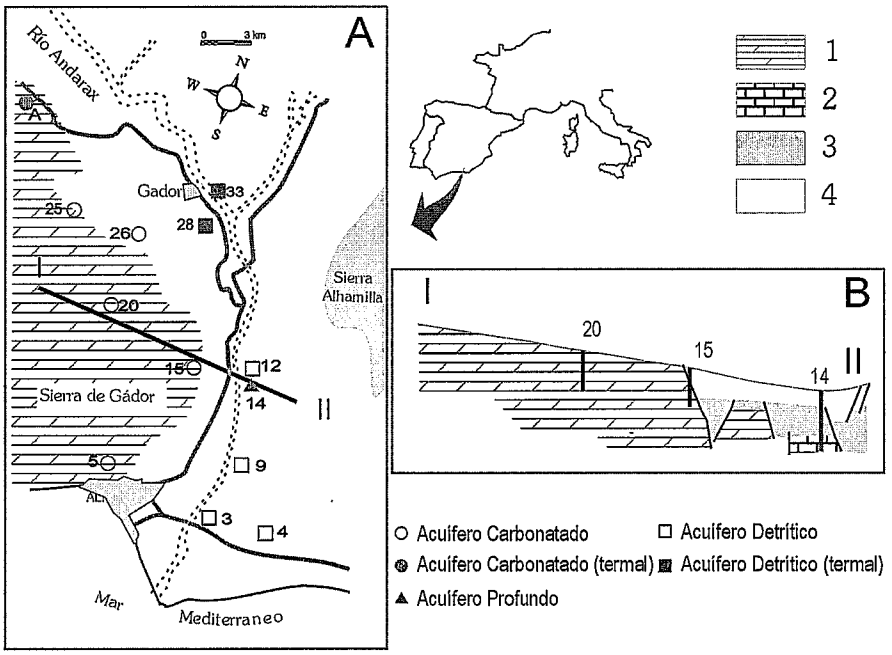

Fig. 1.- Localización geográfica y esquema geológico del Bajo Andarax con indicación de los puntos muestreados (A) donde se ha señalado la situación del corte hidrogeológico I-II (B). Leyenda: 1: acuífero carbonatado; 2: acuífero profundo; 3: margas miocenas; 4: acuífero detrítico.

Fig. 1.- Geographical location and geological scheme of the Lower Andarax, showing the sampling points (A) and the location of the hydrogeological section I-II (B). Legend: 1: carbonate aquifer; 2: deep aquifer; 3: miocene marls; 4: detrial aquifer.

A partir del contenido isótopico de las aguas subterráneas del Bajo Andarax se estudian algunas anomalías hidrogeoquí-

Acuífero	Nº	Grupo	O-18	D	Temp
Acuífero carbonatado	5		-7.11	-47.08	23.74
	15	A	-8.10	-50.50	27.60
	20	A	-8.00	-51.40	24.03
	26	A	-7.73	-49.66	25.12
	A	B	-8.74	-55.00	32.35
Acuífero profundo	14	B	-8.21	-52.80	30.37
Acuífero detrítico	3		-7.82	-50.80	21.20
	4		-7.75	-51.40	24.03
	9		-7.57	-51.10	20.10
	12		-7.78	-51.02	20.06

Tabla 1.- Valores medios de los datos isótopicos obtenidos en las aguas subterráneas del Bajo Andarax.

Table 1.- Means value of the isotopic data in the groundwaters of the Lower Andarax

micas y se intenta analizar las posibles relaciones entre los diferentes acuíferos. Para ello se han muestreado 10 puntos acuíferos durante un año y con periodicidad trimestral en los tres acuíferos: cuatro en el acuífero detrítico, cinco en el acuífero carbonatado y uno para el acuífero profundo. Sobre este conjunto de muestras se analizó el D y el O-18 en el Laboratorio de Geoquímica de Isótopos Estables de la Estación Experimental del Zaidín (CSIC, Granada). En la Tabla 1 se muestra los valores medios correspondientes a estos resultados.

Resultados y discusión

La representación de los puntos de acuerdo con la relación entre D y O-18 muestra que están muy próximos a la línea meteórica mundial (figura 2). En este sentido debe considerarse que las precipitaciones que contribuyen de forma significativa a la recarga pueden tener distinto origen, en relación con lluvias de componente atlántica o mediterránea, por lo que su marca isotópica es diferente (Cruz San Julián *et al.*, 1992; Vallejos, 2001). La mezcla de estas precipitaciones con diferente origen puede dar lugar a que la composición isotópica de las aguas subterráneas posea unos valores intermedios entre la línea meteórica mundial (LMG) y la mediterránea (LMM).

La distribución de los puntos con respecto a los valores D y O-18 es amplia. En primer lugar se observa que un punto del acuífero carbonatado está muy separado; sus aguas están más enriquecidas ya que tienen los valores isotópicos mas elevados. Este punto está cercano a la costa, a unos 3 km, por lo que registra influencia marina, como consecuencia de la explotación intensa en algunos sondeos cer-

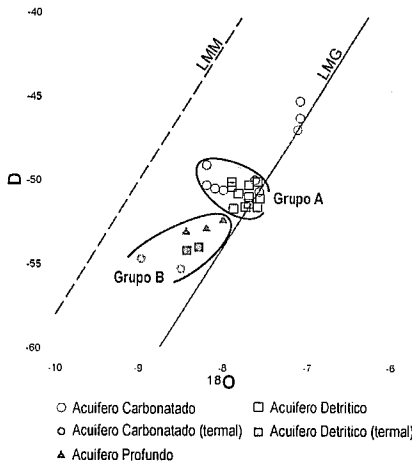

Fig. 2.- Relación oxígeno-18/deuterio para las muestras estudiadas. (LMM: línea meteórica mediterranea; LMG: línea meteórica mundial).

Fig. 2.- Oxygen-18/deuterium ratio for the samples studied (LMM: Mediterranean meteoric line; LMG: world meteoric line).

canos. De hecho la evolución temporal del quimismo de sus aguas en el periodo anterior a este muestreo y algunas relaciones iónicas confirman la influencia marina sobre las aguas de este punto (Sánchez Martos, 1997). La mezcla agua de mar-agua dulce ha provocado estos valores elevados. El resto de puntos puede separarse en dos grupos. El grupo A, que presenta los valores más altos de D y agrupa a una serie de puntos del acuífero detrítico y del acuífero carbonatado. Estos puntos del acuífero carbonatado poseen gran variabilidad isotópica, especialmente en cuanto a O-18, mientras que el D se mantiene muy constante. El grupo B tiene el D más bajo e incluye dos puntos pertenecientes al acuífero carbonatado y al acuífero profundo cuya temperatura es superior a 29 °C.

Esta diferenciación isotópica se ha interpretado como consecuencia de los diferentes flujos subterráneos dentro del acuífero carbonatado (figura 3). Los puntos del acuífero carbonatado que componen el grupo A muestran valores isotópicos más altos: el D oscila entre -51.6 ‰ y -49.1 ‰ y el O-18 oscila entre -8.20 ‰ -7.58 ‰. Estos puntos están situados en el borde de la Sierra de Gádor a cotas variables (130 a 370 m s.n.m). Sus aguas tienen una temperatura de 25.2° C, muy semejante a la temperatura media de las aguas de todo el acuífero (25.8 °C) y su salinidad es muy variada, la conductividad eléctrica oscila entre 1500 $\mu S \cdot cm^{-1}$ y 2500 $\mu S \cdot cm^{-1}$. Estos puntos deben corresponder con un flujo más superficial, lo que implica que la anomalía geotérmica sea muy baja. Además sus aguas están menos empobrecidas que las del grupo B, lo que induce a pensar que su área de recarga está situada a cotas más bajas, ya que considerando el agua de lluvia en la Sierra de Gádor se ha obtenido un gradiente altitudinal para el O-18 de 0.34‰ /100 m (Vallejos, 2001).

El otro sistema de flujo está representado por los puntos del grupo B, que incluye las aguas del área de Alhama, en el

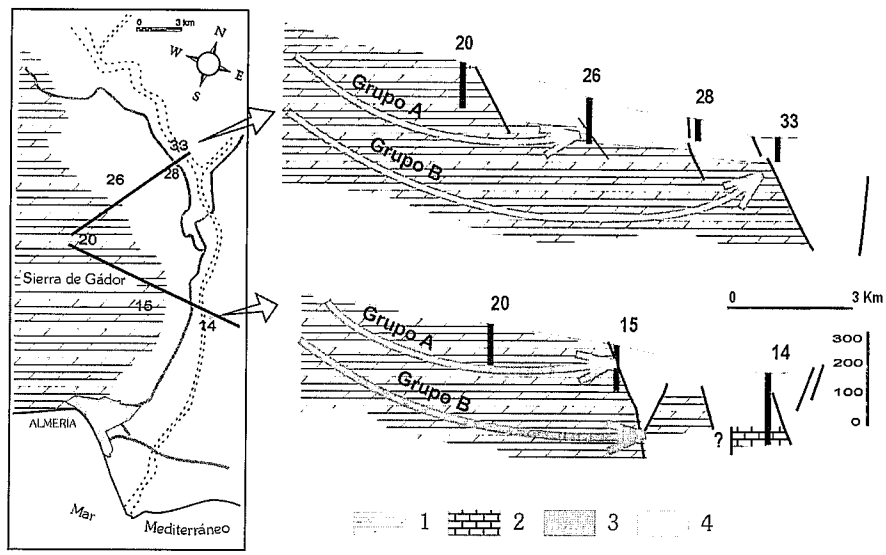

Fig. 3.- Esquema mostrando los grupos de aguas interpretados y su representación en las dos secciones realizadas en el borde de la Sierra de Gádor. Leyenda: 1: acuífero carbonatado; 2: acuífero profundo; 3: Margas miocenas; 4: acuífero detrítico.

Fig. 3.- Scheme showing the water groups interpreted and their representation in the two sections made along the edge of the Sierra de Gádor. Legend: 1: carbonate aquifer; 2: deep aquifer; 3: miocene marls; 4: detrital aquifer.

acuífero carbonatado y un punto del acuífero profundo. Los valores isotópicos son más bajos que el grupo anterior. El D oscila entre -52.4 ‰ y -54.2 ‰ y el O-18 oscila entre -8.0 ‰ -8.4 ‰. Las aguas de estos puntos tienen la temperatura más alta del área, entre 30 y 40 °C, y su salinidad es muy diferente; la conductividad en el acuífero carbonatado es 700 $\mu S \cdot cm^{-1}$ mientras que en el acuífero profundo es más elevada, aproximadamente 3500 $\mu S \cdot cm^{-1}$. Las aguas del sector de Alhama son las más ligeras de todo el acuífero carbonatado, probablemente como consecuencia de su mayor cota del área de recarga, aunque su carácter termal puede afectar a estos valores (Favara *et al.*, 2001). Las fracturas que limitan la Sierra en el área de Alhama alcanzan gran profundidad (Sanz de Galdeano *et al.*, 1985) lo que favorece una circulación rápida desde el área de recarga hasta zonas profundas, alcanzando el agua alta temperatura con una baja salinidad. Los valores isotópicos en las aguas del acuífero profundo también inducen a pensar que la cota de infiltración de sus aguas es también más elevada, aunque el recorrido es más largo, por lo que alcanza un contenido salino mayor.

En el acuífero detrítico existen dos puntos que tienen una anomalía termal notable, puesto que la temperatura de sus aguas oscila entre 24.5 °C y 25.2 °C, mientras que la temperatura media del agua en todo acuífero detrítico es 21.7 °C. Los contenidos isotópicos de estos dos puntos son bajos: el D oscila entre -54.2 ‰ y -54. ‰ y el O-18 oscila entre -8.29 ‰ y -8.43 ‰. En los demás puntos del acuífero detrítico los valores son más elevados: el D oscila entre -52.9 ‰ y -50.1. ‰ y el O-18 oscila entre -8.10 ‰ y -7.57 ‰. La temperatura de estos puntos junto a datos isotópicos induce a considerar la posible influencia de una alimentación en profundidad en el acuífero detrítico, especialmente en el área de Gádor donde están ubicados estos dos puntos. Su composición química muestra unas relaciones iónicas diferentes a las que presentan las aguas del acuífero detrítico y son similares a las que presentan los puntos con anomalías termales más significativas (Sánchez Martos *et al.*, 1999).

Consideraciones finales

El Bajo Andarax es un área con una notable complejidad hidrogeológica, como consecuencia de la diversidad de materiales y la intensa actividad tectónica. El análisis del contenido en O-18 y D de las aguas subterráneas ha permitido diferenciar dos sistemas de flujo subterráneo en los acuíferos carbonatados. El flujo más superficial corresponde a los puntos con temperatura inferior a 24 °C y cuyas aguas tienen el D superior a -51.6 ‰ y el O-18 oscila entre -8.20 ‰ -7.58 ‰. El flujo más profundo, corresponde a los puntos que tienen las anomalías térmicas más importantes y cuya temperatura supera los 24.5 °C. Sus aguas son más ligeras que los otros puntos; el D es inferior a -52.4 ‰ y el O-18 oscila entre -8.0 ‰ -8.4 ‰. De acuerdo con estos datos puede plantearse la conexión hídrica entre el acuífero carbonatado y el acuífero profundo. También se ha identificado la posible alimentación en profundidad entre el acuífero carbonatado y el acuífero detrítico en el área de Gádor.

Agradecimientos

Este trabajo se ha elaborado en el marco del proyecto HID 99-0597-CO2-02.

Referencias

Cruz San Julián, J.J., Araguás, L., Rozansky, K, Benavente, J., Cardenal, J., Hidalgo, M.C., García-López, S., Martínez Garrido, J.C., Moral, F. y Olías, M. (1992): *Tellus*. 44 B: 226-236

Pulido-Bosch A, Sánchez-Martos F, Martínez-Vidal J L, Navarrete F. (1992): *Environ. Geol.* 20: 195-205.

Favara, R.; Grassa, F.; Inguaggiato, S. y Valenza, M. (2001): *Appl. Geochem.* 16: 1-17.

Sánchez Martos, F. (1997): Tesis Doctoral. Univ. de Granada.

Sánchez Martos, F., Pulido-Bosch, A. y Calaforra Chordi, J.M. (1999): *Appl. Geochem.* 14: 735 –745.

Sanz de Galdeano, C., Rodríguez Fernández, J. y López Garrido, A.C. (1985): *Geologische Rundschau.*, 74, (3), 641-675.

Vallejos, A. (2001). Univ. de Almería-IEA. 242 p.