

CONTRIBUCION AL CONOCIMIENTO HIDROGEOLOGICO DE SIERRA ELVIRA (GRANADA)

Castillo Martín, Antonio

Instituto Andaluz de Geología Mediterránea (CSIC-Univ. Granada) y Dpto. de Geodinámica (Univ. Granada). Facultad de Ciencias.
18071 Granada

RESUMEN

En este artículo se exponen los principales rasgos de la hidrogeología de Sierra Elvira (Cordilleras Béticas). Se trata de un pequeño acuífero kárstico de 10 Km² de extensión, ubicado en la Depresión de Granada. Los recursos hídricos son de, al menos, 5,3 Hm³/año, de los que una parte provienen de sistemas limítrofes por circulación profunda. Las aguas son termales (25 a 35 °C) y poseen salinidades del orden de 2 g/l. La facies hidroquímica es sulfatada cálcica.

Palabras clave: Hidrogeología regional, karst, termalismo, Cordilleras Béticas

ABSTRACT

In this paper are presented the main characteristics of the hydrogeology of Sierra Elvira (Betic Cordillera). It is a small karstic aquifer of 10 Km², located in the Granada Basin. The hydric resources are, at least, 5,3 Hm³/year, part of which comes from bordering systems by deep circulation. The waters are of a thermal nature (25 to 35 °C) with salt concentrations of around 2 g/l. The hydrochemical facies is Ca²⁺-SO₄²⁻.

Key words: Regional Hydrogeology, karst, thermalism, Betic Cordillera
"Contribution to the hydrogeological knowledge of the Sierra Elvira aquifer (Granada)"

INTRODUCCION

El presente artículo constituye una aportación al conocimiento de los diferentes aspectos relacionados con la hidrogeología del sistema acuífero carbonatado de Sierra Elvira, como son la geometría, funcionamiento, balance y composición y calidad de las aguas.

A pesar del gran interés hidrogeológico (termalismo, aguas minero-medicinales, balneoterapia...) de dicho sistema, y de haber sido estudiado con anterioridad (FAO/IGME, inédito; Delgado, inédito; IGME, inéditos...), este es el primer trabajo que se publica sobre su hidrogeología.

AREA DE ESTUDIO

Sierra Elvira es una elevación montañosa, de unos 18 Km² de superficie, ubicada en el interior de la Depresión de Granada. Dentro de ella se localiza a 10 km al Noroeste de la ciudad de Granada, y limita al Sur con la C.N. nº 432 y al Norte y Oeste con el río Cubillas (figura 1).

RESULTADOS Y DISCUSION

Definición geométrica del sistema acuífero

Desde el punto de vista geológico, Sierra Elvira se localiza, dentro de las Cordilleras Béticas, en el dominio del Subbético medio. Los materiales aflorantes abarcan un periodo de edad comprendido entre el Triás y el Mioceno, y poseen litologías variadas, que van desde las arcilloso-evaporíticas a las

carbonatadas (García-Dueñas, 1967; Braga, et al., 1979; Rivas et al., 1979; IGME, 1988...). El afloramiento subbético está completamente rodeado por materiales pliocenos y cuaternarios. De esta forma, Sierra Elvira representa la "emersión" de una parte del sustrato alpino del relleno neógeno-cuaternario de la Depresión de Granada, dentro de la que se enclava merced a una estructura tectónica tipo Horst.

Dentro del conjunto de materiales que conforman la serie estratigráfica subbética de Sierra Elvira, los carbonatados (dolomías y calizas) del Lías inferior-medio son los únicos que presentan interés acuífero. El acuífero kárstico constituido por dichos materiales presenta en el sector estudiado una superficie de afloramiento de 10 Km² y una potencia mínima de 200 m. El sustrato impermeable debe estar constituido por materiales margo-yesíferos del Trías, los cuales afloran en el sector central de Sierra Elvira, muy posiblemente por mecanismos diapíricos. Dicho afloramiento triásico separa a los materiales acuíferos en dos unidades cartográficas (figura 1), una occidental de mayor extensión (8 Km²), que denomino de Los Morrones, y otra oriental (2 Km²), que identifico con el nombre de La Ermita de los Tres Juanes. Un aspecto todavía discutible es el grado de relación hídrica que liga a ambas unidades cartográficas, aspecto que es discutido más adelante en el epígrafe de funcionamiento.

La profundidad a la que se encuentra el sustrato impermeable es desconocida, por lo que no pueden hacerse consideraciones acerca de la cuantía de las reservas hídricas. Por la edad de los materiales aflorantes, la potencia de acuífero saturado debe ser máxima en el borde Sur del afloramiento de Los Morrones.

Los límites laterales del sistema vienen impuestos por fallas normales de gran salto, las cuales han condicionado la existencia del afloramiento subbético de Sierra Elvira en tan singular enclave geológico. Atendiendo a la permeabilidad de los materiales detríticos del contorno, se puede generalizar que los bordes Norte, Noroeste y Este son de naturaleza semi-impermeable debido a la alta fracción arcillosa de los materiales pliocenos existentes (alternancias de conglomerados con abundante matriz arcillosa, limos y arcillas). Por el contrario, el borde Sur (y Suroeste) limita con materiales aluviales (gravas y arenas, fundamentalmente) del acuífero de la Vega de Granada, por lo que es de naturaleza permeable, con alimentación desde el acuífero carbonatado de Sierra Elvira hacia el detrítico de La Vega de Granada.

Funcionamiento

A continuación se exponen algunos aspectos relacionados con el funcionamiento hidrogeológico del sistema acuífero de Sierra Elvira, para los que, necesariamente, se ha contado con el apoyo de toda la información disponible sobre la geología e hidrogeología de Sierra Elvira.

El funcionamiento hidrogeológico de Sierra Elvira todavía ofrece algunas incógnitas, difíciles de dilucidar por la carencia de datos geométricos de detalle, de piezometría e isotópicos.

La alimentación del sistema proviene de la infiltración del agua de lluvia caída sobre su superficie, lo que representa unos aportes anuales próximos a los 3 Hm³ (epígrafe de balance); no obstante, es segura la existencia de aportes ocultos adicionales. Ello se apoyaría en la cuantificación de unas salidas, por aplicación de la ley de Darcy al borde de descarga del sistema (Castillo, 1986), que, al menos, duplican a los aportes pluviométricos estimados. La importancia cualitativa de esta descarga se ve confirmada por la existencia de una notable afección termo-salina dentro del acuífero de la Vega de Granada (figura 2). Estas entradas ocultas explicarían además, de la forma más verosímil posible, el termalismo de las aguas (temperatura de emergencia aprox. 30 °C, temperatura de base aprox. 100 °C; Cruz Sanjuán y Granda, 1979), difícil de justificar físicamente, dadas las dimensiones de la masa acuífera, por fenómenos de tipo convectivo.

Más complejo es conocer la procedencia de dichos aportes. En principio, varias podrían ser las hipótesis de comunicación, sin embargo, para no alargar excesivamente esta discusión, voy a referirme a la que creo más probable. Dicho aporte debe estar conectado lateralmente con áreas de surgencia a cotas superiores, a fin de proporcionar una velocidad de flujo vertical suficiente para transmitir a las aguas de emergencia una temperatura de mezcla de unos 30 °C. Este puede ser el caso de la estribación meridional subbética del sistema acuífero carbonatado de Sierra Arana, cuya estribación más próxima se encuentra a 15 Km al Noreste de Sierra Elvira y con posibilidad de conexión geológica en profundidad. Los materiales detríticos de base del relleno de la Depresión de Granada, muy posiblemente las calcanitas bioclásticas del Mioceno, pueden constituir el eslabón acuífero de enlace entre ambos sistemas hidrogeológicos. Asimismo, parece claro que la comunicación se realizaría merced a la existencia de una fractura profunda posiblemente de dirección NW-SE, a la que aluden, de forma genérica, la mayor parte de los investigadores que han estudiado el termalismo en las Cordilleras Béticas

(Cruz San Julián y García Rossell, 1975; Benavente y Sanz de Galdeano, 1985...).

La descarga de las aportaciones del sector occidental se produce, en su totalidad, a través de captaciones y de forma oculta hacia el acuífero aluvial de La Vega de Granada. No existen manantiales de interés. El borde de descarga, donde se localizan la mayor parte de las captaciones, vendría definido por los puntos extremos correspondientes a los Baños de Sierra Elvira (nº 2; figura 1) y Pinos Puente; la cota de descarga a través de este borde, en descenso en los últimos años por las extracciones de agua, viene impuesta por el nivel piezométrico del acuífero de la Vega de Granada en el sector, que se sitúa sobre los 555 m (con datos de 1988). Una descarga importante al río Cubillas en su último tramo (figura 1), que en un principio fue considerada probable, parece descartarse por investigaciones más recientes (Castillo, et al., inédito), atendiendo a criterios hidroquímicos, al no haberse detectado incrementos de salinidad diferenciales en sus aguas.

Sobre la naturaleza de la descarga del afloramiento oriental, cuestión que enlaza directamente con la incógnita de su relación hídrica con el afloramiento occidental, parece muy probable la existencia de conexión hídrica lateral entre ambos afloramientos, ya que una conexión directa o indirecta en profundidad parece necesaria para explicar el termalismo y las similares facies hidroquímicas presentes. El dato de mayor peso sobre la existencia de conexión radica en la cota del nivel piezométrico detectada en la captación nº 5 (figura 1) del sector oriental, la cual se sitúa (a falta de una precisa nivelación topográfica) sobre los 560-570 m. Este valor, situado por debajo del correspondiente al acuífero de la Vega de Granada en todo el contorno del afloramiento oriental, así como la disposición perpendicular de las líneas piezométricas del acuífero de La Vega de Granada, imposibilita una descarga hacia el éste último, circunstancia corroborada hidroquímicamente (Castillo, 1986), al no haberse detectado incrementos de salinidad, sobre todo en sulfatos, en las aguas del acuífero de la Vega de Granada en dicho sector. Así pues, en principio se supone que la descarga de los modestos recursos del afloramiento carbonatado de La Ermita de los tres Juanes se efectúa, a cota aproximada 555, por el borde de descarga del afloramiento occidental.

Balance hídrico

A falta de verificar y cuantificar (lo que es más difícil) la aportación en profundidad al sistema acuífero de Sierra Elvira, las únicas entradas cuantificables son las correspondientes a la infiltración del agua de lluvia caída sobre su superficie de afloramiento; el valor de dichas aportaciones, para el periodo meteorológico 1955/56-84/85, a partir de datos termoplúviométricos recopilados y tratados por Pardo (inédito), es de 2,80 Hm³/año (2,30 Hm³-Los Morrones y 0,50 Hm³-Ermita de los Tres Juanes). Como ya se ha comentado, la descarga de una gran parte (excluidas las extracciones) de los recursos se produce de forma oculta hacia el acuífero de La Vega de Granada, para cuyo borde de descarga principal (Baños de Sierra Elvira-Pinos Puente) se realizó un ensayo de cuantificación de salidas por aplicación de la ley de Darcy (Castillo, 1986). Con la inevitable aproximación de los valores de transmisividad y de gradiente hidráulico considerados, se evaluó dicha descarga en un valor mínimo de 5,3 a 7 Hm³/año.

Composición y calidad de las aguas

Las aguas procedentes del acuífero kárstico de Sierra Elvira presentan, como característica más representativa, un claro termalismo (temperaturas de emergencia de 25 a 35 °C), una salinidad total del orden de 2 g/l y una facies sulfatada cálcica (SO₄²⁻>Cl⁻>HCO₃⁻/Ca²⁺>Mg²⁺>Na⁺). Estas características generales infieren a las aguas un carácter poco idóneo para la mayor parte de los usos, excluida la balneoterapia y otros usos específicos.

En el cuadro 1 se exponen los valores físico-químicos obtenidos para dos muestras de agua representativas de los dos principales afloramientos carbonatados existentes. Ambos análisis, con las lógicas diferencias cuantitativas, responden a una similar estructura composicional.

En el esquema hidrogeológico de la figura 1 se muestran las representaciones hidroquímicas de seis diagramas de Stiff (modificados), correspondientes a otras tantas muestras de agua, más o menos relacionadas directamente con el acuífero kárstico de Sierra Elvira. De las representaciones consideradas, sólo las número 2 (Baños de Sierra Elvira) y 5 (sondeo Ayto. de Atarfe) son representativas de aguas directamente procedentes del acuífero de Sierra Elvira; el resto responden a aguas de diferente origen. Así, las números 4 y 6 representan a aguas no termales, de baja salinidad total y facies bicarbonatada cálcico-magnésica, propias del acuífero de La Vega de Granada en el sector de contacto con Sierra Elvira. Y, por último, las número 1 y 3 son características de aguas relativamente termales (aprox. 23 °C), de salinidad media y facies bicarbonatada-sulfatada cálcica, representativas, en este caso, de un proceso

de mezcla de aguas del acuífero carbonatado de Sierra Elvira (nº 2 y 5), con las pertenecientes al acuífero aluvial de la Vega de Granada (nº 4 y 6). Este fenómeno de mezcla, aludido en el epígrafe anterior, se caracteriza, fundamentalmente, por producir un moderado termalismo y un incremento notable del contenido en sulfatos y cloruros de las aguas del acuífero de la Vega de Granada (figura 2).

En la figura 2 se puede observar la forma y el eje de progresión de la lengua de afección termo-salina que dicha descarga producía, en Septiembre de 1983 (Castillo, 1986), en el acuífero de La Vega de Granada. Es interesante resaltar el giro (b-c) que en la dirección de progresión de la lengua de afección citada infiere la dirección del flujo del acuífero de la Vega de Granada (a), de aguas más frías y de menor salinidad. En ningún otro sector de borde se ha detectado con claridad esta afección termo-salina, que actúa como trazadora de la descarga del sistema acuífero de Sierra Elvira.

BIBLIOGRAFIA

Benavente, J. y Sanz de Galdeano, C. 1985. Relación de las direcciones de karstificación y del termalismo con la fracturación en las Cordilleras Béticas. Est. Geol. 177-188

Braga, J.C., Jiménez, A.P. y Rivas, P. 1979. El Jurásico de Sierra Elvira (estudio especial del Lías medio y superior). Cuad. Geol. Univ. Granada. 10: 597-604

Castillo, A. 1986. Estudio hidroquímico del acuífero de la Vega de Granada. IGME-Univ. Granada. 600 pág.

Cruz Sanjulián, J. y García Rossell, L. 1975. Termalismo en España meridional. Bol. Geol. y Min. 86: 179-186

Cruz Sanjulián, J. y Granda, J.M. 1979. Temperatura de base de las aguas termales de la provincia de Granada. II Simp. Nac. Hidrogeología. V: 547-567

García Dueñas, V. 1967. Geología de la Zona Subbética al Norte de Granada. Tesis Doct. Univ. Granada. 534 pág

IGME, 1988. Memoria y cartografía geológica a escala 1:50.000 de la hoja de Granada (1.009). 2ª serie Magna. Madrid

Rivas, P., Sanz de Galdeano, C. y Vera, J.A. 1979. Itinerarios geológicos en las Zonas Externas de las Cordilleras Béticas. Itinerario: Granada-Jaén y Cabra-Loja. Secretariado de Publicaciones, Univ. Granada. 87 pág.

	1	2
Cl ⁻	344	373
SO ₄ ²⁻	983	1.286
HCO ₃ ⁻	326	201
NO ₃ ⁻	11	---
Ca ²⁺	285	372
Mg ²⁺	112	142
Na ⁺	177	235
K ⁺	9	15
SiO ₂	21	---
F ⁻	2,11	2,21
NO ₂ ⁻	0,00	0,00
pH	7,1	7,5
Cond.	2.391	3.500
Temp.	32,4	28,0 ^a

Cuadro 1.- Análisis de agua de "Los Baños de Sierra Elvira (1. 1983) y de un sondeo del Ayto. de Atarfe (2. 1985). a.- dato facilitado por el farmacéutico de Atarfe. Valores en mg/l, excepto conductividad en $\mu\text{S}/\text{cm}$, a 25 °C, y temperatura en °C.

Table 1.- Water analysis of "Sierra Elvira Baths" (1. 1983) and of a pumping of the Atarfe village (2. 1985). a.- data given by the chemist of Atarfe. Values in mg/l, except conductivity in $\mu\text{S}/\text{cm}$, at 25 °C, and temperature in °C.

Figura 1.- Esquema hidrogeológico del sistema acuífero de Sierra Elvira (círculos en negro, principales captaciones).

Figure 1.- Hydrogeological map of the Sierra Elvira aquifer (dots mean pumpings)

Figura 2.- Isolneas de temperatura (18 °C) y de sulfatos (400 mg/l), que definían, en Septiembre de 1983, la lengua de afección termo-salina provocada por la descarga del sistema acuífero de Sierra Elvira en el acuífero de la Vega de Granada

Figure 2.- Plot-lines of temperature (18 °C) and of sulphates (400 mg/l), which, in September 1983, defined the area of thermal-salted affection arising from the discharge of the Sierra Elvira aquifer in the Vega de Granada water system.