

# Consideraciones sobre la evolución hidrogeoquímica del acuífero de la Cubeta de Pulpí (Almería) en relación con su explotación

*Considerations about the hydrochemical evolution of Cubeta de Pulpí aquifer (Almería) in relation with its exploitation*

J.C. Cerón (\*) y A. Pulido-Bosch (\*\*)

(\*) Departamento de Geología. Universidad de Huelva. 21819. Palos de la Frontera. Huelva.

(\*\*) Departamento de Geodinámica. Universidad de Granada. 18071. Granada.

## ABSTRACT

*The groundwater mining of the Cubeta de Pulpí aquifer has resulted in the progressive deterioration of water quality, with depletion in groundwater table and particularly significant increases in sulphate, chloride, calcium and sodium concentrations.*

**Key words:** *hydrogeochemistry, detrital aquifer, overexploitation.*

*Geogaceta, 21 (1997), 71-73*

*ISSN: 0213683X*

## Introducción. Encuadre Hidrogeológico

El acuífero de la Cubeta de Pulpí (Fig. 1) ocupa el extremo suroccidental de la provincia de Murcia (término municipal de Lorca) y el extremo nororiental de la provincia de Almería (término municipal de Pulpí); tiene alrededor de 35 km<sup>2</sup> y una cuenca vertiente de aproximadamente 75 km<sup>2</sup>. Posee un clima mediterráneo subdesértico, con una precipitación media de 250 mm/año (1966/67-1986/87) y una temperatura media anual de 17,4 °C; la evapotranspiración real es de 215 mm/año y la lluvia útil de 37 mm/año (calculadas a nivel diario con el método de Thornthwaite).

En los últimos quince años se desarrolló una importante agricultura de invierno extratemprana y de gran valor económico, que ocasionó un aumento de la demanda de agua. La mayor explotación del acuífero, en general sin ningún tipo de control, dió lugar al descenso continuado del nivel piezométrico y obligó a prohibir la puesta en funcionamiento de nuevas captaciones (Decreto-Ley 3/1973 del 5 de Abril de 1973). Igualmente, provocó el deterioro de la calidad del agua, a tal grado que muchas captaciones debieron abandonarse (parte central del acuífero). Para hacer frente a la falta de recursos propios, los agricultores han tenido que traer agua de otras zonas con un mayor coste económico (acuífero del Alto Guadalentín y Trasvase Tajo-Segura).

Desde el punto de vista geológico (Fig. 1), la Cubeta de Pulpí está dentro de las

Cordilleras Béticas, en el sector oriental del Dominio de Alborán o Zonas Internas (Balanyá y García-Dueñas, 1987). Las rocas que constituyen gran parte de los relieves circundantes del acuífero y de su sustrato (López y Rodríguez, 1980; Veeken, 1983; Alvarez, 1987; Montenat *et al.*, 1988) pertenecen básicamente al Complejo Nevado-Filábride (cuarcitas, micasquistos, gneises albiticos y mármoles, y de edad Pérmico-Trías superior. Sobre ellos se encuentran arenas margosas, areniscas, conglomerados, margas, margas con yeso y rocas volcánicas -riodacitas- (de edad Terciario). Finalmente, los sedimentos que rellenan el acuífero están formados por conglomerados, arenas, limos e intercalaciones de arcillas arenosas (de edad Pliocuaternario).

Desde el punto de vista hidrogeológico, de los materiales pertenecientes al Complejo Nevado-Filábride únicamente los mármoles presentan un comportamiento acuífero; se pueden encontrar en la serie formando intercalaciones de escasa potencia; a techo, donde sí tienen un cierto desarrollo, pueden almacenar volúmenes importantes de agua. En la base de estos mármoles existen niveles de yeso que, si bien tienen un comportamiento acuífero, al no ocupar una extensión grande, su capacidad de almacenamiento es reducida, pero lo suficiente como para afectar a las características fisicoquímicas de las aguas (Cerón y Pulido-Bosch, 1992). Los materiales terciarios

tienen, en general, un funcionamiento hidrogeológico de acuícludo, pudiendo comportarse como acuitardo, con variaciones de permeabilidad en la vertical y en la horizontal en aquellos tramos donde la fracción arenosa sea mayor o existan intercalaciones de conglomerados. Finalmente, los materiales pliocuaternarios forman el relleno principal de la cubeta y constituyen el acuífero propiamente dicho. Los resultados de la reinterpretación de prospección geofísica eléctrica (Cerón y Pulido-Bosch, 1991) permiten suponer que el sustrato del acuífero es impermeable y está formado por rocas metamórficas paleozoicas, y arenas margosas y margas del Terciario. El espesor del relleno pliocuaternario varía aproximadamente entre 30 m y 100 m, y su litología, de acuerdo con los valores de resistividad, corresponde fundamentalmente a gravas con arenas y arenas, y, en menor medida, limos y arcillas.

La alimentación del acuífero proviene de la recarga pluviométrica, de la escorrentía superficial de las ramblas que vierten hacia el acuífero, de los posibles aportes subterráneos, no evaluados, de los mármoles situados en su borde noroeste y extremo sureste, y, en menor grado, de las aguas residuales urbanas. Los bombeos, destinados a satisfacer la demanda agrícola y, en ocasiones, la urbana, no se producen de forma homogénea en el espacio y en el tiempo, siendo intermitentes y de acuerdo con las necesidades agrícolas y «económi-

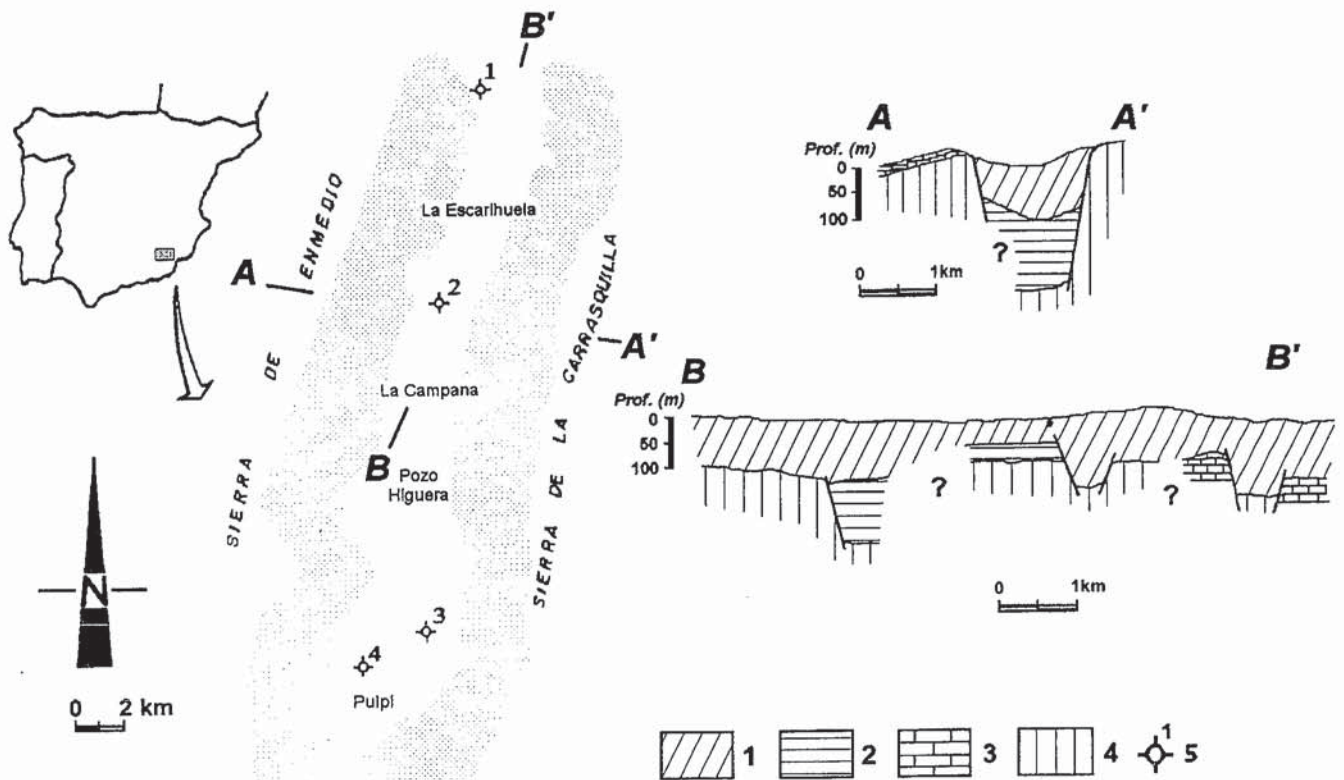


Fig. 1.- Situación geográfica y perfiles geológicos del acuífero de la Cubeta de Pulpi. 1: arenas y conglomerados con intercalaciones de limos y arcillas (Pliocuatrnario); 2: arenas margosas, margas y margas con yeso (Terciario); 3 y 4: sustrato (3 mármoles; 4: filitas y esquistos); 5: sondeo y su número.

Fig. 1.- Location map and geological cross-sections of the studied area. 1: sands and conglomerates with clays and silts (Plio-Quaternary); 2: sandy marls, marls and marls with gypsum (Tertiary); 3 and 4: substratum (3: marbles; 4: phyllites and schists); 5: well and its number.

cas» del momento. En el sector central del acuífero la explotación es nula debido a que los sondeos han sido abandonados porque tenían caudales muy bajos o salinidad excesiva; sin embargo, en las áreas Norte, Sur y Sureste del acuífero la calidad del agua todavía permite su uso, aunque no directamente, sí mezclada con agua del Trasvase Tajo-Segura y del acuífero del Alto Guadalentín. Los valores de piezometría indican que, en general, el descenso continuado del nivel piezométrico (del orden de 1,5 a 2 m/año, y más acusado en el extremo sureste - Castillo *et al.*, 1989 -) se habría reducido debido a una disminución en la explotación de los escasos sondeos que todavía continúan en actividad, consecuencia de un aumento de la salinidad del agua y de la llegada de un volumen mayor de agua del Trasvase Tajo-Segura y del acuífero del Alto Guadalentín, y también a las lluvias caídas en los últimos años en que se realizó este estudio.

### Evolución hidrogeoquímica de las aguas con la explotación

Las aguas del acuífero presentan una conductividad elevada (entre 2500 y 9000  $\mu\text{Scm}^{-1}$ ) y son fundamentalmente de facies sulfatada cálcico-sódica (Cerón y Pulido-Bosch, 1992). Durante el período estudiado, comprendido entre septiembre de 1989 y abril de 1992, se tomaron muestras de 15 puntos acuíferos; de todos ellos, se eligieron para este trabajo cuatro, representativos de los sectores en explotación (Fig. 1); dos situados en la parte septentrional del acuífero (números 1 y 2) y los restantes en su parte meridional (números 3 y 4). Los datos de las principales variables analizadas se muestran en la tabla 1.

Se puede ver que, para el período de muestreo, los valores de conductividad más elevados hacia el extremo Suroeste del acuífero - y las concentraciones de los iones sulfato, cloruro, calcio, magnesio, sodio y

potasio, presentan un aumento gradual; en el punto nº 2 este aumento coincide con una tendencia hacia el descenso del nivel piezométrico. En el punto nº 4, situado en el extremo suroeste del acuífero, también se observa, en todas las variables medidas, esta tendencia general hasta el muestreo de septiembre de 1990; sin embargo, para los siguientes muestreos, la tendencia es hacia un ascenso del nivel piezométrico y una disminución en los valores de la conductividad y de las concentraciones de los iones.

Este hecho se debe a una menor explotación de este área, debido a que la salinidad del agua es muy superior al resto del acuífero, por lo que su utilización en agricultura es más reducida, y también al aumento de las precipitaciones en esos dos últimos años (alrededor de 400 mm/año). La disolución de las rocas evaporíticas (sulfatadas y cloruradas) que afloran en esta parte produce en los puntos acuíferos muestreados (además del nº 4) un aumento

de los valores de conductividad, comprendido entre 5500 y 9500  $\mu\text{Scm}^{-1}$ , y de las concentraciones de los iones sulfato, cloruro y sodio, que llegan a superar los 4000, 1800 y 1400 mg/l. A esto se añade también, el vertido de aguas residuales sobre los materiales permeables del acuífero, debido al notable deterioro de la depuradora de Pulpi, y que es puesto de manifiesto por el aumento de la concentración en nitratos, alrededor de 70 mg/l, mientras que en el resto del acuífero no sobrepasa los 20 mg/l.

### Conclusiones

Los resultados de los muestreos realizados en el período comprendido entre septiembre de 1989 y abril de 1992, indican que en la parte septentrional y meridional del acuífero existe una tendencia hacia el descenso del nivel piezométrico, que origina la captación de aguas más salinizadas, como se pone de manifiesto en las medidas de conductividad y de concentración de iones. Por otra parte, la explotación en el extremo suroeste del acuífero es menor a consecuencia de la mayor salinidad del agua, dando lugar a un pequeño ascenso del nivel piezométrico en los dos últimos años de muestreo, favorecido en gran medida también por el aumento de la precipitación durante este período.

### Agradecimientos

Este trabajo fue realizado dentro del proyecto AMB95-0493, financiado por la CICYT.

### Referencias

Alvarez, F. (1987): *Tesis Doctoral*. Universidad de Salamanca (inédita): 371 pp.  
Balanyá, J.C. y García-Dueñas, V. (1987): *C. R. Acad. Sci. París*, 304, II: 929-933.  
Castillo, E., Lupiani, E., Hidalgo, J., González, A. y Aranda, J. A. (1989): *La Sobreexplotación de Acuíferos*. Almería, 35-41.  
Cerón, J.C. y Pulido-Bosch, A. (1991): *III Simp. sobre el Agua en Andalucía*. Cór-

Pto. 1	NP	Cond.	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>
Sep-89	---	2550	504	642	141	130	318	58
Ene-90	---	2510	496	626	138	124	310	51
Sep-90	---	2590	512	666	156	134	330	68
Ago-91	---	2689	644	735	196	152	367	80
Nov-91	---	2570	664	687	187	134	382	78
Ene-92	---	2618	655	706	192	148	360	77
Abr-92	---	2790	639	798	211	169	356	80
Pto. 2	NP	Cond.	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>
Sep-89	47	3228	568	933	225	177	406	45
Ene-90	46	3180	549	920	220	172	400	40
Sep-90	45	3240	589	941	227	190	420	59
Ago-91	44	3410	670	981	230	210	480	77
Nov-91	50	3520	710	996	208	209	535	75
Ene-92	52	3418	651	980	226	216	501	70
Abr-92	53	3380	649	975	251	217	456	76
Pto. 3	NP	Cond.	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>
Sep-89	---	3496	446	1167	224	190	381	34
Ene-90	---	3490	429	1160	229	205	372	30
Sep-90	---	3530	479	1189	237	196	400	38
Ago-91	---	3588	524	1210	279	205	385	41
Nov-91	---	3510	565	1233	288	212	371	43
Ene-92	---	3491	596	1269	291	227	366	49
Abr-92	---	3612	618	1296	309	238	368	56
Pto. 4	NP	Cond.	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>
Sep-89	58	5356	962	1797	306	274	672	57
Ene-90	57.5	4920	984	1836	327	282	688	60
Sep-90	59	5860	1092	1862	348	296	704	64
Ago-91	58	5546	1145	1974	389	320	718	76
Nov-91	56.5	5620	1126	1933	348	318	752	75
Ene-92	56	5467	1104	1944	380	324	710	77
Abr-92	56	5390	1115	1995	413	356	692	88

NP: profundidad del agua (m). Conductividad en  $\mu\text{Scm}^{-1}$  e iones en mg/l.

Tabla 1.- Variables hidroquímicas analizadas en los puntos acuíferos seleccionados.

Table 1.- Hydrochemical parameters analyzed in four wells.

doba, I: 325-337.  
Cerón, J.C. y Pulido-Bosch, A. (1992): *Estudios Geol.*, 48: 67-78.  
Montenat, C., Ott D'Estevou, Larouzière, F. y Bedu, P. (1988): *Notes et Mémoires-Total, Compagnie Francaise des Pétroles*, 21: 11-49.  
López, E. y Rodríguez, E. (1980): *Estudios Geol.*, 36: 5-63.  
Veeken, P. (1983): *Geologie en Mijnbouw*, 62: 255-265.