

# Aportación al conocimiento del comportamiento hidrogeológico del límite Terciario-Cuaternario en el entorno del Parque Nacional de las Tablas de Daimiel

*Contribution to the knowledge of the hydrogeological behavior of Tertiary-Quaternary boundary in the vicinity of Las Tablas de Daimiel National Park*

Silvino Castaño Castaño<sup>1</sup>, Rosa Mediavilla López<sup>1</sup>, Juan Ignacio Santisteban<sup>2</sup>, Almudena de la Losa Román<sup>1</sup> y Pedro Martínez Santos<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Geológico y Minero de España, IGME. Ríos Rosas, 23. 28003-Madrid, España.

r.mediavilla@igme.es, s.castano@igme.es, a.delalosa@igme.es

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense. José Antonio Nováis, 2. 28040-Madrid, España.

juancho@geo.ucm.es, pemartin@geo.ucm.es

## ABSTRACT

The appearance of flooded areas near the Ojos del Guadiana and surface runoff in relation to groundwater springs in the Guadiana course in 2012 suggested the recovery of the Mancha occidental aquifer in the vicinity of the Las Tablas de Daimiel National Park. In December 2012, several continuous cores were drilled in the southern margin of the Park and near Calatrava la Vieja, and a hydrogeological campaign was performed, revealing a wide variety of lithologies and the actual disconnection between groundwater related to the Quaternary and Neogene levels, showing that the aquifer system recovery had not occurred.

**Key-words:** Quaternary, hydrogeology, wetland recharge, Tablas de Daimiel.

## RESUMEN

La aparición, en 2012, de zonas encharcadas, en las proximidades de los Ojos del Guadiana, y de escorrentía superficial de origen subterráneo, en el cauce del Guadiana, ha hecho suponer una posible recuperación del acuífero de la Mancha occidental en las proximidades del Parque Nacional de Las Tablas de Daimiel. Sin embargo, la realización, en diciembre de 2012, de una campaña hidrogeológica y de sondeos con recuperación continua en el borde meridional del Parque y en Calatrava la Vieja, revelan, además de una gran variabilidad litológica, la desconexión hidrogeológica de los niveles cuaternarios y neógenos, poniendo de manifiesto que la recuperación del sistema acuífero no se había producido.

**Palabras clave:** Cuaternario, hidrogeología, humedal, recarga, Tablas de Daimiel.

Geogaceta, 54 (2013), 111-114.  
ISSN (versión impresa): 0213-683X  
ISSN (Internet): 2173-6545

Fecha de recepción: 31 de enero de 2013  
Fecha de revisión: 25 de abril de 2013  
Fecha de aceptación: 24 de mayo de 2013

## Introducción

La importancia de las aguas subterráneas en el mantenimiento del equilibrio natural es reconocida desde antiguo en Las Tablas de Daimiel (Fig. 1). Sin embargo, no hay un conocimiento profundo sobre sus características (piezometría, hidroquímica, flujo, etc.) ni de su soporte físico, esenciales para comprender su funcionamiento, por lo que sólo se ha considerado la zona como lugar de confluencia de las descargas subterráneas del gran sistema acuífero de la Mancha occidental. Según el modelo conceptual de funcionamiento de este, válido para estudios a escala de todo el acuífero (Martínez-Cortina, 2003; Martínez-Santos, 2007), en la parte más occidental del sis-

tema hay dos niveles acuíferos: el inferior, compuesto por conglomerados y arenas del Mioceno y el superior, formado por las calizas y margocalizas del Plioceno y depósitos cuaternarios superficiales, separados casi totalmente por un tramo arcilloso-margoso que actúa como acuitardo (EPTISA, 1986).

Sin embargo, a escala de Las Tablas de Daimiel, García-Rodríguez (1996) y Aguilera *et al.* (2013) ponen de manifiesto que la geología local controla el funcionamiento de las aguas subterráneas y que el sistema se comporta como un acuífero multicapa, aunque los resultados quedan condicionados por el escaso conocimiento de la geología de detalle de la zona y, en concreto, de los contactos entre las formaciones terciarias y cuaternarias.

Desde la época del primer secado total de Las Tablas (en la década de 1980) han tenido lugar dos períodos húmedos que originaron inundaciones en el Parque Nacional. El primero, muy irregular (otoño de 1995 a 2004), supuso una recuperación parcial del sistema acuífero de la Mancha occidental, con niveles de agua subterránea más altos que en los años precedentes (Castaño *et al.*, 2012b). El siguiente período húmedo (otoño de 2009 hasta la actualidad) ha provocado también la subida de los niveles del agua tras un descenso acontecido entre 2004 y 2009.

Durante este último período húmedo aparecieron, a finales de diciembre de 2011, encharcamientos de agua subterránea en zonas deprimidas del cauce del río

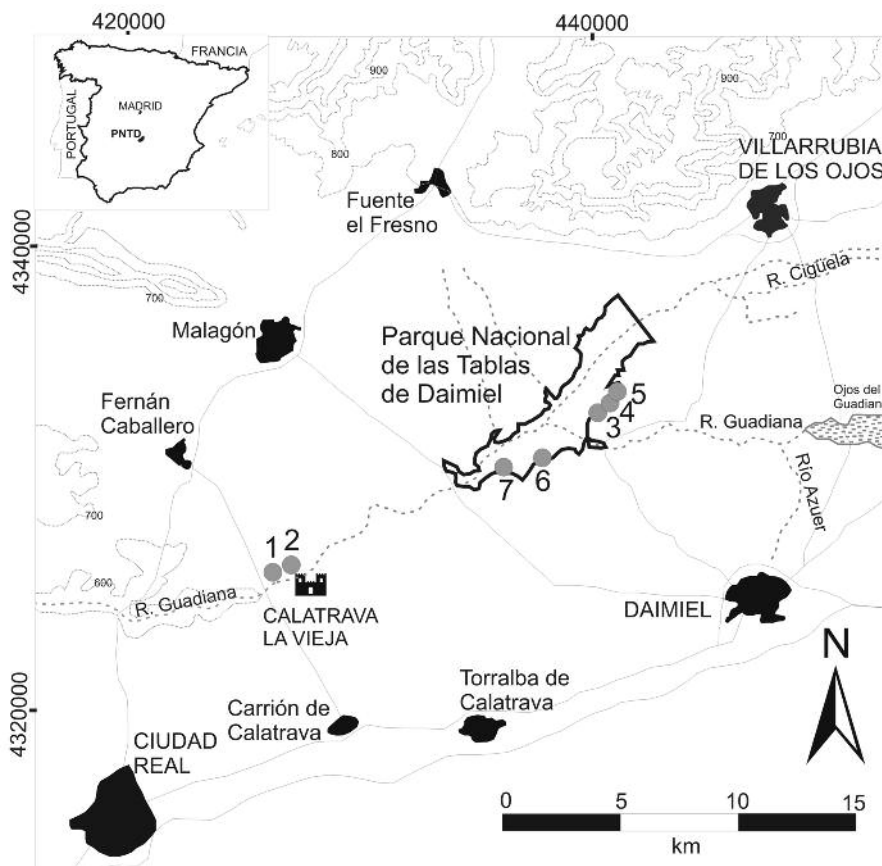


Fig. 1.- Situación del Parque Nacional de Las Tablas de Daimiel y de los sondeos de reconocimiento geológico realizados en diciembre de 2012.

Fig. 1.- Location of Las Tablas de Daimiel National Park and geological reconnaissance surveys conducted in December 2012.

Guadiana (no muy lejos de los antiguos "ojos") que desaparecieron durante el verano de 2012. A finales de octubre y principios de noviembre de 2012 aparecieron surgencias de agua subterránea en el cauce del Guadiana (fotografía y situación en la Fig. 2) dando lugar a escorrentía superficial que llegó al Parque Nacional. El origen de esa escorrentía ha migrado aguas arriba, al menos hasta diciembre de 2012. A finales de ese mes, volvieron a aparecer de nuevo encharcamientos en los mismos puntos que en el año hidrológico anterior.

Estos últimos acontecimientos, junto con un ascenso casi continuo de los niveles de agua subterránea en el entorno del Guadiana, han provocado esperanzas y debates sobre la recuperación del acuífero de La Mancha occidental, lo que puede tener consecuencias considerables en su gestión ya que tiene declaración de sobreexplotación definitiva (acuerdos de la Confederación Hidrográfica del Guadiana de 15 de diciembre de 1994 y de 25 de septiembre de 2008).

El presente trabajo tiene por objeto aportar información geológica e hidrogeológica que muestra la situación del agua subterránea en el entorno del Las Tablas de Daimiel en diciembre de 2012, y que no apoya la recuperación definitiva del acuífero.

### Las aguas subterráneas en el entorno del Parque Nacional (dic. 2012)

Durante diciembre de 2012 se realizó una campaña de toma de medidas de nivel piezométrico, cuyos resultados se han comparado con los de una campaña realizada en octubre de 2012 (fin de la época de riegos intensivos estacionales) mediante el cálculo de ascensos piezométricos (Fig. 2). Se aprecia un ascenso de niveles, mayor al este del Parque (P-13, P-07 y P-11) y, sobre todo, en las proximidades de las salidas de agua subterránea al cauce del Guadiana. Sin embargo, también se observan zonas donde se registraron descensos, como en el

piezómetro más oriental (P-06) que es el más representativo de los flujos de largo recorrido, y en el situado en el borde nor-oriental del Parque Nacional (P-14). Estos últimos mostrarían flujos de agua subterránea desde zonas del entorno del Parque Nacional hacia el este y sureste, contrarios al flujo natural del sistema (Martínez-Cortina, 2003).

Por otro lado, los piezómetros situados junto a la presa de Puente Navarro (P-05 y P-09) tienen profundidades muy distintas (14 y 84 m respectivamente) y representarían potenciales hidráulicos de diferentes formaciones geológicas. A principios de la década de 1980, P-09 era surgente, al contrario que P-05. Posteriormente P-09 ha tenido siempre un nivel inferior a P-05, por lo que el flujo pasó de tener un sentido ascendente (descarga al humedal) a sentido descendente (recarga desde el humedal). Además, la evolución de P-05 ha sido similar a la de la cota del agua en la presa. El sistema presa-piezómetros ha mostrado el funcionamiento del sector como un acuífero multicapa (García-Rodríguez, 1996; Aguilera *et al.*, 2013) recargado desde el humedal. En diciembre de 2012, el nivel de P-05 aún era más alto que el de P-09, aunque la diferencia entre ambos era de apenas 0.50 m, mientras que en octubre de ese año la diferencia superaba 1 m. Así pues, en este sector de Las Tablas el acuífero no ha alcanzado aún la situación inicial, aunque la recuperación de las formaciones profundas (ligadas al acuífero regional) está siendo considerable.

En esa misma campaña de toma de datos, también se hicieron medidas de la conductividad eléctrica de campo (C.E.) con un conductímetro HANNA HI9033. Los valores aparecen en la figura 2.

Casi todos los datos de aguas subterráneas muestran valores más bajos o se encuentran en el rango más bajo de los encontrados en los muestreos llevados a cabo entre 2003 y 2010 (Aguilera *et al.*, 2013). El patrón de distribución es, sin embargo, el mismo que en ese período, con los valores menores situados al sur y sureste del Parque Nacional, y los mayores en el sector septentrional de la margen derecha, mostrando estos últimos muy poca variación con respecto a los valores obtenidos en muestreos previos. Ello parece indicar que toda la zona meridional del entorno de Las Tablas ha recibido un aporte de agua de menor C.E. que ha reemplazado o diluido el

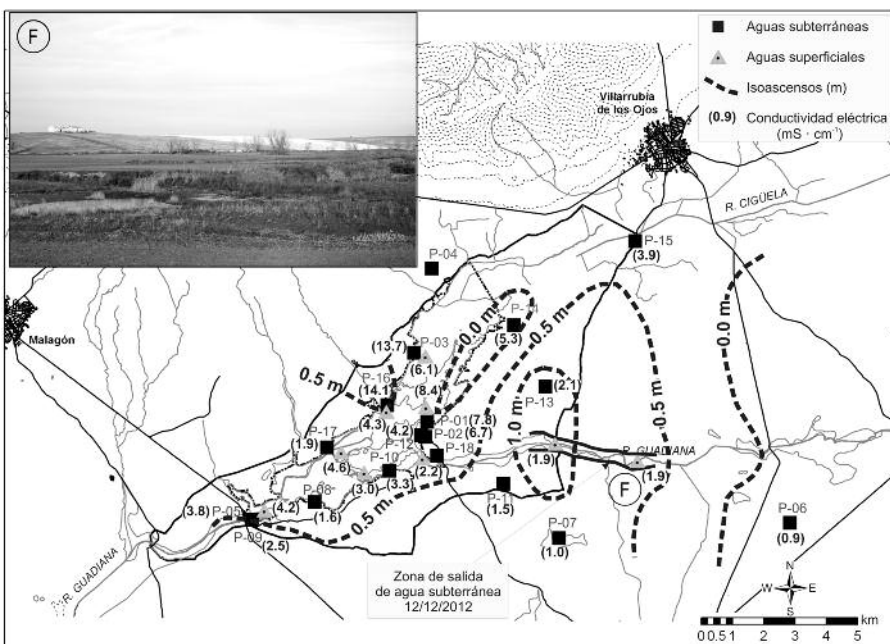


Fig. 2.- Zona de aparición de aguas subterráneas el 12 de diciembre de 2012 en el valle del Guadiana aguas arriba del Molino Nuevo y situación de los puntos de control del medio hídrico. Se han representado los isoascensos del período octubre-diciembre de 2012 y valores de conductividad eléctrica de campo en diciembre de 2012.

Fig. 2.- Groundwater appearance on December 12, 2012 in the Guadiana valley upstream of Molino Nuevo and location of water control points. Equal groundwater level raising contour map of October 2012 to December 2012 period and field electric conductivity on December 2012 are shown.

agua que se encontraba en la zona, mientras que en el norte ese proceso apenas es destacable.

El motivo de esa disminución, al menos en el sector inmediato a la zona inundable, parece ser el aporte de agua de baja salinidad por la avenida de 2010 y, sobre todo, la llegada de agua desde el río Azuer (también de menor salinidad) en varias ocasiones entre 2010 y 2013.

Esta influencia de aportes externos es más evidente en la C.E. de las aguas superficiales, que presentan valores relativamente homogéneos ( $4 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) en gran parte de las muestras de Las Tablas, lo que parece indicar una cierta mezcla de aguas más salinas del norte (más de  $6 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) con las entradas desde el río Guadiana ( $2 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ ), favorecida por la existencia de las presas de Puente Navarro y del Morenillo. Los valores de C.E. en algunos piezómetros son muy semejantes a los de las muestras de agua superficial más cercanas (P-05, P-10), lo que indicaría, al menos al sur del humedal, una influencia directa de las aguas superficiales en las subterráneas, representando sectores de recarga de los niveles acuíferos.

La zona de salida de agua subterránea en el valle del Guadiana (Fig. 2) debería tener valores de C.E. similares a los

piezómetros próximos. En los dos puntos medidos, los valores son semejantes ( $1.9 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ ). Sin embargo, esos valores son significativamente más elevados que los encontrados en piezómetros situados al sur y sureste de la zona de salida (P-06, P-07 y P-11), representativos del acuífero terciario regional (Aguilera *et al.*, 2013) y que estarían en una posición previa en el flujo del agua subterránea camino de su descarga. Esa diferencia de C.E. en un espacio relativamente reducido se podría explicar por a) el encuentro del agua subterránea con materiales más solubles hacia la zona de descarga, b) aportes puntuales al medio de aguas ligeramente más salinas, como podría ser el caso de recarga desde el río Azuer que afecte a la zona del cauce del Guadiana, y c) la relativa heterogeneidad del medio, de modo que el agua de los piezómetros y el de la descarga correspondan a materiales geológicos diferentes con distintos flujos.

Así pues, los datos piezométricos y de C.E. indican que en el acuífero está llevándose a cabo un proceso de recuperación, pero que no es total. Esto es más evidente en el propio humedal que sigue actuando como zona de recarga hacia los niveles acuíferos profundos.

## Sondeos de investigación geológica

En diciembre de 2012, se realizaron dos sondeos mecánicos con recuperación de testigo continuo en la margen derecha del río Guadiana, a la altura del castillo de Calatrava la Vieja, y cinco más en el Parque Nacional de Las Tablas de Daimiel (Fig. 1). Las columnas estratigráficas de los cinco sondeos más representativos, para los objetivos de este trabajo, se describen a continuación y se hace especial referencia al estado de saturación observado (de "visu") en los materiales que se describen (Fig. 3).

El sondeo 2, situado en el aluvial del Guadiana, está constituido por cuarcitas blancas, similares a las que afloran en superficie y que se atribuyen al Ordovícico (Portero *et al.*, 1988), y sedimentos siliciclásticos y carbonatados que hacemos equivalentes a los que Dorado-Valiño *et al.* (2002) datan como Cuaternario. Los sedimentos siliciclásticos cuaternarios son arcillas y limos ocres, en la base de la sucesión, y arcillas organógenas y turbas a techo. Estos materiales intercalan niveles de gravas y arenas oncolíticas.

El sondeo 7 muestra calizas micríticas karstificadas del Neógeno y sedimentos siliciclásticos cuaternarios. Los sedimentos siliciclásticos son arcillas y limos ocres que pasan a arenas y arcillas verdes a techo.

Los sondeos 3, 4 y 5 están formados por arenas muy bien seleccionadas que Portero *et al.* (1988) atribuyen al Cuaternario. En los tres sondeos las arenas reposan sobre arenas, limos y costras carbonatadas del Terciario.

De modo general, en esos sondeos la zona saturada no es continua en profundidad, sino que está situada entre dos niveles no saturados. El límite inferior de ese tramo saturado se ha encontrado coincidente con el de los materiales cuaternarios y terciarios en aquellos sondeos situados en el Parque Nacional, aunque las litologías no cambian bruscamente. En el sondeo 2, situado en el aluvial del Guadiana en las proximidades del castillo de Calatrava la Vieja, el tramo saturado se encuentra, en cambio, dentro de los propios materiales cuaternarios, estando su límite inferior unos 4 m por encima del contacto entre el cuaternario y su base paleozoica.

El espesor saturado oscila entre los 2 y los 6 m aproximadamente. Los menores espesores corresponden a los sondeos más septentrionales que, en la época de la per-



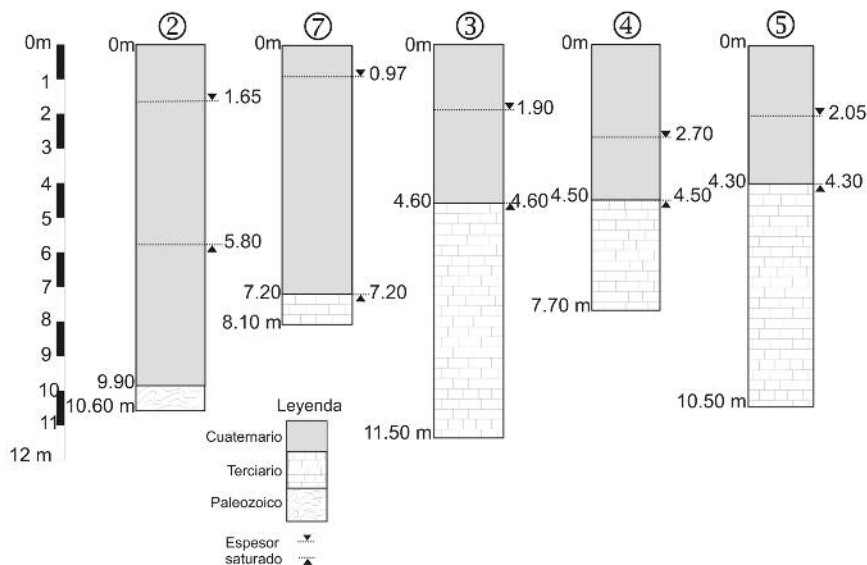


Fig. 3.- Columnas litológicas sintéticas con la posición de la zona saturada en el sondeo

Fig. 3.- Simplified lithological columns and length of the saturated zone in the survey.

foración, se sitúan en un sector en el que descienden los niveles del agua subterránea (entre los puntos P-01 y P-14; Fig. 2).

En conjunto, la situación encontrada parece corresponderse con un flujo en zona no saturada en la que los límites de materiales con propiedades hidráulicas muy diferentes actúan como barreras. Así, los materiales con baja permeabilidad en saturación acumularían agua que pasaría a formaciones más permeables de modo muy rápido, lo que ha parecido ocurrir en múltiples ocasiones en Las Tablas, en avenidas y trasvases (Aguilera *et al.*, 2013; Castaño *et al.*, 2012a). Por tanto, todos los sondeos muestran la existencia de un flujo vertical descendente desde los materiales más altos que, en el caso del Parque Nacional, recargan a los materiales terciarios.

## Conclusiones

La perforación de un conjunto de sondeos de investigación sedimentológica en la margen izquierda de la zona húmeda de Las Tablas de Daimiel y en las proximidades de Calatrava la Vieja, atravesando las formaciones cuaternarias, ha permitido comprobar la heterogeneidad de los materiales geológicos en la zona, tanto cuaternarios como terciarios.

Se ha observado, además, la existencia de tramos saturados situados entre otros no saturados en todas las columnas. El límite inferior de esos tramos se sitúa en el contacto Terciario-Cuaternario en el Parque Nacional, y dentro de los propios materiales

cuaternarios en la zona de Calatrava la Vieja. Esa situación se ha interpretado como un flujo vertical descendente en régimen general no saturado, donde los límites de formaciones con gran contraste de propiedades hidráulicas actuarían como barreras temporales al flujo. Las Tablas de Daimiel funcionarían aún como un elemento de recarga hacia las formaciones inferiores.

La existencia de tramos saturados colgados, ya mencionada en trabajos anteriores, hace más compleja la interpretación de los datos piezométricos e hidroquímicos registrados en los sondeos del entorno de Las Tablas, que se creen totalmente ranurados. Esa problemática en la interpretación se ve incrementada además por el desconocimiento de la geología de detalle en el humedal y, especialmente, del límite entre los materiales terciarios y cuaternarios.

Por otro lado, una campaña de control de agua realizada simultáneamente a la perforación de los sondeos concuerda con los resultados mencionados anteriormente en el ámbito del Parque Nacional. Sin embargo, en el valle del Guadiana, aguas arriba de Las Tablas, en pleno dominio del Terciario, aparecían salidas de agua subterránea que provocaban escorrentía superficial que alimentaba al humedal. Esto ha sido interpretado como una recuperación del acuífero de la Mancha occidental, pero a la fecha de la realización de la campaña este hecho no podía considerarse general por la existencia de zonas de descenso piezométrico en el entorno y por el propio comportamiento del agua del Parque Nacional, que sigue recar-

gando los niveles inferiores, por lo que dicha recuperación sólo parece ser parcial.

## Agradecimientos

Los resultados presentados han sido obtenidos durante la realización del proyecto CGL2011-30302-C02-01. Queremos mencionar también las facilidades dadas por el personal y la dirección del Parque Nacional de Las Tablas de Daimiel durante el desarrollo de los trabajos realizados. Agradecemos también las correcciones y sugerencias realizadas por los revisores, Carlos A. Ruiz de la Hermosa y Luis Martínez Cortina, para la mejora del trabajo.

## Referencias

- Aguilera, H., Castaño, S., Moreno, L., Jiménez-Hernández, M.E. y de la Losa, A. (2013). *Hydrogeology Journal*, doi: 10.1007/s10040-012-0950-3.
- Castaño, S., Aguilera, H., de la Losa, A., Moreno, L. y Jiménez-Hernández, E. (2012a). En: *Las Tablas de Daimiel: Agua y sedimentos* (R. Mediavilla, Ed.). Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 261-269.
- Castaño, S., de la Losa, A., Aguilera, H., Moreno, L. y Jiménez-Hernández, E. (2012b). En: *Las Tablas de Daimiel: Agua y sedimentos* (R. Mediavilla, Ed.). Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 61-88.
- Dorado-Valiño, M., Valdeolillos-Rodríguez, A., Ruiz-Zapata, M.B., Gil-García, M.J. y Bustamante-Gutiérrez, I. (2002). *Quaternary International* 93-94, 73-84.
- EPTISA (1986). *Estudio de viabilidad de un Plan de Regeneración Hídrica en el Parque Nacional de Las Tablas de Daimiel. Tomo I. Memoria*. Informe inédito, 102 p.
- García-Rodríguez, M. (1996). *Hidrogeología de las Tablas de Daimiel y de los Ojos del Guadiana: Bases hidrogeológicas para una clasificación funcional de humedales ribereños*. Tesis Doctoral, Univ. Complutense de Madrid, 460 p.
- Martínez-Cortina, L. (2003). En: *Conflictos entre el desarrollo de las aguas subterráneas y la conservación de los humedales: la cuenca alta del Guadiana* (C. Coletto, L. Martínez-Cortina y M.R. Llamas, Eds.). Fundación Marcelino Botín, Ediciones Mundi-Prensa, 3-68.
- Martínez-Santos, P. (2007). *Hacia la gestión adaptable del acuífero de la Mancha Occidental*. Tesis Doctoral, Univ. Complutense de Madrid, 383 p.
- Portero, J.M., Ramírez-Merino, J.I., Gallardo-Díaz, J., Aguilar-Tomás, M.J., Ancochea, E., Leal, M.C. y Molina, E. (1988). *Mapa Geológico de España E. 1:50000, hoja nº 760 (Daimiel) y memoria*. IGME.