

La zona de transición agua dulce-salmuera bajo el borde norte de la laguna salada de Fuente de Piedra (Málaga).

The freshwater-brine transition zone beneath the northern shoreline of the Fuente de Piedra salt lake (Málaga, Spain)

J. Benavente (*), F. Carrasco (**), C. Almécija (*), P. Rodríguez-Jiménez (***) y J. Cruz Sanjulián (*)

(*) Instituto del Agua. Universidad de Granada. C/ Rector López Argüeta s/n. 18071 Granada.

(**) Dpto. de Geología y Ecología. Facultad de Ciencias. Universidad de Málaga. 29071 Málaga.

(***) Dpto. de Química Inorgánica, Cristalografía y Mineralogía. Facultad de Ciencias. Universidad de Málaga. 29071 Málaga.

ABSTRACT

The results of temperature and electrical conductivity logs carried out in some recently drilled boreholes across the northern shoreline of the Fuente de Piedra Salt Lake, provide the first data about a relatively thick transition zone between the freshwater of the regional underground flow and the dense brine bodies occurring beneath the lake floor. Water-head values also point out to the reflux of brines flowing up along the hypothetical Ghyben-Herzberg interface.

Key words: groundwater flow, transition zone, brines, salt lake.

Geogaceta, 14 (1993), 6-8
ISSN: 0213683X

Introducción

Gran parte de la cuenca endorreica vertiente a la laguna de Fuente de Piedra, situada al norte de la provincia de Málaga, está ocupada por materiales permeables que, aunque de diferente edad y litología, pueden considerarse integrados en un único sistema acuifero cuyo flujo es aproximadamente convergente hacia la laguna (Linares, 1990).

El sustrato impermeable regional corresponde a materiales triásicos, constituidos fundamentalmente por arcillas y margas con evaporitas. La karstificación de estas evaporitas tiene importantes consecuencias geomorfológicas e hidrogeológicas; en primer lugar es responsable del endorreísmo bastante generalizado que existe en el sector Archidona-Campillos, del cual la cuenca de Fuente de Piedra es el ejemplo más espectacular; también justifica la existencia de manantiales de aguas salobres o de salmueras, algunos de los cuales son bastante conocidos por su influencia en la calidad química de las aguas superficiales de la vecina cuenca del río Guadalhorce (Carrasco, 1986).

Entre los materiales permeables de la cuenca, son los del Mioceno superior los que afloran más extensamente y los que soportan mayor explotación. Se han inventariado más de 400 captaciones en la cuenca, en su mayoría pozos abiertos con profundidad media del orden de 10

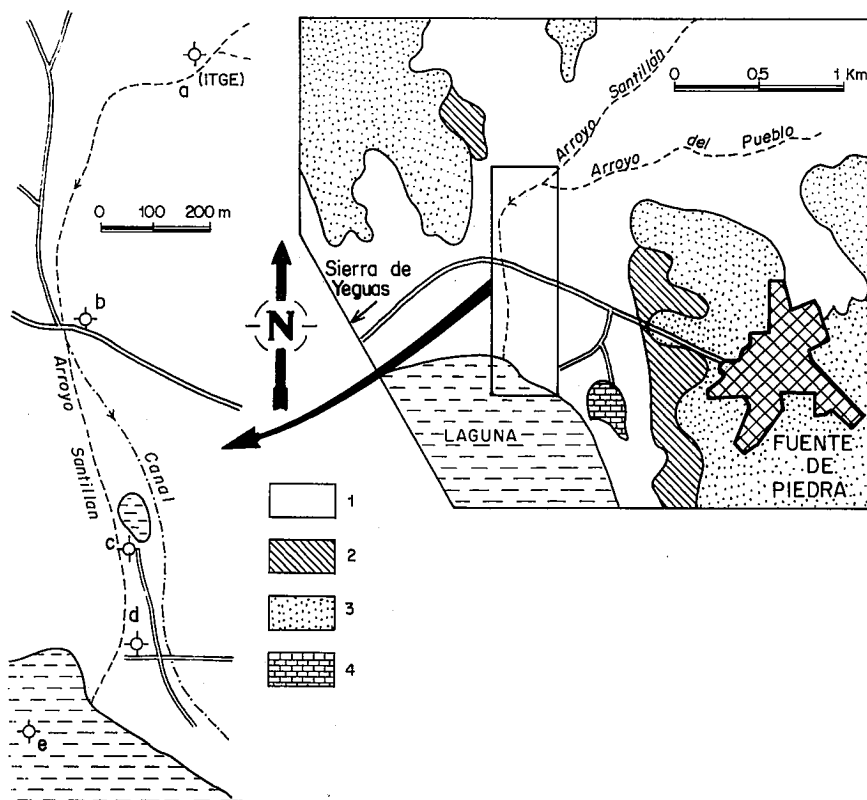


Fig. 1. — Localización de los piezómetros donde se han realizado las medidas y cartografía geológica esquemática del sector (simplificada de Martín Serrano, 1986). 4: Calizas y dolomías (Triás), 3: Arenas, areniscas, margas y conglomerados (Mioceno superior), 2: Glacis (Pleistoceno medio), 1: Arenas, arcillas y cantos (aluvios y zonas de encharcamiento ocasional: Holoceno).

Fig. 1. — Location of the monitoring piezometers and geological sketch of the surrounding area (simplified from Martín Serrano, 1986). 4: Limestones and dolomites (Triassic), 3: Sands, sandstones, marls and conglomerates (Upper Miocene), 2: Glacis (Pleistocene), 1: Sands, clays and gravels (alluviums and sediments of occasionally flooded areas: Holocene).

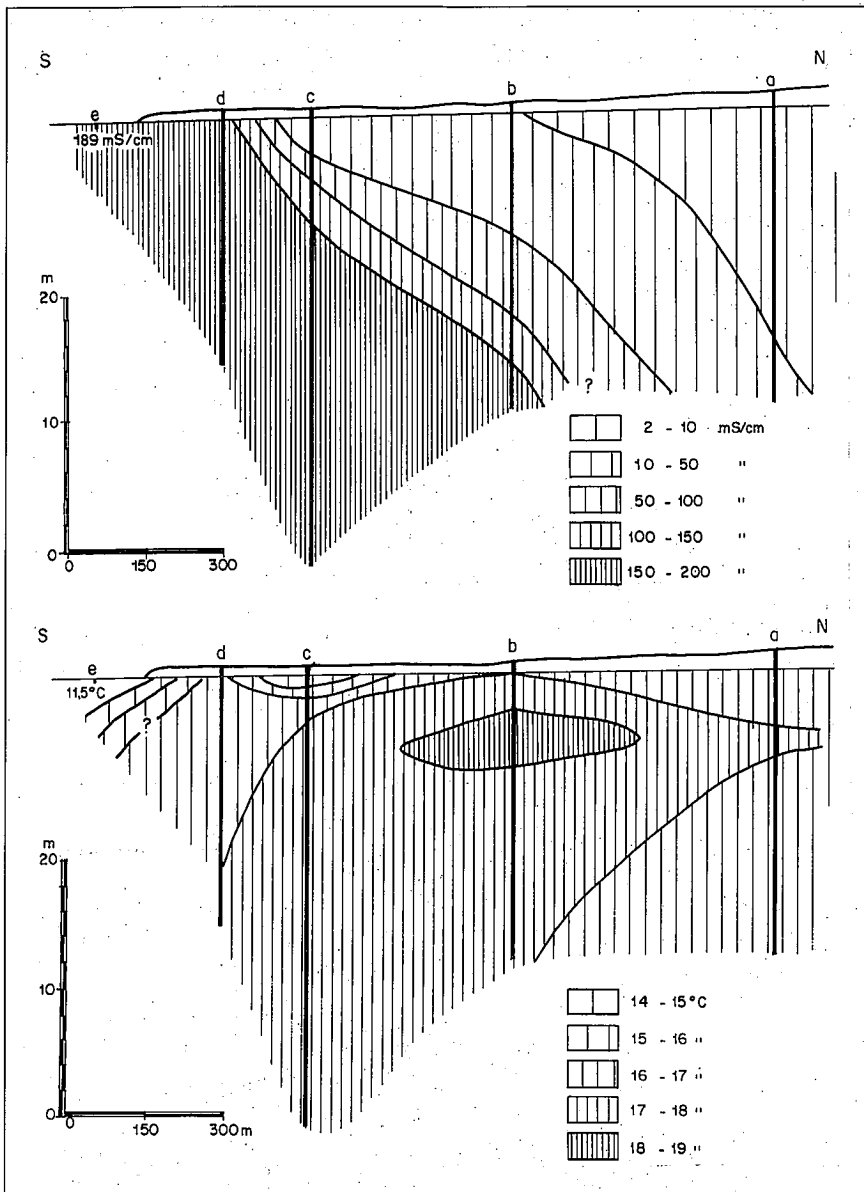


Fig. 2. — Corte a lo largo del borde norte de la laguna salada de Fuente de Piedra que muestra la zonación vertical de la conductividad eléctrica (arriba) y de la temperatura (abajo) del agua subterránea. Ver fig. 1 para la localización de los piezómetros, y texto para más detalles.

Fig. 2. — Section across the northern shoreline of the Fuente de Piedra salt lake showing the vertical zonation of electrical conductivity (above) and temperature (below) of groundwaters. See fig. 1 for piezometer's location and text for more details.

m. A partir de muestreos en las captaciones, se ha podido determinar que las aguas subterráneas de la cuenca presentan valores de conductividad eléctrica (a 25° C) generalmente superiores a 2 mS/cm, mientras que en el área próxima a la laguna se llegan a superar los 5 mS/cm. Es de destacar la existencia en el interior de la laguna de un pozo abierto de escasa profundidad, utilizado antiguamente en una explotación salinera, que contiene una salmuera en la que se han medido valores de conductividad

superiores a 220 mS/cm (Linares, 1990). Si aguas de naturaleza similar se extendiesen bajo toda la superficie de la laguna, cabría suponer la existencia de una interfase de Ghyben-Herzberg más o menos desarrollada, debido a la diferencia de densidad entre tales salmueras y el agua dulce del flujo regional hacia la laguna. Es esta una circunstancia difícil de poner de manifiesto a partir de las captaciones existentes, debido tanto a su pequeña profundidad y escasa penetración como a su relativo alejamiento

de los bordes de la laguna. Para comprobar dicha hipótesis se ha procedido a realizar tres sondeos piezométricos (puntos b, c y d: fig. 1), alineados aproximadamente en dirección N-S y localizados en un sector de encharcamiento ocasional, próximo a la desembocadura del Arroyo Santillán, el principal curso de agua de la cuenca. Este dispositivo se completa con otro piezómetro realizado previamente por el ITGE y con un piezómetro hincado, de pequeña profundidad, situado dentro del perímetro que delimita la zona que suele inundarse estacionalmente (puntos a y e, respectivamente: fig.1).

Resultados y discusión

En la perforación de los tres piezómetros se ha identificado una formación superficial que contiene arcillas blancas muy plásticas, localmente con cristales grandes de yeso. Aproximadamente entre los metros 6 y 12, se han cortado arcillas limosas azules y marrones y algunas gravas. A partir de ahí, se perforó una sucesión de limos y arenas de tonos amarillentos, con niveles más cementados, conglomeráticos o calcareníticos, atribuibles al Mioceno superior. Tan sólo en los metros finales del sondeo c, el más profundo, se alcanzó el sustrato triásico de margas abigarradas con abundante yeso. El piezómetro hincado, de 2m de profundidad, encontró -bajo una costra salina superficial de pocos centímetros- un nivel de lodos negros orgánicos de unos 10 cm y, a continuación, materiales limosos de tonos grises. Las perforaciones se entubaron con PVC ranurado en la mayor parte de la columna.

En la figura 2 se representan los resultados de un registro de conductividad (20 °C) y temperatura efectuado a mediados de enero de 1993 en los piezómetros, el último de un total de cinco llevados a cabo regularmente desde junio de 1992. Este periodo se ha caracterizado por un estiaje prolongado, pues las únicas precipitaciones significativas han sido las de octubre (unos 90 mm). Las variaciones térmicas registradas en dicho periodo, con valores extremos de 16 y 23°C, se concentran en una franja superficial de unos 15 m, a partir de la cual se alcanza una estabilización en torno a los 17 °C. En esta zona de heterotermia, la tendencia vertical varía según los cambios estacionales de la temperatura ambiente y así pueden pro-

ducirse inversiones a lo largo de la columna, como se observa en los puntos a y b de la fig. 2. Una pequeña balsa con aguas relativamente frías (8.2 °C) muy próxima al punto c, puede tener también influencia local en la magnitud del gradiente térmico en la franja más superficial.

En la fecha en que se realizó el último registro, y como consecuencia de la sequía, la lámina de agua libre de la laguna era discontinua y con un espesor máximo de pocos centímetros; su conductividad era de 180 mS/cm, mientras que para el agua del pozo de las salinas y la del piezómetro hincado se obtenían valores de 160 y 190 mS/cm, respectivamente.

La distribución de los valores de conductividad en el perfil estudiado (fig.2), apenas ha variado a lo largo del periodo de control. Dicha distribución pone de manifiesto la existencia de una zona de transición -de unos 20m de espesor- entre las aguas dulces del flujo regional y la salmuera bajo la laguna. Esta zona de transición es consecuencia de procesos de dispersión mecánica y difusión molecular, y dentro de ella se localiza la interfase teórica de Ghyben-

Herzberg. Su desarrollo se relaciona con fluctuaciones en el nivel del agua en la laguna -secado estacional y ciclos climáticos- y con variaciones en el nivel piezométrico del acuífero, las cuales pueden estar intensificadas por efectos antrópicos.

La heterogeneidad del fluido es particularmente apreciable en los puntos b y c, donde se requiere la estimación de un potencial ambiental de acuerdo con la distribución de densidades. En los piezómetros a y d las variaciones de salinidad a lo largo de sus columnas son comparativamente poco importantes, y los niveles medidos pueden asimilarse, respectivamente, a los potenciales puntuales del agua dulce local y de la salmuera bajo la laguna; en el primer caso están comprendidos entre 0 y 0,9 m sobre el nivel de la laguna, lo cual concuerda con datos previos (Linares, 1990); en el segundo caso resultan valores entre 0,2 y 0,5 m bajo el citado nivel.

A falta de ulteriores datos registrados en periodos de recarga, las observaciones realizadas parecen apuntar hacia la existencia de un refluo de salmuera procedente de la laguna bajo la zona de transición, al igual que se ha comproba-

do en otros casos semejantes bien documentados (ver, por ejemplo, Macumber, 1992). En la actualidad se están investigando, además, las modificaciones hidroquímicas en relación con dicho proceso de refluo.

Agradecimientos

J. A. Benavides, Prof. del Dpto. de Expresión Gráfica en la Arquitectura e Ingeniería de la Universidad de Granada, ha colaborado amablemente en la nivelación de los puntos. Nuestro agradecimiento también al personal de la Reserva Natural (A.M.A., Junta de Andalucía). Trabajo realizado en el marco del Proyecto NAT91-0598 de la C.I.C.Y.T.

Referencias

- Carrasco, F. (1986). Tesis Doctoral. Univ. de Granada, 435p (inédita).
- Linares, L. (1990). Tesis Doctoral. Univ. de Granada, 343p. (inédita).
- Macumber, Ph.G. (1992). *Chemical Geology*, 96, 1-18.
- Martín-Serrano, A. (1986). Antequera (nº 1023). Mapa Geológico de España. E. 1:50.000. I.T.G.E. Madrid.