

# Evolución del contacto agua dulce-agua salada en un acuífero kárstico costero: acuífero de Aguadulce (Almería).

*Evolution of the fresh water-saltwater contact in a karstic coastal aquifer: Aquifer of Aguadulce (Almería)*

A. Vallejos, A. Pulido Bosch, J. Gisbert, F. Sánchez Martos Y L. Molina

Departamento de Hidrogeología. Universidad de Almería. 04120-La Cañada (Almería)

## ABSTRACT

*Karstic aquifers display a large number of singularities regarding the underground flow organisation and the vertical distribution of the water heads, due to the unequal behaviour of the karstic drains and channels compared to the matrix. In the coastal aquifers, the existence of a saltwater and a mixing zone, whose dynamics may turn very complicated, must be added to the usual complexity. The monitoring of the piezometric level and electrical conductivity evolution in a borehole in the Campo de Dalías aquifer allow the exposition of a series of considerations about the evolution of the measured parameters and the factors that determine this evolution.*

**Key words:** groundwater, karstic aquifer, piezometric level, conductivity

*Geogaceta*, 35 (2004), 175-178  
ISSN:0213683X

## Introducción

La unidad acuífera de Aguadulce, objeto de este estudio, se encuentra en la costa SE de España (figura 1), muy cerca de la ciudad de Almería, a unos 300 m de la línea de costa. Se trata de un acuífero carbonatado que forma parte de un sistema complejo denominado Campo de Dalías y está integrado por dolomías y calizas alpujárrides en contacto directo con el mar. Los afloramientos más antiguos en el área corresponden al Complejo Alpujárride, el cual está caracterizado por la superposición de los mantos de Gádor y Felix. El manto de Gádor está compuesto por filitas y cuarcitas permowerfenienses, sobre las que yacen una potente serie calizo-dolomítica triásica, la cual puede exceder los 1000 m de potencia. En estas dolomías se obtuvieron valores de transmisividad entre 14000 y 17000 m<sup>2</sup>/día cerca del municipio de Aguadulce. El manto de Felix tiene la misma secuencia litológica pero menor espesor, alrededor de 100 m.

Sobre los materiales alpujárrides yacen depósitos del Mioceno supe-

rior, que afloran de manera discontinua a lo largo del borde de la Sierra de Gádor. Se trata de dolomicritas o biomicitas, margas, yesos, rocas volcánicas y conglomerados con espesores que pueden superar los 100 m. Los materiales pliocenos están ampliamente desarrollados en todo el Campo de Dalías (Aguirre, 1999). Están constituidos por un conglomerado basal sobre el que se deposita una potente formación margosa de hasta 1000 m, culminando la serie con unas calcarenitas que alcanzan potencias de 100 m. Al pie de Sierra de Gádor adquieren gran desarrollo los abanicos aluviales; además, existen depósitos limosos y fangosos en relación con salinas y playas antiguas (Fourniguet, 1977).

La unidad acuífera de Aguadulce tiene una geometría compleja como consecuencia de la diversidad litológica y la estructura del área. Está formada por los estratos carbonatados del manto de Felix y Gádor, separados por una capa de filitas, dando lugar a dos capas acuíferas. Las calcarenitas del Mioceno situadas sobre las capas carbonatadas

de ambas unidades, están en conexión hidráulica con ellas; las calcarenitas pliocenas así como otros sedimentos detríticos que pueden encontrarse, tienen también comportamiento acuífero (Pulido Bosch et al., 1991).

La intensa fracturación favorece la conexión hidráulica entre los diferentes niveles acuíferos, los cuales, bajo régimen natural, deberían mostrar el mismo nivel piezométrico. En régimen natural esta unidad presentaba una salida al mar en el área de Aguadulce, si bien los acusados bombeos han provocado el descenso continuo del nivel piezométrico lo que ha provocado la entrada generalizada de agua de mar. Las aportaciones al sistema por precipitación son escasas no llegando a alcanzar los 370 mm/año, además en esta zona la precipitación presenta una gran variabilidad interanual (Vallejos, 2001).

## Materiales y métodos

El sondeo de investigación en la unidad acuífera de Aguadulce (figura 2) tiene instalada una estación de re-

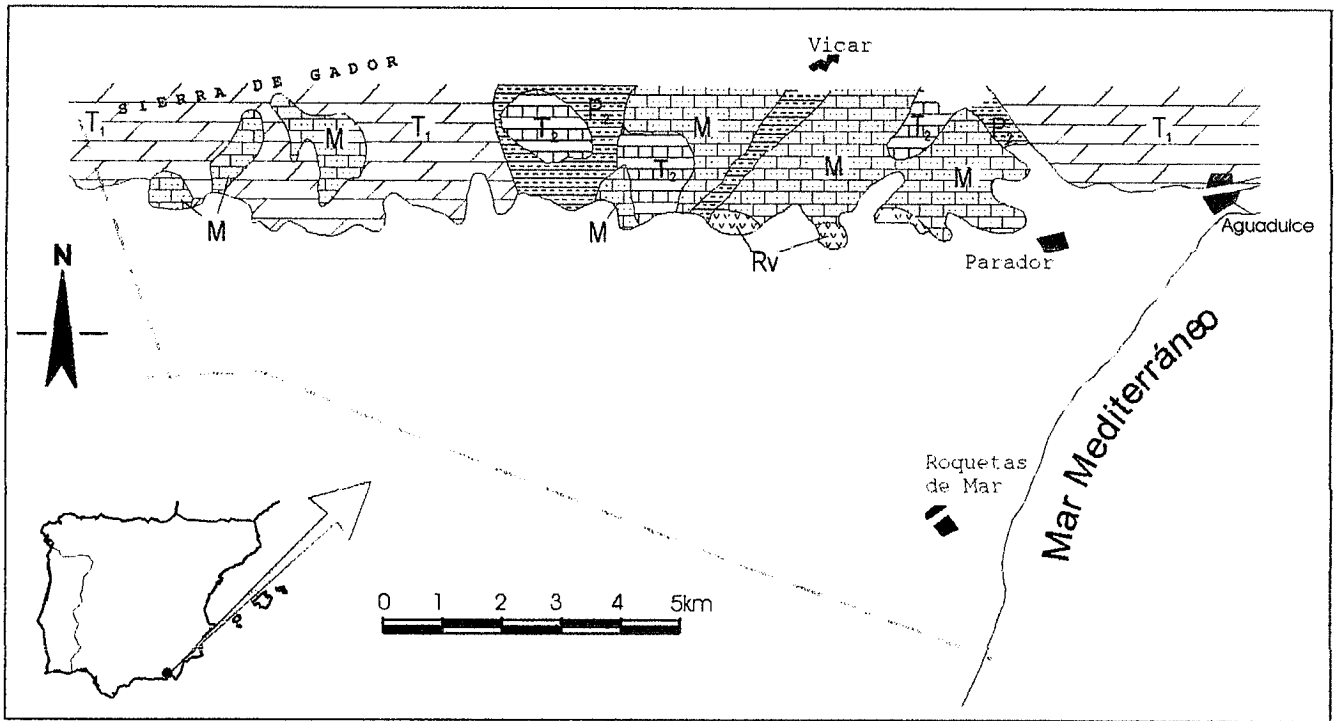


Fig. 1.- Situación y esquema geológico de la unidad de Aguadulce. P<sub>1</sub>: metapelitas de Gádor; T<sub>1</sub>: carbonatos de Gádor; P<sub>2</sub>: metapelitas de Felix; T<sub>2</sub>: carbonatos de Felix; Rv: Conglomerados y rocas volcánicas; M: calcarenitas del Mioceno; Q: sedimentos del Cuaternario.

Fig. 1.- Situation and geological scheme of the Aguadulce Unit. P<sub>1</sub>: Gádor metapelites; T<sub>1</sub>: Gádor carbonates; P<sub>2</sub>: Felix metapelites; T<sub>2</sub>: Felix carbonates; Rv: Conglomerates and volcanic rocks; M: Miocene calcarenites; P<sub>1</sub>: Pliocene marls; Q: Quaternary sediments.

gistro continuo (HYDRODATA-1256), que dispone de tres sensores de presión a profundidades de 98, 104

y 110 metros, que permiten controlar el nivel piezométrico, y tres más para el registro de temperatura y

conductividad a las mismas profundidades. Estas profundidades corresponden a la zona de agua dulce, interfase y zona de agua salada del acuífero. El esquema de colocación de los sensores corresponde a *enjambre o cluster* en un sondeo inicial común (figura 3). El período de muestreo es 10 minutos y el de almacenaje (valores medios, máximos y mínimos) cada hora. Estos datos son recogidos mediante volcado a un PC cada dos meses.

Los datos pluviométricos son obtenidos a partir de la estación climatológica que el grupo de investigación "Recursos Hídricos y Geología Ambiental" (RNM-189) tiene instalada en el término municipal de Enix. Esta estación está equipada con un sensor de temperatura, un pluviómetro y un datalogger, que nos permite almacenar datos con una cadencia de 10 minutos.

**Resultados**

En el sondeo de investigación todos los registros se han sometido a un proceso de alisado para su representación, con el fin de eliminar el efec-

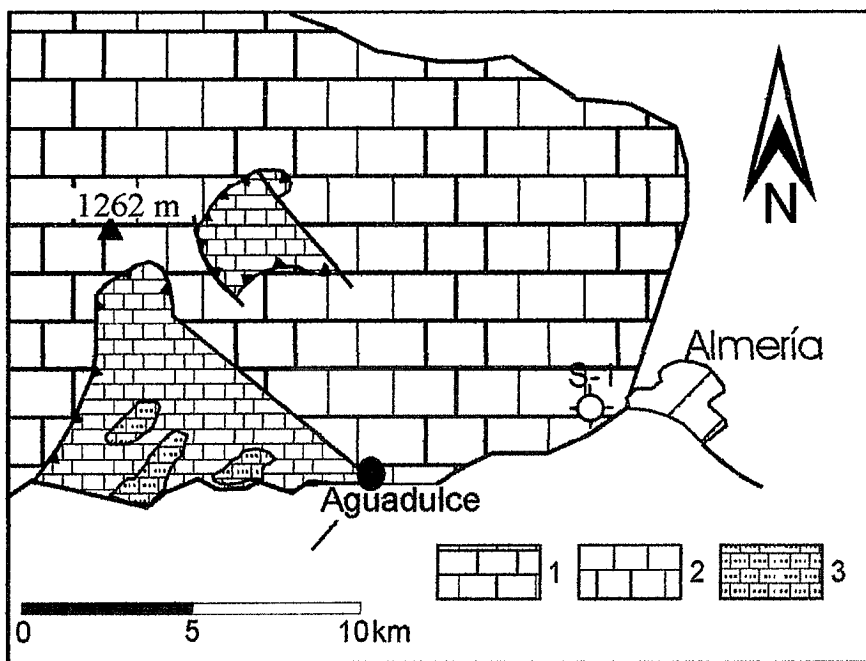


Fig. 2.- Localización del sondeo de investigación. 1 y 2: calizas y dolomías, 3: calcarenitas.

Fig. 2.- Location of borehole for research. 1 and 2: limestones and dolomites, 3: calcarenites.

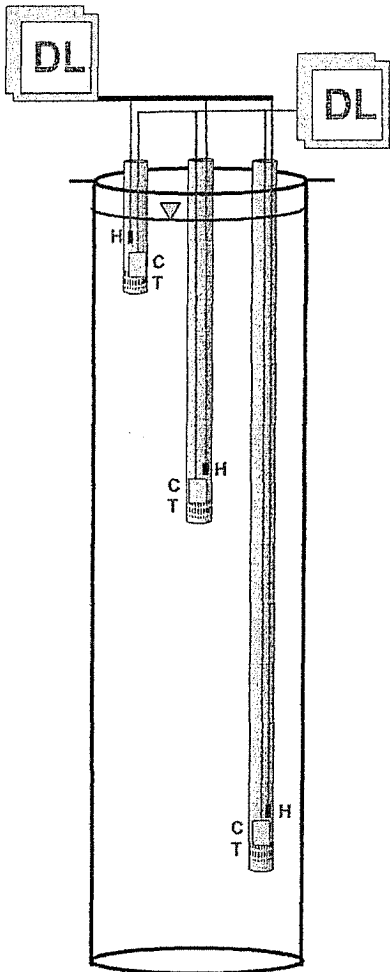


Fig. 3.- Enjambre piezométrico en un sondeo monitorizado con sensores de temperatura, conductividad y nivel piezométrico (DL: registrador en continuo).

Fig. 3.- Piezometric cluster in a monitoring borehole with temperature, conductivity and piezometric level sensors (DL: data logger).

to continuo de las mareas dada la proximidad al mar. En la figura 4 se muestran las variaciones de presión (mm) equivalentes a variaciones relativas del nivel piezométrico. Se incluyen las precipitaciones cada 10 minutos registradas en una estación termopluviométrica localizada en el área de alimentación principal del sistema acuífero del Campo de Dalías. El registro presentado corresponde al período Mayo de 1998 a Abril de 1999, en el cual no se aprecia la influencia directa de la precipitación en los valores de variación de presión, siendo el rango de variación pequeño, de unos 20 cm. El ligero descenso de este parámetro que se

observa entre los meses Noviembre a Abril podría ser la respuesta a un período de máxima explotación en sectores próximos o a una lenta respuesta del sistema ante un período de mayor recarga.

La conductividad a los 98 m de profundidad varía entre unos 1725 y 1825 micras/cm. A los 104 m (interfase) el rango de variación de este parámetro es de unos 7750 a 8750 micras/cm, mientras que a 110 m de profundidad, oscila entre 41500 y 42500 micras/cm. La variación es tan solo de 100 micras/cm en la zona de agua dulce, mientras que en la zona de interfase y agua salada es de unos 1000 micras/cm. La evolución temporal de la conductividad no refleja cambios significativos, si bien

queda perfectamente definida la salinidad de las aguas y caracterizada la zonación vertical del acuífero. Es necesario que el periodo de registro se vea incrementado a varios años para poder establecer la posible variación que puedan sufrir las distintas zonas identificadas. En este sentido, los datos observados en Noviembre del 2000 a partir del sensor de conductividad localizado en la zona de interfase arrojan unos valores medios de 14000 micras/cm, indicando cambios en la posición de la interfase.

**Consideraciones finales**

El sistema de control diseñado en el sondeo del acuífero de Aguadulce

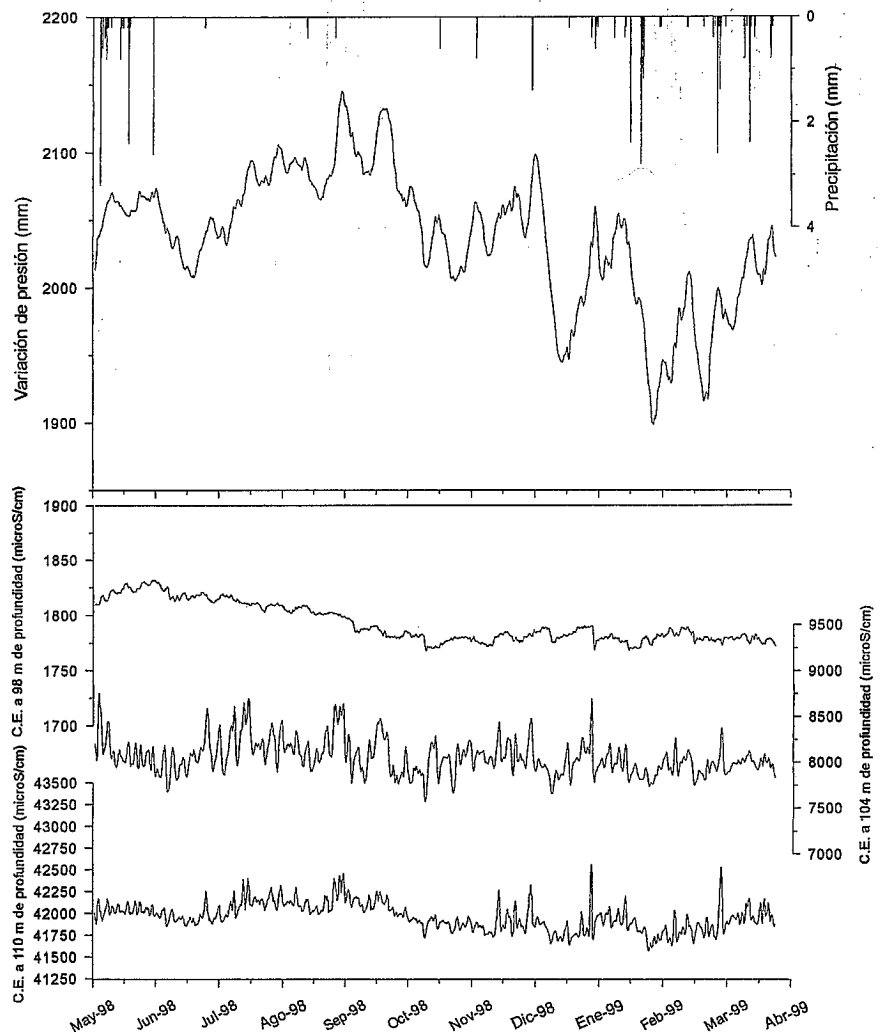


Fig. 4.- Evolución temporal de los parámetros medidos en el sondeo del acuífero de Aguadulce. (CE: Conductividad eléctrica; Precipitación en intervalos de 10 minutos).

Fig. 4.- Temporal evolution of the parameters measured in the borehole of Aguadulce aquifer. (CE: Electrical Conductivity; Precipitation each 10 minutes).

permite caracterizar el acuífero en la vertical y en el tiempo, pudiendo conocer la evolución del contacto agua dulce-agua salada con detalle, a partir de registros horarios de la conductividad. El análisis exhaustivo de los datos ha de realizarse a partir de largas series de registro, ya que al igual que la precipitación, la conductividad y la variación del nivel piezométrico son parámetros que permiten conocer mejor el comportamiento del acuífero cuanto mayor sea la serie de datos tomados. A pesar de las adecuadas características del punto de control, no es fácil identificar la

influencia de los conductos y la matriz sobre los parámetros medidos.

El presente estudio se ha hecho en el marco del proyecto REN2002-04517-CO2-01/HID.

#### Referencias

- Aguirre, J. (1999): El Plioceno del SE de la península Ibérica (provincia de Almería). Síntesis estratigráfica, sedimentaria, bioestratigráfica y paleogeográfica. *Rev. Soc. Geol. de España* 11 (3-4), 297-315.
- Fourniguet J (1977): Sur le Quaternaire marin et la neotectonique du Campo de Dalías (Andalouise, Espagne). *Acta Geológica Hispánica* XII 4-6, 90-97.
- Pulido-Bosch A, Navarrete F, Molina L, Martínez-Vidal JL (1991): Quantity and quality of groundwater in the Campo de Dalías (Almería, SE Spain). *Wat. Sci. Tech.* 24 (11), 87-96.
- Vallejos, A. (2001): *Hidrogeoquímica de la recarga de los acuíferos del Campo de Dalías a partir de la Sierra de Gádor*. Monografías Ciencia y Tecnología. Univ. de Almería-IEA. 242 p.