

# Origen de la surgencia del Balneario de San Andrés (Provincia de Jaén)

## Origin of groundwater in the San Andrés spa (province of Jaén)

M.C.Hidalgo-Estévez (\*), J.Rey (\*) y L.Redondo (\*\*)

(\*) Departamento de Geología. E.U.P. de Linares. Universidad de Jaén. 23700 Linares (Jaén)

(\*\*) Geólogo Consultor. Avda. Libertad 2, 23400 Úbeda (Jaén)

### ABSTRACT

*The hydrogeological context of the San Andrés spa (province of Jaén) is analysed in this work. Piezometric data, hydrochemical analysis and groundwater quality trends are discussed for groundwater samples obtained from the main aquifer units in the region (jurassic carbonatic aquifer and miocene detrital aquifer) in order to establish the origin of the San Andrés spring. Considering altitude, discharge rate, temperature and hydrochemical features of the spring, it seems to be related to the miocene hydrogeological unit.*

**Key words:** hydrogeology, hydrochemistry, jurassic aquifer, miocene aquifer, San Andrés spa.

Geogaceta, 24 (1998), 179-182

ISSN: 0213683X

### Introducción

El Balneario de San Andrés está situado a 500 metros al suroeste de Canena (Provincia de Jaén), junto a la carretera N-322. Sus aguas, ya utilizadas en época romana, son consideradas en la actualidad como minero-medicinales. El origen de estas aguas resulta controvertido, ya que han sido relacionadas con distintas unidades acuíferas en diferentes estudios.

En este trabajo se analiza el contexto hidrogeológico de esta surgencia y se caracterizan hidroquímicamente tanto las aguas del balneario como las procedentes de otros manantiales y sondeos del área de estudio. A partir de esta información, se identifica la unidad hidrogeológica con la que está relacionada el citado balneario.

### Contexto geológico e hidrogeológico

En la región estudiada, geológicamente, se pueden diferenciar dos unidades: el Zócalo Paleozoico y la Cobertera Sedimentaria. La primera, que aflora extensamente en el sector septentrional (Fig. 1), está constituida por una potente serie de filitas grises y cuarcitas, intruida por un batolito granítico.

Discordantemente sobre este basamento aparece la cobertera sedimentaria posthercínica, que se dispone de forma subhorizontal o ligeramente buzante hacia el sureste. En este sector, está constituida por materiales triásicos, jurásicos y

miocenos (Fig. 1). Los materiales triásicos presentan una potencia de unos 350 m. La serie se inicia con un conjunto de 10-20 m de potencia de niveles conglomeráticos o areniscosos sobre los que se desarrolla un potente conjunto sedimentario, con espesores generalmente superiores a los 250 m, constituido fundamentalmente por lutitas, en las que también aparecen intercalaciones de areniscas. En la parte superior existen sedimentos arcillosos (a veces margosos) en los que se intercalan niveles evaporíticos.

Los materiales jurásicos afloran al noreste de Canena (Fig. 1). Se trata de carbonatos fuertemente brechificados y dolomitizados, lo que les confiere una porosidad secundaria importante. Este conjunto, aunque regionalmente buza ligeramente hacia el sur-sureste, se encuentra suavemente plegado siguiendo unas directrices alpinas. Por otro lado, existen fracturas que afectan tanto al zócalo como a la cobertera sedimentaria, que se relacionan con fases terminales de la orogenia alpina.

Discordantemente sobre este conjunto mesozoico, aparecen materiales subhorizontales del Mioceno superior (Tortonense-Messiniense). Las potencias, aunque no se pueden determinar con precisión, pueden superar los 500 metros. En la base existe un nivel discontinuo de conglomerados calcáreos y calcarenitas. La potencia máxima de este primer tramo no suele superar los 10-15 m, estando ausente en muchos sectores. El resto de la

serie está constituida básicamente por margas grises y azules. En paso gradual y a techo de las facies anteriores, aparece un conjunto de niveles de limos, areniscas bioclásticas, y calcarenitas con intercalaciones de margas.

Desde un punto de vista hidrogeológico cabe distinguir dos sistemas acuíferos principales, bien diferenciados dentro del conjunto sedimentario de la cobertera: el acuífero de Úbeda y el acuífero carbonatado de la depresión del Alto Guadalquivir (I.T.G.E., 1997). El primero, de unos 40 m de potencia, está constituido por el tramo superior detrítico del Mioceno, cuya base impermeable corresponde a las margas azules, y su alimentación procede de la infiltración de la precipitación caída sobre los materiales permeables. El segundo, constituido por los materiales carbonatados jurásicos, se dispone sobre las arcillas yesíferas del Triás y presenta carácter confinado en el sector de estudio.

### Sobre el origen de la surgencia del balneario

#### *Consideraciones sobre temperatura y caudal de las aguas*

La surgencia del balneario presenta una temperatura de 20°C, en tanto que en el área de Canena la temperatura media anual del aire es 17°C (De León, 1987). Si se aplican los criterios de clasificación de aguas termales propuestos por Schöeller (1962) o Cruz-Sanjulián

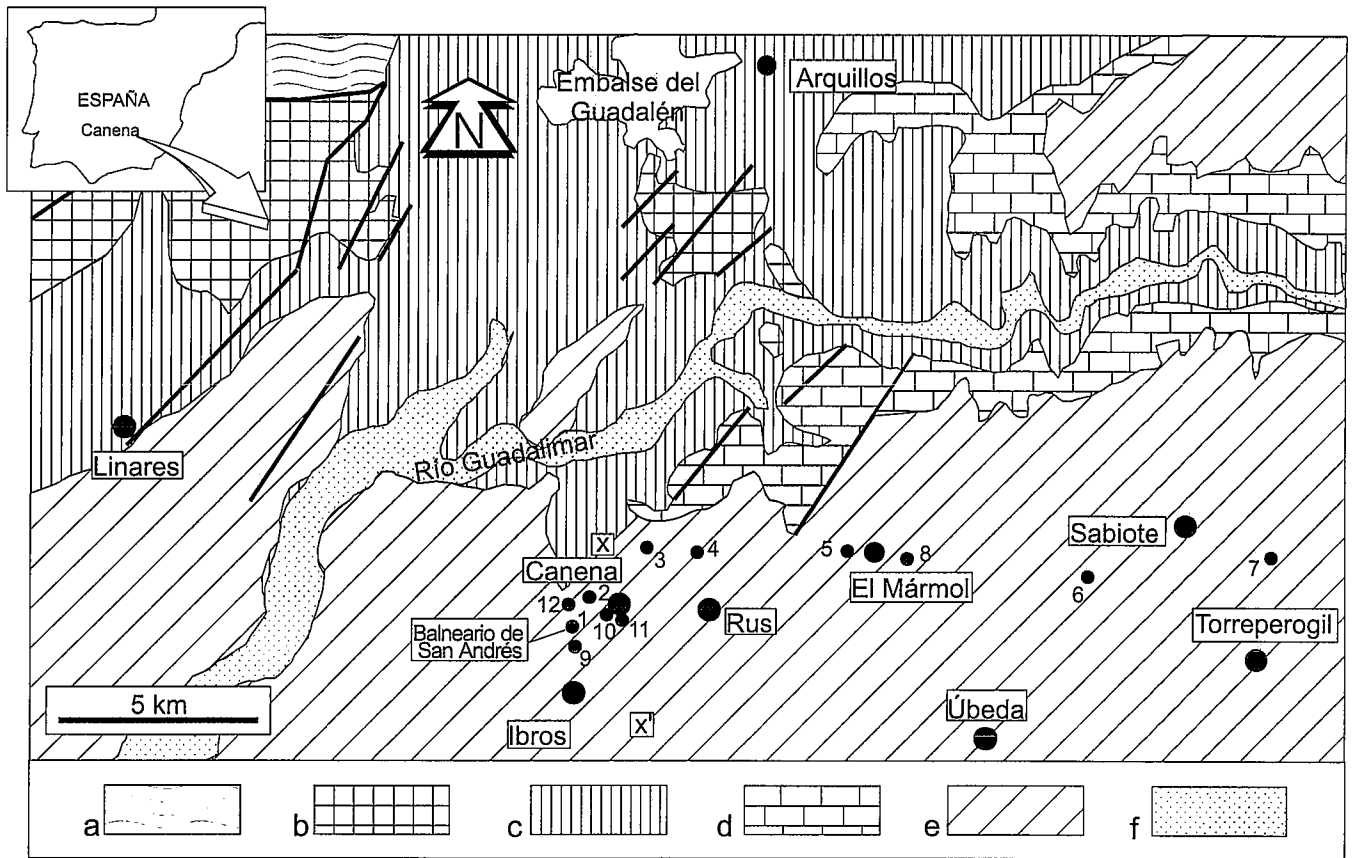


Fig. 1- Cartografía geológica del sector estudiado (basado en Azcárate, 1977, y Fontboté, 1982). Se señala la localización del corte geológico X-X' (véase la Fig.2). 1 a 12: situación de los puntos de agua muestreados (véase la Fig. 3). a.- Filitas. b.- Granito. c.- Triás. d.- Jurásico. e.- Mioceno superior. f.- Cuaternario.

Fig.1- Geological map of the studied area (from Azcárate, 1977, and Fontboté, 1982) showing position of cross-section X-X' (see Fig. 2). 1 to 12: location of groundwater sampling (see Fig. 3). a.- Phyllite. b.- Granite. c.- Triassic. d.- Jurassic. e.- Upper Miocene. f.- Quaternary

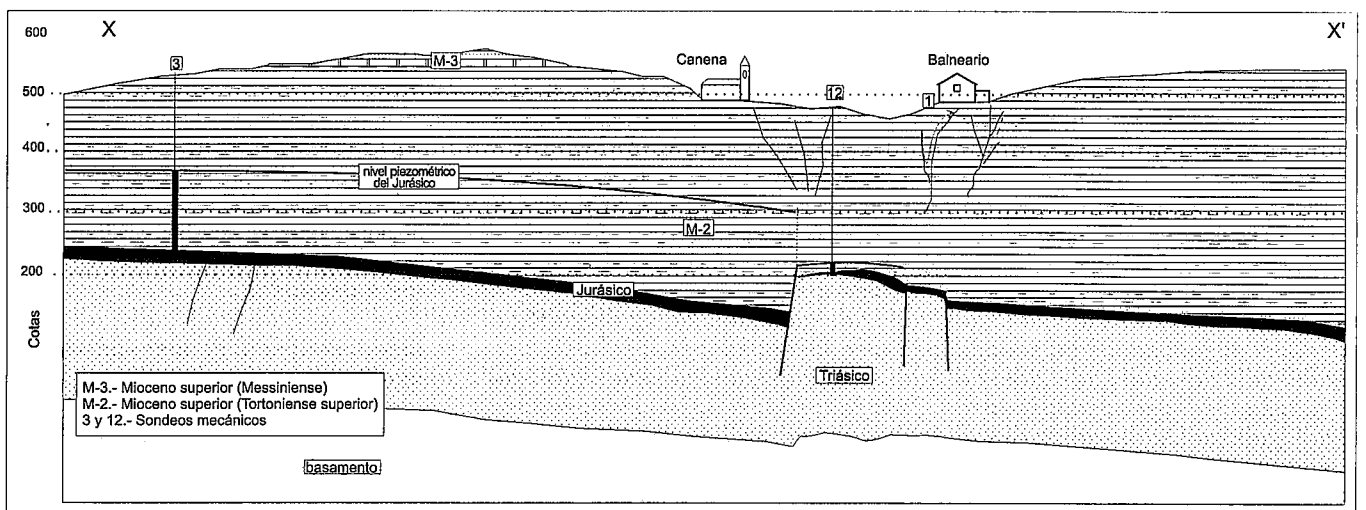


Fig. 2- Corte geológico X-X'

Fig.2-Geological cross-section X-X'

*et al.* (1972), no es posible clasificar como termal la surgencia del Balneario de San Andrés, sino que se trataría de aguas ortotermales o normales. Por otra parte, el valor más frecuente de este parámetro en las surgencias de las areniscas del Tortonense superior-Messiniense corresponde a 18°C, en tanto que las temperaturas registradas en el acuífero carbonatado son siempre superiores a 27°C. Además, los caudales que se obtienen en los sondeos que explotan los niveles acuíferos del Tortonense superior (inferiores a 5 l/s) son del mismo orden que el caudal de la surgencia del Balneario (2 l/s). Tanto la temperatura como los caudales obtenidos en el acuífero detrítico mioceno son, por tanto, similares a los valores registrados en la surgencia del Balneario.

#### Piezometría

El flujo subterráneo en el seno de los materiales jurásicos presenta un sentido general hacia el Sureste. El nivel piezométrico del acuífero carbonatado medido en dos sondeos en las proximidades de Canena -situados aguas arriba del Balneario en el sentido del flujo subterráneo (sondeos 3 y 4, Fig. 1 y 2)- se sitúa a 370 m y 385 m, en tanto que la cota de surgencia del Balneario es de 480 m. Con estas diferencias de cota piezométrica no parece posible que, como se ha sugerido en algunos estudios, exista una alimentación de la surgencia desde el acuífero carbonatado a través de fracturas que llegarían hasta la superficie. Tampoco el nivel piezométrico registrado en el sondeo mecánico 12 (Figura 2), perforado en las proximidades del Balneario, sugiere la conexión de éste con los materiales carbonatados.

#### Facies hidroquímicas

Si se comparan las características físico-químicas de las aguas del Balneario de San Andrés con aquellas de las aguas procedentes de los acuíferos detrítico (Mioceno) y carbonatado (Jurásico), resulta evidente la similitud hidroquímica entre el manantial del Balneario y las surgencias del acuífero detrítico del Mioceno. Así, como se observa en el diagrama de Piper (Fig. 3), las muestras analizadas se distribuyen en tres grupos:

En el primero (grupo A) aparecen asociadas las muestras 2, 9 y 10, y el manantial del Balneario de San Andrés; como las tres primeras corresponden al acuífero detrítico mioceno, también lo debe ser el agua del Balneario.

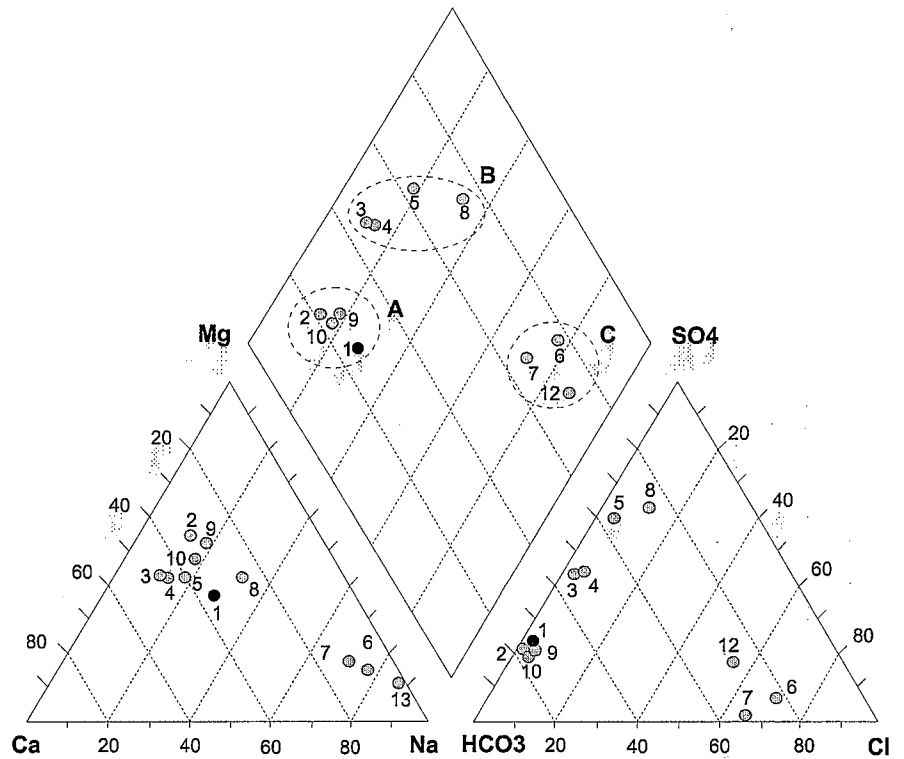


Fig. 3.- Representación en diagrama de Piper de las diferentes hidrofacies. 1: Balneario de San Andrés; 2, 9 y 10: acuífero detrítico mioceno; 3 a 8 y 12: acuífero dolomítico jurásico.

Fig. 3.- Piper plot showing the different hydrochemical facies of the analysed samples. 1: San Andrés spa; 2, 9 and 10 miocene detrital aquifer; 3 to 8 and 12: jurassic dolostone aquifer.

Los otros dos grupos (B y C), claramente independientes del primero, corresponden a las aguas del acuífero carbonatado; la diferencia entre ambos responde al alto contenido en Cl<sup>-</sup> y Na<sup>+</sup> de las aguas más profundas (grupo C), cuyo origen debe estar relacionado con las evaporitas del Triás.

#### Calidad de las aguas

En distintos análisis realizados se detecta la presencia de compuestos nitrogenados en las aguas de la surgencia del Balneario. Este tipo de contaminación, asociada al desarrollo de las actividades agrícolas, suele afectar a las unidades acuíferas poco profundas, como es el caso de los niveles detríticos miocenos, por lo que constituye un argumento más a favor de que sea este último el acuífero que alimenta la surgencia del Balneario.

#### Presencia de metano

El agua de la citada surgencia presenta un bajo contenido en oxígeno disuelto (0,8 %) y contiene una alta proporción de gas metano. Estos datos ponen de manifiesto la existencia de un proceso bacteriano de reducción en el seno del acuífero. Esta reacción puede producirse en contextos muy diferentes, tanto en

acuíferos libres someros, a 4-5 m de profundidad (Jakobsen y Postma, 1994), como en sistemas confinados profundos (Kloppmann *et al.*, 1996). La principal condición necesaria para que tenga lugar este tipo de proceso es la presencia de materia orgánica, que al degradarse consume oxígeno y genera las condiciones reductoras. Tras consumir el oxígeno disuelto en el agua, las bacterias pasan a obtener éste de los nitratos, de los sulfatos (generando sulfhídrico) o del CO<sub>2</sub> (dando lugar a la generación de metano). El predominio de un proceso u otro depende fundamentalmente de la reactividad de la materia orgánica y del tipo de bacterias presentes en el medio. Concretamente, el proceso de metanogénesis requiere mayor reactividad de la materia orgánica que el de generación de sulfhídrico o de reducción de nitratos (Chapelle y McMahon, 1991). Además, en estudios recientes se constata que la materia orgánica en sedimentos más modernos presenta una reactividad más alta, por lo que no resulta extraño que en los depósitos miocenos se desarrollen procesos de generación de metano. En este sentido, Martínez y Núñez (1974) describen la presencia de niveles ricos en materia orgánica en el Tortonense de Villacarrillo

(al este del sector estudiado, ver Fig. 1).

A lo anteriormente expuesto hay que sumar, además, una importante evidencia directa: la existencia de «bolsas» de metano se ha constatado ampliamente en toda la depresión del Guadalquivir (y en concreto, en las proximidades de Úbeda-Villacarrillo) y estas acumulaciones aparecen siempre en el seno de los materiales detríticos miocenos.

### Conclusiones

Si se consideran las temperaturas registradas en el acuífero carbonatado (superiores a 27°C), no parece adecuado relacionar con el mismo el Balneario de San Andres (20°C). Aunque la temperatura de esta surgencia es suficiente para que tales aguas sean aprovechables desde el punto de vista balneario, no justifica un origen profundo de las aguas ni la existencia de un sistema hidrotermal. De hecho, el in-

cremento de la temperatura en 2°C respecto a otras surgencias del Mioceno ligadas a niveles detríticos más altos, queda justificado con un gradiente geotérmico normal en torno a 3°C por cada 100 metros, ya que bastarían 60 m de espesor en el acuífero para alcanzar la temperatura con que el agua surge en el Balneario. Además, la facies hidroquímica de esta surgencia es muy similar a la de las aguas del acuífero detrítico. Por último, la presencia de nitratos (propios en la zona de niveles detríticos muy próximos a la superficie) y de metano (indicador de condiciones reductoras) sugiere un origen ligado a la mezcla de aportes de los diferentes niveles detríticos de los materiales miocenos.

### Referencias:

- Azcárate, J.E. (1977): *Hoja 906 (Úbeda), del mapa geológico (1:50.000), Plan M.A.G.N.A., I.G.M.E.*, 27 p.
- Cruz-Sanjulián, J., García-Rossell, L. y Garrido-Blasco, L. (1972): *II Simposio Nacional de Hidrogeología*, Pamplona, 547-568.
- Chapelle, F.H. and McMahon, P.B. (1991): *Journal of Hydrology*, **127**, 85-108.
- De León, A. (1989): *Caracterización agroclimática de la provincia de Jaén*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, 211 p.
- Fontboté, J.M. (1982): *Hoja 70 (Linares), del mapa geológico (1:200.000)*, I.G.M.E., 29 p.
- I.T.G.E. (1997). *Atlas Hidrogeológico de la Provincia de Jaén*, 175 p.
- Jakobsen, R. y Postma, D. (1994): *Geology*, **22**, 1103-1106.
- Kloppmann, W., Dever, L. y Edmunds, W.M. (1996): *Hydrological Sciences Journal*, **41**(3), 311-325.
- Martínez, W. y Núñez, A. (1974): *Hoja 907 (Villacarrillo), del mapa geológico (1:50.000)*, I.G.M.E., 28 p.
- Schöeller, H. (1962): *Les eaux souterraines*. Masson et Cie., eds. Paris, 611 p.