

Magnitud y rango de transmisividades en las unidades acuíferas carbonatadas UH7 y UH2 del Sistema Mancha Oriental (SMO). SE Español.

Magnitude and range of transmissivities in the aquifer units UH7 y UH2 of the Mancha Oriental System (MOS), SE Spain.

D. Sanz ⁽¹⁾, S. Castaño ⁽¹⁾, J.J. Gómez-Alday ⁽¹⁾ y P.E. Martínez-Alfaro ⁽²⁾

⁽¹⁾Grupo de Teledetección y SIG. Instituto de Desarrollo Regional (IDR). Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM). Campus Universitario, s/n. 02071. Albacete. david.sanz@uclm.es

⁽²⁾Departamento de Geodinámica. Universidad Complutense de Madrid. Ciudad Universitaria. 28040 Madrid. pema@geo.ucm.es

ABSTRACT

The hydrogeologic units UH7 (mid-Jurassic) and UH2 (mid-Miocene) mainly support the whole of the groundwater abstractions in the Mancha Oriental System (SMO). In both units, the empirical relationship among transmissivity and specific yield data has been determined on a prediction interval equal to 90%. Once the values of transmissivity have been estimated from the linear relationship between log-T and log-q, it has been determined the most representative interval of transmissivity values. In this sense, the highest transmissivity values belong to the UH7 and are found in the SE block of the «Multiple Fracturation Line (MFL)». On the other hand, the lowest ones are found in the carbonte deposits of the UH2.

Key words: *Transmissivity; Specific capacity, Mancha Oriental*

Geogaceta, 39 (2006), 119-122

ISSN: 0213683X

Introducción

El Sistema Mancha Oriental (SMO) es uno de los sistemas de acuíferos más extensos, complejos y explotados de España. La dependencia que muestra esta región manchega de sus recursos hídricos subterráneos justifica la elaboración de estudios regionales dirigidos a conocer de forma más precisa y económica las propiedades hidráulicas de las unidades acuíferas presentes.

La transmisividad (T) es uno de los principales parámetros a cuantificar en un acuífero ya que permite estimar la evolución de los niveles del agua subterránea en el entorno de una captación, el caudal de agua subterránea en una sección del acuífero, los tiempos de transportes de contaminantes, el grado de heterogeneidad del acuífero y la parametrización numérica de los modelos de flujo subterráneo (Mace, 2000). Generalmente, la estimación de este parámetro requiere rigurosos, largos y caros ensayos de bombeo. Sin embargo, para realizar estimaciones menos costosas, se puede calcular la T a partir de los valores de las medidas de caudal de agua bombeado por unidad de descenso o caudal específico (q)

(Hamm *et al.*, 2005). Este parámetro hidráulico es más abundante y sencillo de obtener que la T puesto que no requiere ensayos de bombeo.

En el SMO se han llevado a cabo diferentes estudios que determinan la T a partir de ensayos de bombeo (IGME, 1979, 1988, entre otros). Sin embargo, el análisis pormenorizado de estos trabajos sugiere que la T calculada se encuentra poco acotada y mal distribuida en el espacio. Este hecho, se debe al número limitado de ensayos de bombeo efectuados en cada unidad acuífera y a los marcados cambios en las propiedades hidráulicas del medio hidrogeológico.

Aunque, como se describe más adelante, existen tres importantes unidades hidrogeológicas (UH) acuíferas en el SMO, este trabajo se centra en las unidades UH7 y UH2. Ello se debe a la escasez de datos de T y q que se han podido recoger pertenecientes a la unidad UH3. Las ecuaciones que definen las rectas de regresión de los pares T-q considerados permiten calcular la T en otras zonas del sistema conociendo únicamente el valor de q. El análisis estadístico de los valores de T estimados por este método empírico se han empleado para conocer con mayor

precisión la magnitud y rango de valores representativo de T en cada unidad acuífera estudiada.

Litología, geometría y estructura de las unidades hidrogeológicas

El SMO pertenece en su totalidad a la cuenca del río Júcar y, tomando como referencia los límites propuestos por Sanz (2005), presenta una extensión de 7.260 Km². El sistema está formado por tres extensas y potentes (UH) acuíferas (UH7, Jurásico medio; UH3, Cretácico superior; UH2, Mioceno medio), de naturaleza carbonatada, separadas por acuitardos y acuífugos (Sanz, 2005). El impermeable de base, y límite SO de la zona de estudio, está constituido por margas, arcillas y yesos del Jurásico inferior pertenecientes a la UH8 (Fig. 1).

La UH7, presente en todo el SMO, está compuesta por un conjunto carbonatado incluido dentro de la Fm. Colleras y la Fm. Chorro (IGME, 1979). Litológicamente, está constituida por dolomías y calizas fracturadas y karstificadas. Según Sanz (2005), el espesor de estos materiales aumenta hacia la zona oriental del sistema hidrogeológico. Las potencias en el límite

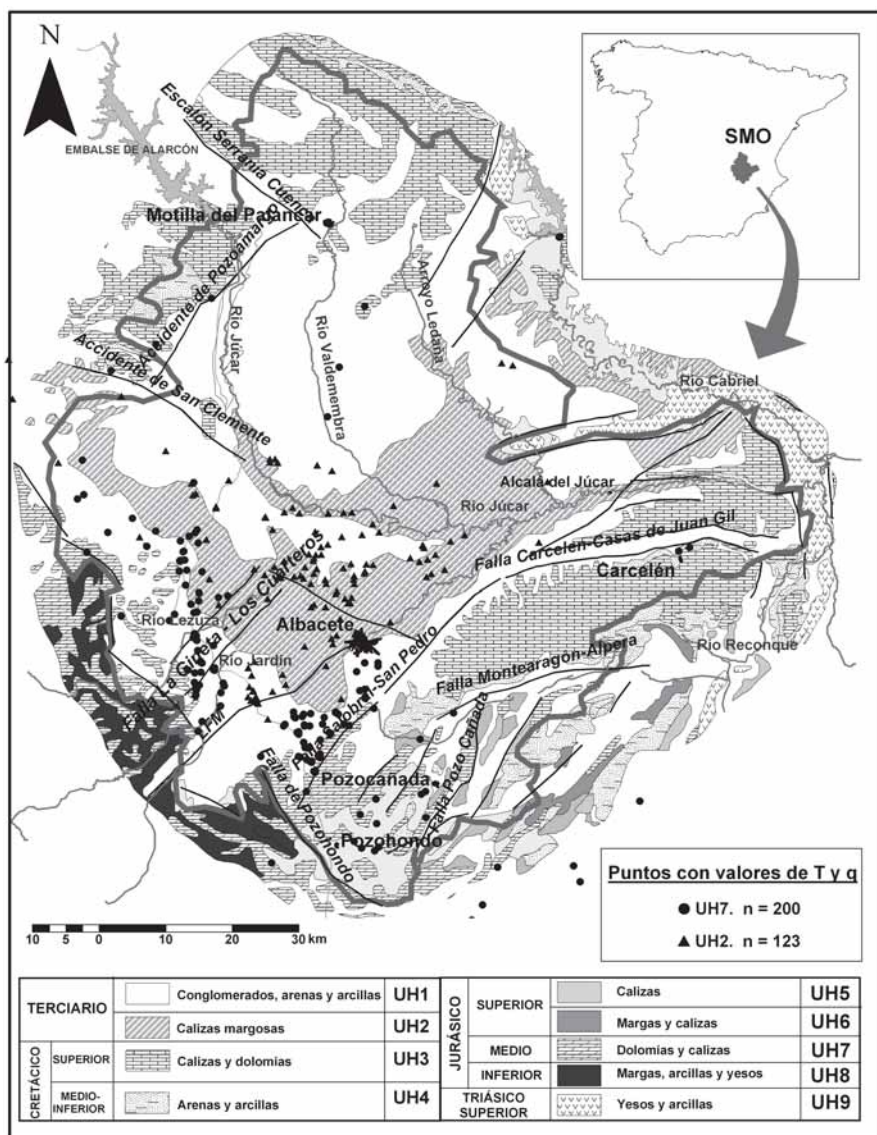


Fig. 1.- Mapa geológico simplificado del Sistema Mancha Oriental y situación de los puntos con valores de T y q. LFM: Línea de Fracturación Múltiple.

Fig. 1.- Simplified geological map of the Mancha Oriental System and sample-point situation with T and q values. MFL: Multiple Fracturation Line.

occidental son inferiores a 100 m mientras en el sector central del área de estudio superan 500 m. Esta unidad se encuentra afectada por un accidente tectónico de dirección NE-SO, que hace que los materiales de la UH7 estén afectados por procesos de fracturación y karstificación de diferente intensidad a un lado y otro de la fractura. Dicho accidente, se puede trazar desde la Sierra de Alcaraz hasta los afloramientos diapíricos de Casas Ibáñez, y se conoce con la denominación de Línea de Fracturación Múltiple (LFM) reconocida en los estudios regionales (IGME, 1979) (Fig. 1).

La UH3, que ocupa la mitad del sector nororiental del SMO, está constituida por carbonatos (calizas y dolomías) fracturados y karstificados de la Fm.

Benejama (IGME, 1979). Esta unidad, con morfología de cuña, alcanza una potencia máxima de 200 m en el sector septentrional y disminuye su espesor hacia la mitad suroccidental del sistema (proximidades del río Júcar).

La UH2 comprende la unidad tectosedimentaria definida como UTS-2 por Santos (1984). Está unidad, ocupa el sector central del sistema y presenta una morfología lenticular. Se compone de una secuencia alternante de calizas y margas que alcanza su mayor espesor (150 m) en las proximidades de la localidad de Alcalá del Júcar. Estos depósitos disminuyen su potencia de forma cuasiconcéntrica hacia los bordes del SMO.

Las unidades UH7 y UH3 se introducen suavemente bajo la llanura de

Albacete-Cuenca gracias a la existencia de fracturas con desplazamiento vertical. Sobre estas unidades mesozoicas se disponen discordantemente las unidades cenozoicas (UH1, UH2), que no están afectadas por procesos de fracturación intensos. Sin embargo, se aprecian los efectos de la alteración meteórica que dan lugar al desarrollo de diversos tipos de formas kársticas.

Metodología

Durante la etapa de inventario de puntos de agua se identificaron 2.480 puntos (sondeos y pozos) en el SMO. En cada punto se examinaron sus características constructivas y se comprobó la ubicación de las zonas de admisión de agua en la posición de la columna litológica. De esta manera, se seleccionaron 323 puntos del inventario pertenecientes a las unidades UH7 y UH2. De ellos sólo 77 puntos poseían pares de datos de T y q (Fig. 1). En la UH7 se recogieron 64 valores de T y 200 de q, y en la UH2 se recopilaban 13 valores de T y 123 de q. Destacar que para la estimación de la T por este método no se requiere corregir las pérdidas de carga que pudieron sufrir las captaciones durante la determinación de los valores de q (Mace, 2000).

Para estimar la T a partir de los valores de q para cada unidad acuífera se efectuó una regresión simple de los pares de datos de log-T y log-q pertenecientes al mismo pozo o sondeo. La ecuación de la recta de regresión que mejor se ajusta a la nube de puntos sirve para predecir la T de forma empírica a partir de datos de q (ver Mace, 2000; Hamm *et al.*, 2005) (Fig. 2). Los datos de T estimados se analizaron estadísticamente para conocer la magnitud y el intervalo de valores representativo o «fondo hidrogeológico» de la T en cada unidad acuífera considerada (Krásný, 2003) (Fig. 3).

Relaciones entre T y q. Magnitud y variabilidad de la transmisividad

El análisis estadístico de los pares de datos hidrodinámicos T-q muestra que, a un nivel de significación del 90%, existe una relación positiva entre los valores de log-T y log-q de la unidad UH7, a uno y otro lado de la LFM, y de la UH2 (Fig. 2). Para la UH7, al SE de la LFM, la ecuación de la línea de regresión es $T = 1,81q^{0,95}$ que corresponde con un coeficiente de determinación (R^2) de 0,88 (Fig. 2A). La ecuación que mejor se ajusta a la nube de puntos para la misma unidad al NO de la LFM es $T = 3,8q^{0,81}$ ($R^2 = 0,76$)

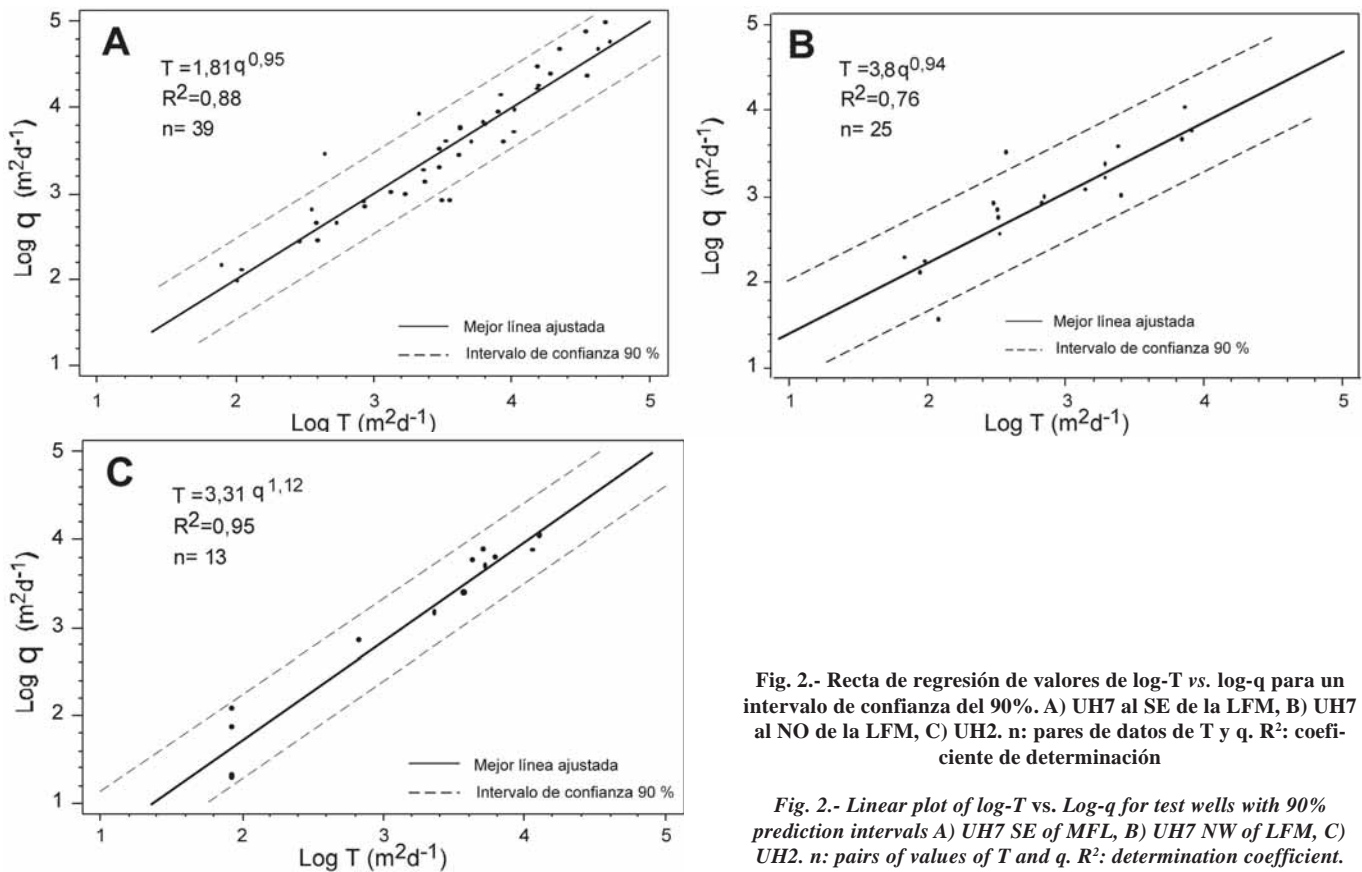


Fig. 2.- Recta de regresión de valores de log-T vs. log-q para un intervalo de confianza del 90%. A) UH7 al SE de la LFM, B) UH7 al NO de la LFM, C) UH2. n: pares de datos de T y q. R²: coeficiente de determinación

Fig. 2.- Linear plot of log-T vs. Log-q for test wells with 90% prediction intervals A) UH7 SE of MFL, B) UH7 NW of LFM, C) UH2. n: pairs of values of T and q. R²: determination coefficient.

(Fig. 2B). Por último, en la UH2 la ecuación que define la relación log-T - log-q es $T = 3,31q^{1,12}$ ($R^2 = 0,95$) (Fig. 2C).

El alto valor del índice R² indica que se pueden obtener valores de T a partir de datos de q ya que muestran una evolución paralela. Efectivamente, para el caso de las UH estudiadas, la variabilidad del parámetro q se explica por la magnitud de T en el 76%-95% de los puntos analizados. Este tipo de relación es frecuente en acuíferos carbonatados aunque las ecuaciones de las rectas de regresión son diferentes según el contexto hidrogeológico presente (ver p.e. Mace, 1997; Mace, 2000; Hamm *et al.*, 2005).

El análisis estadístico de los valores de T estimados a partir de las relaciones empíricas entre log-T y log-q indica que las unidades acuíferas presentan diferente capacidad para conducir el agua subterránea. En efecto, cada UH está definida por una distribución estadística de la T que permite definir una magnitud y un *fondo hidrogeológico* (Fig. 3). Se entiende por *fondo hidrogeológico* al intervalo ($X \pm s$) donde se encuentran el 68 % de los valores de log-T de toda la muestra estadística. Fuera de este intervalo se representan las anomalías positivas y negativas de los valores de T (ver Krásný, 2003). En este sentido, los valores representativos de T para la unidad jurásica

UH7, al SE de la LFM, muestran un fondo hidrogeológico que oscila entre 2.000 y 30.000 m²/día ($T_{media} = 10.000$ m²/día) (Fig. 3). Las anomalías positivas se incluyen en un amplio rango de valores que varían entre 30.000 y 100.000 m²/día; por su parte, las anomalías negativas oscilan entre 200 y 2.000 m²/día (Fig. 3). Sin embargo, la misma unidad al NO de la LFM presenta un fondo hidrogeológico menor que oscila entre 500 y 7.000 m²/día ($T_{media} = 2.000$ m²/día) (Fig. 3). En este caso, las anomalías positivas varían entre 6.000 y 30.000 m²/día, mientras que las anomalías negativas fluctúan entre 10 y 200 m²/día.

El rango de valores de T correspondiente al fondo hidrogeológico determinado en la UH2 es menor que el establecido para la UH7 (Fig. 3). En esta unidad miocena, los valores representativos de T fluctúan entre 200 y 6.000 m²/día ($T_{media} = 1.000$ m²/día); las anomalías positivas varían entre 7.000 y 20.000 m²/día y las anomalías negativas oscilan entre 30 y 500 m²/día.

Como se deduce a partir de estos resultados, los valores más altos de T se encuentran en la UH7 al SE de la LFM que en conjunto exhiben un fondo hidrogeológico mayor. Los valores de T que presenta la UH7 al NO de la LFM son ligeramente superiores a los valores de la

UH2 (Fig. 3). La diferente magnitud y fondo hidrogeológico que presentan las UH se pueden explicar si las características hidrodinámicas reflejan diferencias en los procesos de alteración postdeposicional y en la geometría y estructura de los depósitos carbonatados.

En efecto, las calizas y dolomías de la UH7 presentan procesos de fracturación y karstificación más desarrollados que la UH2, que se depositó una vez concluida la etapa de mayor deformación alpina (IGME, 1979). Por otro lado, el diferente comportamiento hidrodinámico que se detecta en la UH7, según su posición respecto a la LFM, se puede relacionar con la evolución tectónica de esta fractura. Estructuralmente, el bloque SE pudo tener durante un lapso temporal no determinado una posición relativa levantada respecto al bloque NO de la LFM. Esta situación favoreció la exposición subaérea y la karstificación intensa de los carbonatos jurásicos al SE de la línea de fracturación. De este modo, la LFM se puede considerar como un límite paleogeográfico que condicionó las propiedades hidrodinámicas de los carbonatos marinos jurásicos a ambos lados de la discontinuidad tectónica. De hecho, a escala regional, la traza cartográfica de la LFM permite definir dos dominios hidrogeológicos en el SMO, Dominio

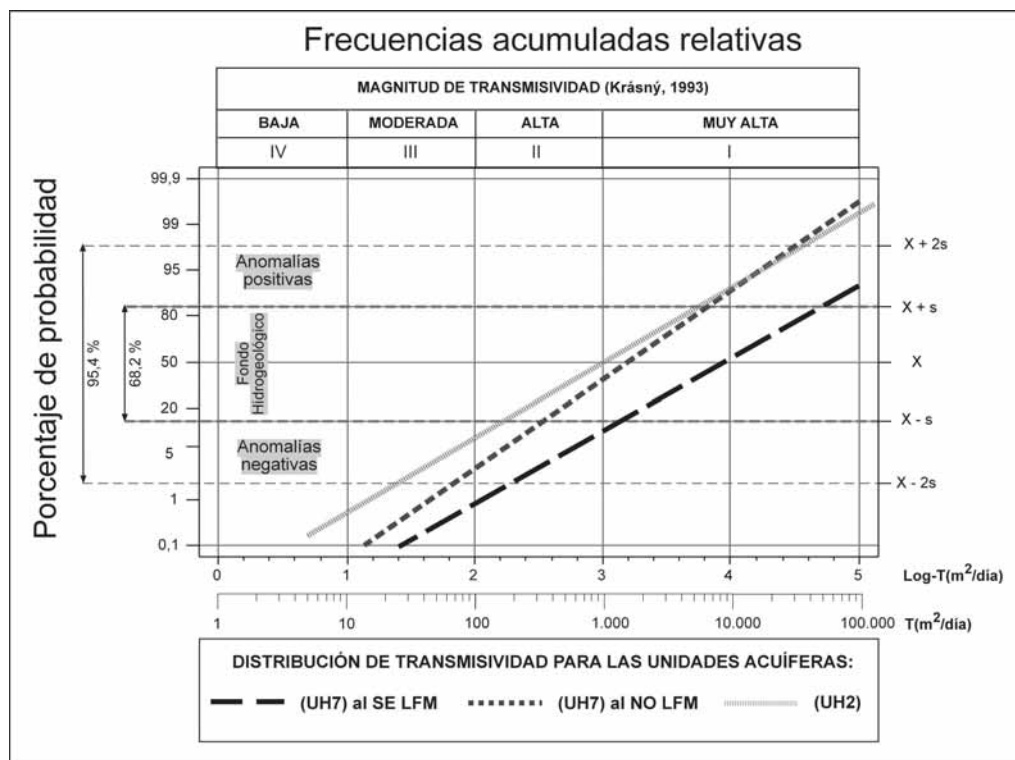


Fig. 3.- Frecuencias acumuladas relativas de los valores de T de las unidades hidrogeológicas acuíferas jurásicas UH7, al SE de la LFM, UH7 al NW de la LFM y la unidad terciaria UH2. Variabilidad de la T según Krásný (1993). X: media aritmética. s: desviación típica.

Fig. 3.- Relative cumulated frequencies of T values of the jurassic hydrogeologic aquifer units UH7, SE MFL, UH7, NW MFL and the tertiary unit UH2. T variability after Krásný (1993). X: arithmetic mean. s: standard deviation.

Central y Dominio Meridional (Sanz, 2005; Sanz *et al.*, 2005) que presentan características estructurales y evoluciones piezométricas diferentes.

Conclusiones

En el SMO se identifican dos extensas y potentes unidades acuíferas de gran interés económico que presentan diferente comportamiento hidrodinámico. Para cada una de las unidades acuíferas evaluadas se ha determinado estadísticamente que existe una relación lineal positiva entre los pares de valores de log-T y log-q que permite estimar la T empíricamente.

A partir de los valores de T estimados se deduce que la unidad hidrogeológica que tiene mayor capacidad para transmitir el agua subterránea es la unidad UH7 y, en concreto, los carbonatos jurásicos fracturados y karstificados presentes al SE de la LFM. Estos carbonatos pueden presentar transmisividades próximas a 30.000 m²/día. La UH2 conforma un medio diferente con un fondo hidrológico menor que oscila entre 200 y 6.000 m²/día. Probablemente, la geometría y estructura geológica del sistema, y los procesos de alteración

postdeposicional sufridos por las UH condicionen las relaciones empíricas entre T y q, y la magnitud y variabilidad de la T en cada unidad estudiada.

A juzgar por los resultados extraídos, la LFM puede constituir un límite paleogeográfico que determina la distribución regional de la transmisividad a un lado y otro de esta discontinuidad tectónica.

Agradecimientos

Este trabajo forma parte de la Tesis Doctoral de David Sanz y se ha financiado parcialmente por el proyecto de investigación PBI05-012 de la Consejería de Educación y Ciencia de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha (JCCM).

Referencias

Hamm, S.Y., Cheong, J.Y., Jang, S., Jung, C.Y. y Kim, B.S. (2005). *Journal of Hydrology*, 310, 111-121.
IGME (1979). *Investigación hidrogeológica de la cuenca alta de los ríos Júcar y Segura*. Instituto Geológico y Minero de España. Informe no publicado.

IGME (1988). *Estudio de la explotación de aguas subterráneas en el acuífero de la Mancha Oriental y su influencia sobre los caudales del río Júcar*. Instituto Geológico y Minero de España. Informe no publicado.

Krásný, J. (2003). *Boletín Geológico y Minero*, 114, 171-182.

Krásný, J. (1993). *Ground Water*, 31, 230-236.

Mace, R.E. (2000). *Estimating Transmissivity Using Specific-Capacity Data*. Bureau of economic geology. The University of Texas at Austin, Annual Report, Geological circular, 96 p.

Mace, R.E. (1997). *Ground Water*, 35, 738-742.

Razack, M. y Huntley, D. (1991). *Ground Water*, 29, 856-861.

Santos, J.A. (1984). *Boletín Geológico y Minero*, 95, 429-439.

Sanz, D. (2005). *Contribución a la caracterización geométrica de las unidades hidrogeológicas que integran el sistema de acuíferos de la Mancha oriental*. Tesis Doctoral, Univ. Complutense de Madrid, 224 p.

Sanz, D., Martínez-Alfaro, P.E., Castaño, S. y Gómez-Alday, J.J. (2005). *Geogaceta*, 38, 251-254.