

Evaluación de la calidad del agua subterránea en la actual zona saturada del acuífero de Crevillente (Alicante)

Assessment of the groundwater quality in the present saturated zone of Crevillente aquifer (Alicante)

J. M. Andreu ⁽¹⁾, E. García-Sánchez ⁽²⁾, S. Jorreto ⁽³⁾, I. Francés ⁽³⁾ y A. Pulido-Bosch ⁽³⁾

⁽¹⁾ Departamento Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente. Universidad de Alicante. Apdo. Correos, 99, 03080 Alicante. Andreu.Rodes@ua.es

⁽²⁾ Departamento de Agroquímica y Medio Ambiente. Universidad Miguel Hernández. Avda. Ferrocarril, s/n, E-03202 Elche (Alicante). ernesto.garcia@umh.es

⁽³⁾ Departamento de Hidrogeología y Química Analítica. Universidad de Almería. Edif. Central, E-04120 La Cañada (Almería). sjorreto@ual.es; isaac@ual.es; apulido@ual.es

ABSTRACT

The carbonate Crevillente aquifer has been intensively exploited since more of four decades. Consequently, the aquifer has suffered an important empty which has made a lost of quality water in some areas of the aquifer. With the purpose of knowing the water quality in the present saturated zone we have made a geophysical well logging campaign. The electrical conductivity and temperature of the groundwater have been measured in some boreholes. The results have allowed us to establish that the SE area of the aquifer, where the desaturation has been more important, presents the big salinization problems and where water mineralization rises with the depth. The other historic pumping areas show better water quality and it is not possible to identify an increasing of water salinity along the saturated zone.

Key words: *geophysical well logging, saturated zone, overexploitation, Crevillente, Alicante*

Geogaceta, 44 (2008), 151-154

ISSN: 0213683X

Introducción

El acuífero de Crevillente, situado en la provincia de Alicante, es uno de los ejemplos más espectaculares de vaciado de un acuífero en el SE de España, como consecuencia de la fuerte explotación de sus aguas subterráneas durante más de cuatro décadas. El acuífero comenzó a explotarse prácticamente de forma intensiva desde los años sesenta, cuando se realizó la perforación de la Galería de los Suizos, en la parte SW de la Sierra de Crevillente (Fig. 1), con doce perforaciones en su interior (Andreu *et al.*, 2002). Unos años después, a finales de los sesenta, fueron realizándose más captaciones en el paraje del Barranco del Tolomó, en el extremo oriental de la Sierra de Crevillente y, algo más tarde, en las sierras de La Ofra y Rollo, así como en otros puntos del acuífero. Desde el primer momento, la explotación se acompañó de una bajada de los niveles prácticamente continuada que se ha mantenido durante más de cuatro décadas.

La explotación intensiva de las aguas subterráneas ha provocado una serie de consecuencias de diversa índole en este acuífero. Desde el punto de vista hidrogeológico se pueden destacar como

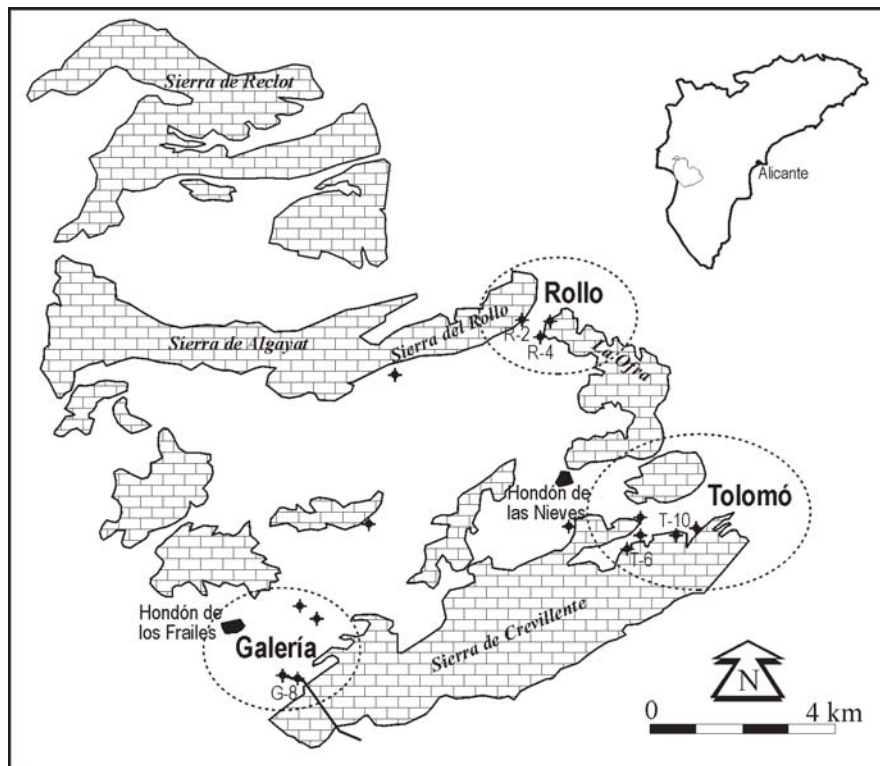


Fig. 1.- Localización geográfica del acuífero. Situación de los principales sectores de explotación del acuífero y sondeos testificados.

Fig. 1.- Geographical setting of the aquifer. Location of the main pumping sectors in the aquifer and the well logs.

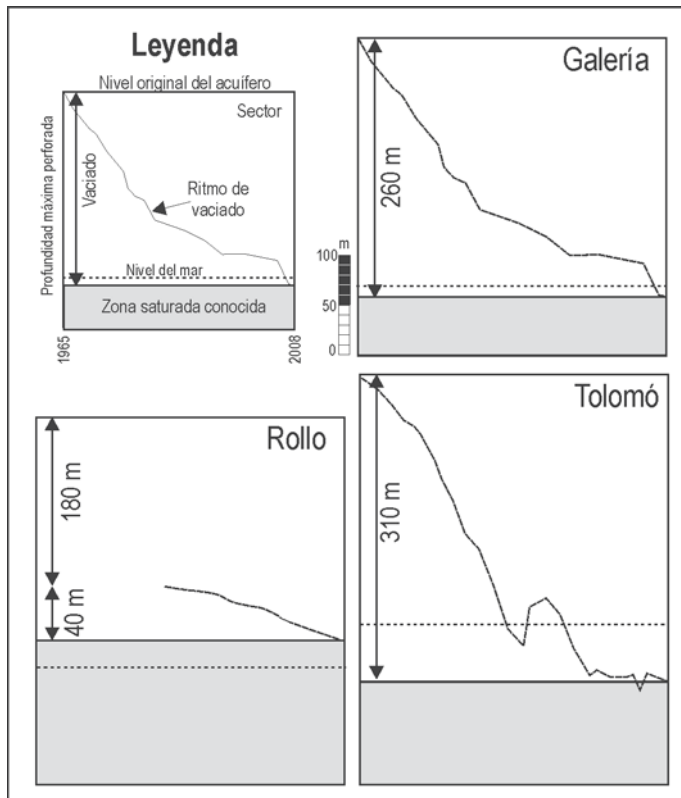


Fig. 2.- Esquema sintético del vaciado de la zona saturada en los principales sectores de explotación.

Fig. 2.- Synthetic scheme of the saturate zone empty in the main pumping areas.

más relevantes: las elevadas pérdidas de nivel piezométrico, el deterioro de la calidad del agua y la pérdida de rendimiento de las captaciones. Estas consecuencias han conllevado al abandono de numerosos sondeos en el acuífero, por lo que actualmente la explotación se ha visto notablemente reducida en algunas partes del mismo.

El principal objetivo de este trabajo ha sido tratar de establecer cuál es la calidad del agua que todavía queda en el acuífero en los principales sectores de explotación, así como identificar la posible existencia de un cambio de quimismo en la vertical que explique el aumento de mineralización que ha experimentado el agua de bastantes captaciones a lo largo de las últimas décadas. Para ello se ha procedido a la testificación de la conductividad eléctrica y la temperatura del agua en algunos sondeos de los sectores clásicos de explotación.

Caracterización hidrogeológica y desaturación del acuífero

El acuífero de Crevillente está constituido por una secuencia de más de 500 m de calizas, calizas dolomíticas y dolomías jurásicas pertenecientes al dominio Subbético de la Cordillera Bética. Este conjunto carbonatado subbético, afectado por plegamiento, da origen a varios relieves y depresiones que conforman el acuífero (Fig.1). Éste queda delimitado

en su parte meridional, como en otros límites, por arcillas asociadas a rocas evaporíticas de edad triásica (facies Keuper). Estos materiales también afloran en algunas partes del interior del acuífero, y han aparecido en profundidad en algunos sondeos, lo que ha sido interpretado numerosas veces como el impermeable basal (Murcia y Mira, 1981; Pulido-Bosch y Fernández Rubio, 1981).

El acuífero se ubica en una región climática que puede ser considerada mediterránea semiárida. La temperatura media está comprendida entre 15 y 17 °C, y las precipitaciones medias se sitúan entre 290 y 360 mm. Estos valores de precipitación muestran una cierta irregularidad interanual que afecta directamente a la recarga del acuífero. Ésta, correspondiente mayoritariamente a la precipitación eficaz sobre los afloramientos permeables, se desconoce con exactitud, si bien se ha estimado que puede estar comprendida entre 6 y 10 hm³/año (Pulido *et al.*, 1995). Por otro lado, las extracciones normalmente han sido superiores a la recarga, lo que ha originado la fuerte desaturación.

La figura 2 es indicativa del vaciado que se ha producido en los principales sectores de explotación del acuífero, así como su ritmo a lo largo del tiempo. Desde el inicio de los bombeos hasta mediados de los ochenta, los dos extremos de la Sierra de Crevillente mostraron un ritmo de vaciado semejante. Hubo años en que los descensos del nivel piezométrico fue-

ron de hasta 30 m. A partir de entonces se produjo un cambio de desaturación diferente entre ambas partes. Aunque la pérdida piezométrica continuó en los dos sectores, es en el Tolomó donde se agudizaron los descensos. Esta diferencia de comportamiento ha sido interpretada debido a una posible desconexión o, al menos, una reducción de la comunicación hidráulica entre ambos extremos de la Sierra de Crevillente (Corchón *et al.* 1989; Andreu, 1997). En Tolomó es posible reconocer un intervalo de recuperación durante el periodo húmedo (1988-91), no constatada en el resto del acuífero. Sin embargo, pasado este intervalo, nuevamente continuó la tónica descendente. En la última década las pérdidas de nivel se han reducido significativamente, lo cual se debe a la reducción de los bombeos como consecuencia del elevado número de captaciones que se han abandonado. En definitiva, en esta parte del acuífero se ha vaciado una franja de acuífero de más de 300 m. Por su parte, el sector de la Galería, tras la diferenciación de comportamiento piezométrico, mantuvo un ritmo de descenso continuado, aunque más atenuado, el cual ha persistido hasta el momento. Actualmente, el nivel se encuentra a 10 m b.n.m, lo que significa que el vaciado en esta parte del acuífero ha sido de 260 m, que supone el 87% de la zona saturada perforada hasta el momento. Por último, el sector del Rollo es donde menos zona saturada se ha vaciado. Dado que la puesta en explotación de este sector fue mucho más tarde, no se conoce la evolución piezométrica previa a los ochenta. No obstante, en principio, debió tener un nivel semejante a los otros sectores. La menor desaturación encontrada durante el intervalo registrado (40 m) puede explicarse por el menor número de captaciones y, por consiguiente, menores caudales bombeados.

Metodología

Para establecer la calidad del agua que presenta actualmente este acuífero en profundidad se han realizado 5 testificaciones geofísicas entre septiembre y noviembre de 2007 en los tres sectores históricos de explotación (2 en el Barranco del Tolomó, 1 en la Galería y 2 en el Rollo). Estos registros, exceptuando el de la Galería, se realizaron mediante un equipo de testificación geofísica marca Geovista, perteneciente al Grupo de Investigación «Recursos Hídricos y Geología Ambiental» de la Universidad de Almería. Este equipo va montado sobre un vehículo todoterreno, y

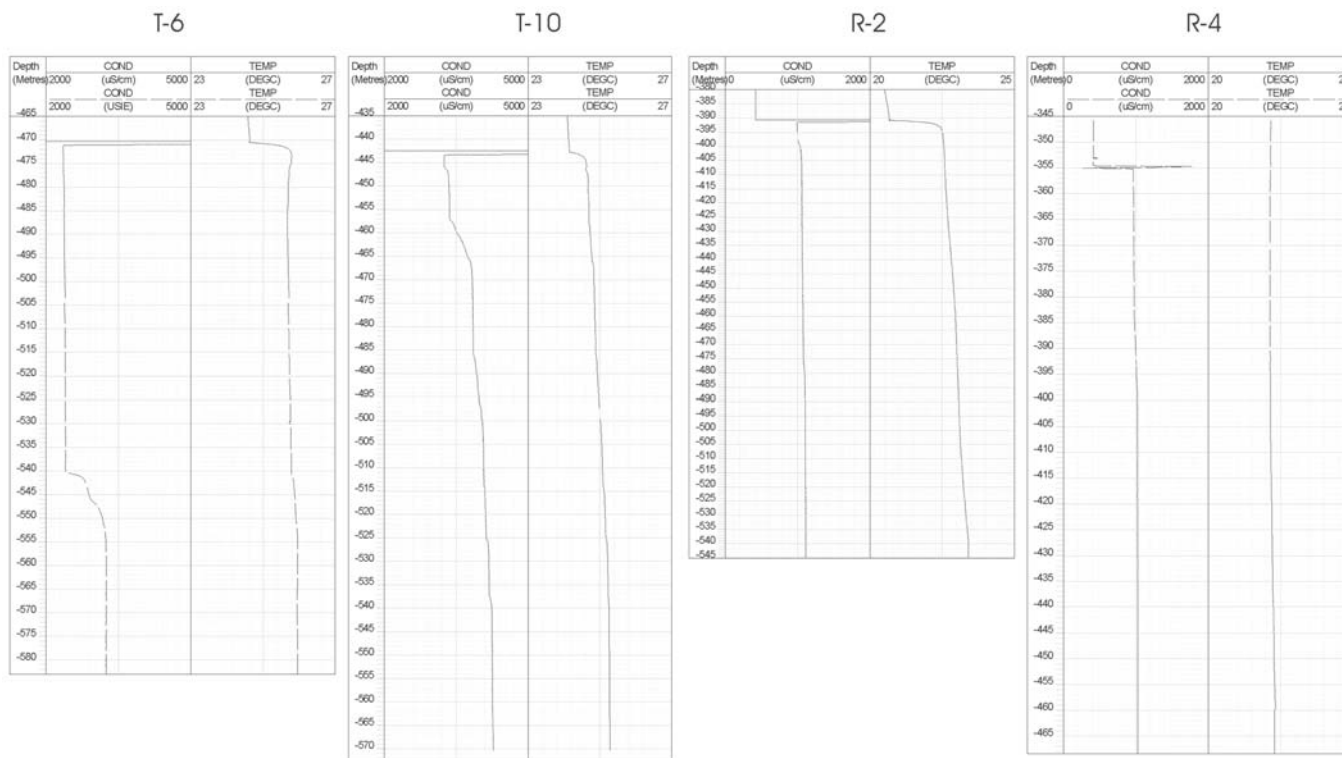


Fig. 3.- Conjunto de diagráfías pertenecientes a los sondeos T-6, T-10 (Tolomó); R-2, R-4 (Rollo) (noviembre de 2007).

Fig. 3.- Suite of well logs from T-6, T-10 (Tolomó); R-2 y R-4 (Rollo) (2007 November).

se compone de diversas sondas (resistividad normal, corta y larga, conductividad eléctrica, temperatura, flowmeter, etc.) un cabestrante con cable de alta resistencia y una longitud de 1500 m, así como un sistema de almacenamiento y tratamiento de los datos. Debido a los objetivos del presente trabajo tan sólo se realizaron los registros verticales de conductividad eléctrica (CE) y temperatura del agua (T) desde el nivel piezométrico hasta el final de los sondeos. Las características técnicas de las sondas de T y CE se muestran en la tabla I.

Resultados

El sector del Barranco del Tolomó es la parte del acuífero que más se ha visto afectada por los procesos de deterioro de la calidad a lo largo del tiempo, y en la que numerosas captaciones han tenido que abandonarse por dicha causa. En este sector se realizaron las testificaciones de los sondeos T-6 y T-10 (Fig. 1). En ambos registros se ha constatado un aumento de la CE con la profundidad; de igual forma la T ha experimentado ligeros aumentos (Fig. 3). En el T-6 se testificaron 110 m, en los que se pueden diferenciar tres partes bien definidas: los primeros 70 m, en los que el agua más superficial muestra un valor de 2354 mS/cm y aumenta muy lentamente hasta alcanzar 2710 mS/cm;

un tramo comprendido entre 540 y 550 m en los que se produce el aumento más acentuado de la CE con un gradiente medio próximo a 50 mS/cm/m, y que la sitúa en 3187 mS/cm; y finalmente, los últimos 30 m en los que la mineralización del agua permanece casi constante, finalizando con 3244 mS/cm. En cuanto a la T, cabe destacar que apenas sufre variación alguna, si bien en detalle es posible identificar que, tras los primeros metros influenciados por la temperatura del aire en el sondeo, el agua de la zona saturada experimenta un ligerísimo descenso de 0,1°C, para posteriormente ir ascendiendo hasta alcanzar un valor de 26°C al final del registro. Por su parte, en el sondeo T-10 se testificaron 128 m, y es posible destacar un tramo superficial de 14 m en el que se produce un suave aumento de CE, de forma que pasa de 3250 mS/cm en el entorno del nivel piezométrico a 3427 mS/cm; a continuación, le siguen 10 m en los que se produce un aumento de la CE

hasta 3815 mS/cm, lo que supone que existe un gradiente próximo de 45 mS/cm por metro descendido; le siguen 18 m en los que la CE permanece constante, para luego seguir con un ligero aumento hasta alcanzar un valor final en el fondo del sondeo de 4275 mS/cm. La T del agua presenta el mismo comportamiento en el entorno del nivel piezométrico que en T-6, para situarse en un valor de 24,6 °C, y posteriormente adquirir una tendencia constante ascendente hasta alcanzar en la base del sondeo 25,3 °C.

En el interior de la galería se testificaron 40 m en una captación de un sondeo desinstalado (G-8). El análisis de la diagráfía permite diferenciar un primer tramo en donde evidencia un aumento de la mineralización durante los primeros 12 m hasta alcanzar un valor de CE de 2190 mS/cm (Fig.4). Tras 5 m en los que no existe variación de CE, existe una parte basal de sondeo en la que existe una ligera disminución, por lo que al final del re-

Tipo de sensor: PT100	Peso: 2.0 kg	Longitud: Ø: 38mm
Temperatura máx: 80 °C	Presión máx: 20 MPa	0.7 m
Rango temperatura: 0 - 80 °C	Resolución: 0.001 °C	Precisión: ±0.3°C
Rango conductividad: 50 - 64.000 µS/cm	Resolución: 0.05 µS/cm	Precisión: ± 2%

Tabla I.- Características técnicas de las sondas de conductividad y temperatura.

Table I.- Technical features of the electrical conductivity and temperature sensors.

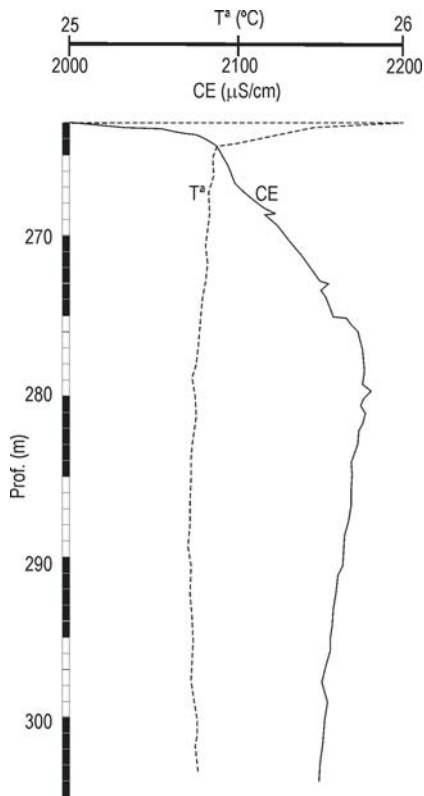


Fig. 4.- Diagrama del sondeo G-10 testificado en la Galería de los Suizos (septiembre de 2007).

Fig. 4.- Well log from G-10 made in the Galería de los Suizos (2007 September).

gistro el agua muestra 2150 mS/cm. En cuanto a la T, una vez superada la influencia de los primeros metros, tiende a permanecer prácticamente constante en torno a 25,4 °C.

Por último, en el sector de la Sierra del Rollo se testificaron dos sondeos, cuyos registros de CE muestran cierto parecido (Fig. 3). En el sondeo R-2 se testificaron 153,5 m de zona saturada; en los primeros 10 m se encuentran las aguas de menor CE con un valor de 992 mS/cm. Desde el m 400 al final del sondeo se produce un ligero aumento de la mineralización hasta alcanzar 1112 mS/cm, lo que supone un gradiente de 1 mS/cm/m. Por su parte, la T muestra un comportamiento creciente continuo desde el inicio del registro, una vez su-

perado los 3 ó 4 m más superficiales, hasta el fondo del sondeo, lo que provoca un incremento de 1 °C y se alcanza un valor de 23 °C. En el sondeo R-4 se testificaron 112,7 m. La CE se comporta de forma semejante al R2, si bien las variaciones de mineralización son prácticamente despreciables, ya que la CE en los primeros metros es de 965 mS/cm, y al final de sondeo se sitúa en 1026 mS/cm. De igual manera, la temperatura apenas sufre variación, ya que tan sólo se observa un aumento de 0,2 °C desde el nivel piezométrico hasta el fondo del sondeo.

Conclusión

A tenor de los resultados obtenidos de la testificación de CE y T del agua en varios sondeos de los principales sectores de explotación del acuífero carbonatado de Crevillente, se puede establecer que las aguas más mineralizadas que quedan en el acuífero se encuentran en la parte SE del mismo (sector del Tolomó). En general, las diagramas de los dos sondeos testificados (T-6 y T-8) muestran un aumento de salinidad con la profundidad, lo que podría explicarse por la presencia de materiales evaporíticos en la parte basal de este sector. La existencia de estos materiales salinos fue puesta de manifiesto en algunos sondeos próximos al borde SE del acuífero (Pulido-Bosch y Fernández Rubio, 1981). No obstante, el hecho que la mineralización del agua en la vertical sea diferente en cada sondeo, junto con que los tramos en los que tienen lugar los ascensos de CE estén a distinta cota, refleja la influencia de flujos en la zona saturada. Estos flujos son los responsables de modificar y perturbar una zonación por densidad de carácter estática en esta parte del acuífero. Ello explicaría que el aumento de la mineralización del agua haya sido, en general, progresiva en el tiempo, pero que, particularmente cada sondeo haya tenido su propio ritmo de salinización.

En cuanto a las otras partes del acuífero, se observa una menor influencia

de los materiales evaporíticos, ya que la mineralización del agua es menor y las variaciones de CE en la vertical son prácticamente despreciables, registrándose valores absolutos hasta de cuatro veces menores que en el sector del Tolomó. Esto puede ser debido a que las evaporitas no se encuentren en las proximidades de estos sectores de captación, o que todavía se esté extrayendo agua de una parte de la zona saturada alejada del sustrato evaporítico.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto de investigación GV07/143 de la Generalitat Valenciana, y realizado dentro del marco del proyecto IGCP-513 de la UNESCO. Agradecemos al personal de la SAT 3569 de Albufera por cedernos la diagrama del G-8 y al de la SAT 3412 de Aspe por permitirnos y ayudarnos a realizar las testificaciones en sus instalaciones.

Referencias

- Andreu, J.M. (1997), *Contribución de la sobreexplotación al conocimiento de los acuíferos kársticos de Crevillente, Cid y Cabeçó d'Or (provincia de Alicante)*, Tesis Doctoral, Univ. de Alicante, 475 p.
- Andreu, J.M, Pulido-Bosch, A. y Estévez, A. (2002), *Geogaceta*, 31, 59-62.
- Corchón, F, Rodríguez-Estrella, T. y Sánchez-Almohalla, E. (1989), En: *La Sobreexplotación de Acuíferos* (A. Pulido, A. Castillo y A. Padilla, Eds.). *Temas Geológico-Mineros*, 10, 471-483.
- Murcia, A. y Mira, F. (1981), En: *4ª Conferencia Nacional de Hidrología General y Aplicada*. Comunicaciones, 79-109.
- Pulido-Bosch A. y Fernández-Rubio, R. (1981), En: *4ª Conferencia Nacional de Hidrología General y Aplicada*. Comunicaciones, 143-153.
- Pulido-Bosch, A., Morell, I. y Andreu, J.M. (1995), *Environmental Geology*, 26, 232-239.