

Contexto tectónico del "Parque Natural de las Lagunas de Ruidera" (acuífero del Campo de Montiel)

Tectonic setting of the "Parque Natural de las Lagunas de Ruidera" (Campo de Montiel aquifer)

Rincón, P.J. ; Montero, E. ; Vegas, R.

Dpto. de Geodinámica, Fac. de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense; 28040, Madrid.
e-mail: Ruidera@eucmax.sim.ucm.es Emontero@eucmos.sim.ucm.es

ABSTRACT.

The spatial distribution of the drainage pattern, the subsurface flow and the maximum values of transmissivity in the aquifer of El Campo de Montiel, as well as the localisation of the springs of the Lagunas de Ruidera, can be explained as a result of the activity of a weak intraplate compressive stress field transmitted from the Betic border.

Key words: Campo de Montiel, intraplate deformation, aquifer, geomorphic indices of recent active tectonics.

Geogaceta, 30 (2001), 131-135
ISSN:0213683X

Contexto Geológico e Hidrológico

En el sector central y septentrional del acuífero del Campo de Montiel (situado en las provincias de Ciudad Real y Albacete) se localiza un área de gran importancia hidrogeológica. Se trata de la cuenca hidrográfica asimétrica del Guadiana Alto o Pinilla, la cual dreña este acuífero hacia el de la Llanura Manchega (ubicado al norte). El cauce del río Guadiana Alto es el colector principal de la cuenca, disponiéndose éste claramente en dirección NO-SE. En un sector de este curso fluvial se sucede un rosario de quince lagunas que conforman el Parque Natural de las Lagunas de Ruidera (figura 1).

La altiplanicie del Campo de Montiel se sitúa en el sector más suroriental del *Antepaís Bético Castellano*, en la zona más próxima al frente prebético del Arco de Cazorla-Alcaraz-Hellín. Se ubica al este de los últimos afloramientos hercínicos de la Sierra Morena y de la comarca del Campo de Calatrava. Esta planicie está limitada al norte por la comarca de la Llanura Manchega y al este por los Llanos de Albacete; se desarrolla sobre una cobertera de materiales mesozoicos y cenozoicos a una altura superior a los 900 metros (superándose en algunos puntos la cota de 1.100 metros). Los límites de esta unidad morfológica coinciden con accidentes tectónicos de importancia regional, los cuales condicionan el desarrollo de las unidades estratigráficas mesozoicas. La altiplanicie corresponde a un páramo de calizas y dolomías de edad

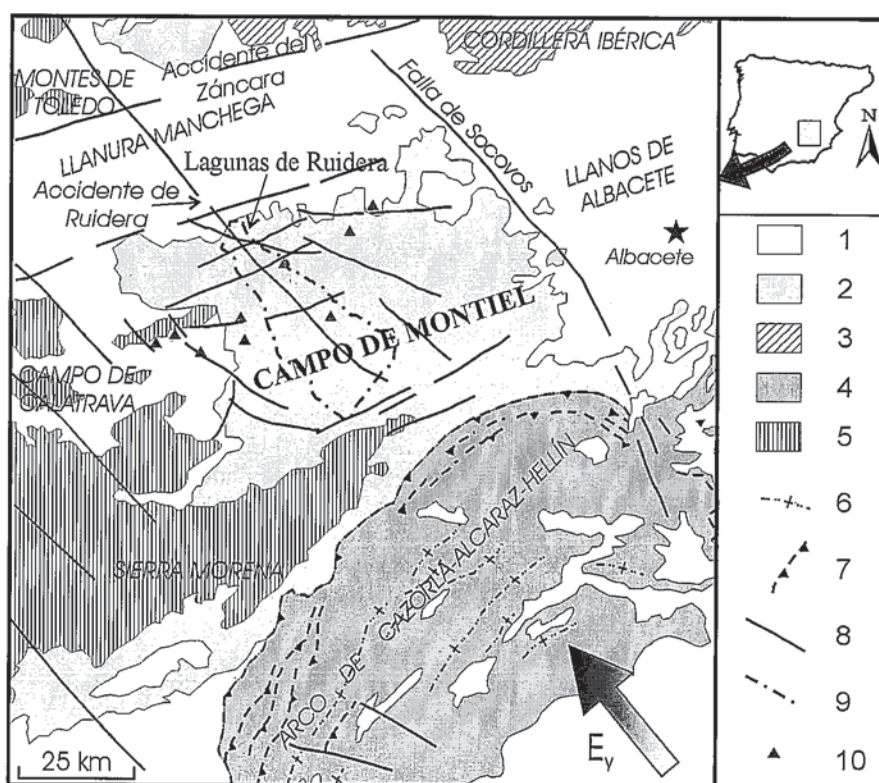


Figura 1: Esquema geológico y localización de la zona estudiada. 1, depósitos neógenos y cuaternarios; 2, cobertera mesozoica del Antepaís Bético Castellano; 3, cobertera mesozoica de la Cordillera Ibérica; 4, cobertera mesozoica de las Cordilleras Béticas; 5, basamento hercínico; 6, trazas axiales; 7, cabalgamientos del Frente Prebético; 8, fracturas de basamento; 9, límite de cuenca del Guadiana Alto; 10, epicentros de terremotos ($M_b > 2,5$); E_y : máxima compresión horizontal.

Figure 1: Geological sketch and location of the studied area. 1, Neogene and Quaternary sediments; 2, Mesozoic cover of the Castilian Betic Foreland; 3, Mesozoic cover of the Iberian Chain; 4, Mesozoic cover of the Betic Cordilleras; 5, Hercynian Basement; 6, axial traces; 7, Prebetic thrusts; 8, basement fractures; 9, limit of the Guadiana Alto basin; 10, earthquake epicenters ($M_b > 2,5$); E_y : horizontal maximum compression.

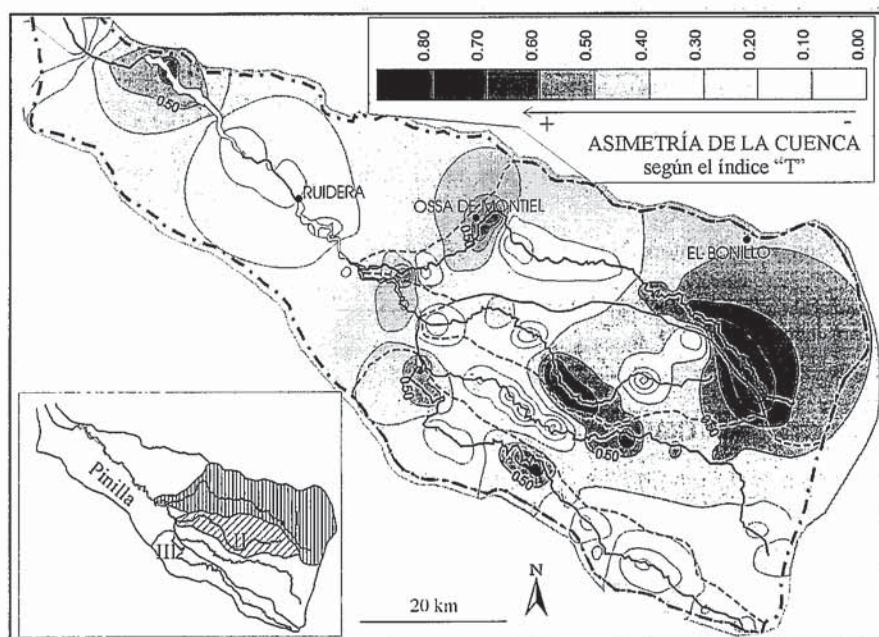


Figura 2: Aplicación del factor de simetría topográfica transversal en la cuenca del Gadiana Alto. El recuadro representa los límites de cuencas secundarias.

Figure 2: Application of the transverse topographic symmetry factor application in the Gadiana Alto basin. The insert shows the limits of secondary basins.

jurásica inferior con un espesor medio de 75-120 metros (50 metros en la zona central, más de 200 metros en el borde oriental; Montero, 1994). En su conjunto, esta serie carbonatada se compone de tres unidades litoestratigráficas: una inferior calcolomítica, una intermedia margo-arcillosa y una superior constituida por calizas oolíticas. La edad de estas formaciones se atribuye al Lías por comparación con otras áreas vecinas. Bajo la serie carbonatada liásica se dispone una formación triásica clásica con un tramo inferior detrítico, otro intermedio carbonatado y un tramo superior formado por margas y yesos de facies Keuper. El basamento de la cobertura mesozoica aflora en las Lagunas de Ruidera (junto a la Ermita de San Pedro) y está formado por cuarcitas ordovícicas que representan una prolongación hacia el este del Paleozoico del Campo de Calatrava. En cuanto a los materiales que recubren al páramo calcáreo, destacan depósitos terciarios constituidos por brechas masivas formadas por cantos de diferentes niveles del Lías (I.T.G.E., 1990), materiales

arcillosos debidos a procesos de carbonatación, y formaciones travertínicas debidas al precipitado de sales en áreas con vegetación. La formación liásica inferior calcolomítica, que presenta un aspecto oqueroso, masivo y mal estratificado, con una elevada fisuración y carstificación, forma la unidad hidrogeológica principal.

A continuación se muestran los resultados de superponer datos hidrogeológicos (mapas de isopiezas, mapas de isobatas de la unidad impermeable triásica y localización de manantiales), datos estructurales (localización de fracturas y estimación del estado de esfuerzos neotectónico incidente en la comarca), y datos morfoestructurales (relieve y red fluvial). El objetivo final es proponer un marco tectónico capaz de explicar las características hidrogeológicas del Parque Natural.

Análisis Estructural y Morfotectónico de la Cuenca del Gadiana Alto.

La totalidad de la Cuenca Alta del Gadiana ha sido considerada como un

entorno hidrogeológico en el cual se produce una interrelación completa entre aguas superficiales y aguas subterráneas. En nuestra opinión, existe también una relación de dependencia directa entre aquella y los condicionantes tectónicos que la afectan. Sin duda, la unidad hidrogeológica del Campo de Montiel es uno de los entornos más adecuados para investigar tal dependencia, considerando siempre la necesidad de analizarla desde un punto de vista geológico multidisciplinar.

A partir de la interpretación de modelos digitales del terreno (con pasos de malla de 100 y 25 metros) y de imágenes de satélite Landsat-TM (escala 1:100.000) de la cuenca hidrográfica del Gadiana Alto, se ha realizado el mapa de lineaciones estructurales mostrado en la figura 1. Destacan dos orientaciones preferentes: OSO-ENE y NO-SE, existiendo otras dos secundarias según SSO-NNE y ONO-ESE. Tales direcciones son consecuentes con las obtenidas mediante el desarrollo de un análisis mesoestructural (planos de falla estriados, planos de diaclasado y ejes de pliegues) de los materiales mesozoicos de la cuenca, y con las conclusiones alcanzadas a partir de él (Rincón, 1999). Así, en la cuenca (como en el resto del Campo de Montiel) y durante el periodo Mioceno superior-Actualidad (periodo neotectónico), habría incidido un estado de esfuerzos regional compresivo débil en régimen de desgarre (denominable como "campo bético") caracterizado por una compresión máxima horizontal orientada ~NO-SE (localmente refractada y permutada de manera coaxial). Este régimen de esfuerzos explica la existencia mayoritaria de fracturas direccionales-normales (NO-SE y SSO-NNE; dextrógiras y levógiras, respectivamente), de fracturas normal-direccionales e inverso-direccionales (ONO-ESE y OSO-ENE) y de diaclasas orientadas de un modo similar. A favor de algunas de estas fracturas en la cuenca del Gadiana Alto se resuelve una actividad sísmica moderada, coherente también con la atenuación del campo bético. Esta cuenca está atravesada, además, por el denominable como *Accidente de Ruidera* (figura 1); se trata de una zona de fractura compleja, orientada NO-SE y bien definida por la acomodación preferente de los cauces principales del sur de la cuenca (Río Gadiana Alto y Arroyo de Cepillo).

En el interior de la cuenca se han definido dos orientaciones preferentes para los pliegues que afectan a los materiales

	AF	T	SL
A° del Alarconcillo ("I")	72,03%	0,50	124,2
A° del Sabinar-Vallejo-Sagés ("II")	56,67%	0,39	122,6
A° de El Cepillo ("III")	62,54%	0,37	146,9
Río Pinilla o Gadiana Alto	59,05%	0,31	269,2

Tabla I: Resultados de la aplicación de los tres índices geomorfológicos usados.

Table I: Results from the application of the used geomorphic index.

liásicos: pliegues con ejes orientados ~ENE-OSO o E-O, y pliegues con sus ejes subparalelos al Accidente de Ruidera. Los primeros evidenciarían la atenuación más superficial, decreciente hacia el NO, del proceso de indentación del Frente Prebético ("amortiguación" de los frentes cabalgantes del Arco de Cazorla-Alcaraz-Hellín); los segundos podrían suponer "pliegues escalonados" (pliegues no cilíndricos) que aparecen sobre una cobertera, encima de una zona de cizalla (macrodiscontinuidad) que afecta al basamento. Ante este probable doble origen, cabe la posibilidad de la existencia de figuras de interferencia de pliegues más o menos complejas, favorecidas por procesos halocinéticos que afectan a las facies evaporíticas triásicas y que también condicionan el sentido de flujo subterráneo del agua al crear divisiones internas en el acuífero.

La caracterización del relieve y de la red fluvial sugiere una relación estrecha con el entramado estructural anterior. Así, los cauces fluviales (órdenes inferiores y superiores) se disponen según NO-SE, mostrando refracciones de esta tendencia hacia OSO-ENE (figura 2). La propia morfología de la cuenca ya define la relación natural entre ésta y las directrices estructurales citadas NO-SE/ONO-ESE (límites norte y sur) y SSO-NNE (límite oriental). En este mismo sentido, la disposición espacial de los dos cauces con mayor longitud (Guadiana Alto o Pinilla y arroyo de El Cepillo) evidencian el control del Accidente de Ruidera en el relieve.

La aplicación a la cuenca de índices geomorfológicos de actividad tectónica reciente, a escala 1:100.000, también contribuye a remarcar la interdependencia en la relación relieve-red fluvial-contexto estructural. En concreto, estos índices permiten cuantificar la morfología del terreno y evidenciar posibles asimetrías de las cuencas hidrográficas (relacionables con la existencia de determinados condicionantes tectónicos). Se han utilizado, sobre síntesis topográficas a escala 1:50.000, tres de los índices propuestos por Keller y Pinter (1996): índice de asimetría de la cuenca ("AF"), *factor de simetría topográfica transversal* ("T") e *índice de longitud-gradiente del cauce* ("SL"). Mediante su uso es posible cuantificar la morfología del terreno de las distintas subcuencas incluidas en la cuenca principal del Guadiana Alto; se detectan, así, posibles asimetrías de las mismas debidas a basculamientos tectónicos.

El índice "AF" permite comparar las áreas de las dos márgenes definibles en

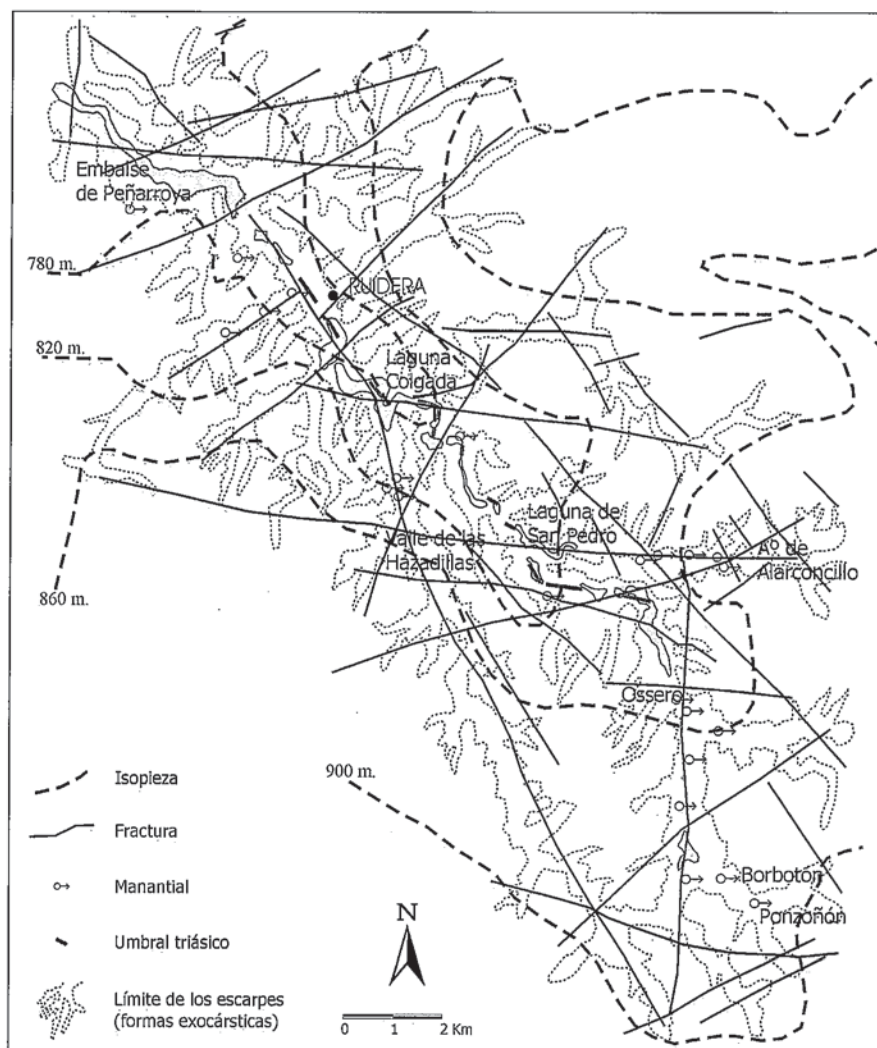


Figura 3: Comparación de características hidrogeológicas, morfológicas y estructurales en la cuenca del Guadiana Alto.

Figure 3: Comparison of hydrogeological, morphological and structural features in the Guadiana Alto basin.

una cuenca a partir de su cauce principal. Una relación sencilla entre el área ocupada por la margen derecha respecto del área ocupada por la margen izquierda sugiere la posible existencia de un basculamiento interno –posiblemente de origen tectónico– dentro de la cuenca. Así, cuanto más se distancie el valor logrado del 50% (cuenca totalmente simétrica) mayor asimetría de la cuenca, y viceversa. El índice "T" es una herramienta muy útil y clara ya que no sólo define la presencia o ausencia de basculamientos sino también el sentido de los mismos; cuanto más se aproxime el valor del índice a la unidad –o se distancie de cero– mayor será la asimetría. Finalmente, el índice "SL" permite evaluar la morfología de los perfiles longitudinales de los ríos mediante la detección de "desniveles bruscos" o anomalías en las cotas de sus cauces. Los incrementos anormalmente

altos en los valores para distancias pequeñas pueden asociarse con la actividad de un plano de falla.

En la figura 2 se muestran las conclusiones logradas mediante el uso del índice "T", así como la división en cuatro subcuencas de la cuenca principal del Guadiana Alto o Pinilla. En la tabla 1 aparecen los valores promediados obtenidos tras aplicar los tres índices. Según estos resultados, la subcuenca I definiría los basculamientos y afecciones máximas debidas, probablemente, a causas tectónicas (actividad relacionada con fracturas NO-SE, ONO-ESE y OSO-ENE). Realmente, la propia morfología de la cuenca principal ya define una asimetría clara coherente con la actividad ligada al Accidente de Ruidera. Esta afección aumenta o disminuye según cuál sea el cauce principal ("trunk stream"; sensu Mayer, 1990) escogido para la cuenca (bien el

Guadiana Alto-Pinilla o bien *el Guadiana Alto-Arroyo de El Cepillo*.

Contexto hidrogeológico de la cuenca del guadiana alto.

Se ha citado ya como la cuenca del Guadiana Alto define el sector con mayor transmisividad de la unidad hidrogeológica del Campo de Montiel y una de las zonas de drenaje preferente del mismo. Parece lógico pensar que estos valores máximos de transmisividad, considerando el carácter poco permeable primario de la cobertera carbonatada mesozoica, son consecuencia del entramado de fracturas existente. La superposición a esta red de fracturas de los manantiales principales situados en las márgenes de las lagunas confirma positivamente esta hipótesis (figura 3). Es sobre estas fracturas y sus distintas intersecciones donde se localizan los de caudal superior y los más constantes. Así, los manantiales del valle de Las Hazadillas, que proporcionan un caudal muy constante y elevado hacia la Laguna Colgada, están ubicados en la intersección de fracturas NO-SE (Accidente de Ruidera) y SSO-NNE. Los manantiales de Ossero y Ponzoon, menos caudalosos que los anteriores, se ubican también a favor de intersecciones de fracturas. De la misma manera, los afloramientos y umbrales de materiales triásicos (figura 3), fundamentales por su grado de impermeabilidad para el funcionamiento hídrico de las lagunas (Montero, 1994, 2000), parecen relacionarse con la actividad inversa de algunas de estas fracturas (OSO-ENE y ONO-ESE) y con intersecciones de las mismas (discontinuidades dispuestas SSO-NNE y NO-SE) dentro del Accidente de Ruidera: *procesos halocinéticos*. El afloramiento reducido de materiales ordovícicos (Formación Cuarcita Armoricana) en las proximidades de la Laguna de San Pedro ha de estar relacionado con estos movimientos locales de carácter inverso y/o transpresivo. Finalmente, las orientaciones preferentes de las isopiezas (realizadas a partir de más de 500 puntos de agua en el año 1987, figura 3) terminan por aclarar la interdependencia entre entorno hidrogeológico y fracturación. Los límites de la cuenca coinciden con umbrales para las isopiezas, ambos con significado estructural. Así, el um-

bral NE coincide, *grosso modo*, con una zona de fractura inverso-direccional (detectada también en los trabajos geofísicos del ITGE, 1990) a favor de la cual suceden (al NE) algunas de las mayores cotas de la altiplanicie. Los umbrales situados al SE y SO de la cuenca han de relacionarse con la activación de estructuras OSO-ENE y NO-SE, respectivamente, y con su incidencia (reflejada también en el relieve) en el afloramiento de los niveles evaporíticos impermeables.

Marco tectónico de la cuenca del guadiana alto.

Una vez mostradas, brevemente, las conclusiones logradas tras los análisis estructural, morfotectónico e hidrogeológico (realizados en momentos distintos y de forma independiente) en la cuenca del Guadiana Alto, se propone un marco tectónico para la misma. En nuestra opinión, la génesis de esta cuenca es una consecuencia más del entorno *litosférico flexural* que caracteriza el antepaís bético, es decir, la región de la corteza ibérica situada en el frente de las Cordilleras Béticas (Vegas y Rincón, 1996; Rincón, 1999). Así, a favor de una serie de discontinuidades principales (límites de la subcuenca), con orientaciones y dinámicas coherentes dentro del entorno flexural, se ha generado la cuenca hidrográfica asimétrica del Guadiana Alto. Ésta define una asimetría interna que reflejaría un basculamiento hacia el SO (debido a la influencia tectónica y geomorfológica del Accidente de Ruidera) y un basculamiento regional hacia el NO –hacia la unidad hidrogeológica de la Llanura Manchega– (debido al contexto flexural positivo de la altiplanicie del Campo de Montiel con respecto al negativo de la depresión de la Llanura Manchega).

El funcionamiento hidrogeológico del acuífero está condicionado por los umbrales de materiales triásicos que constituyen su base impermeable (Montero, 1994; Rincón *et al.*, 1996). Además, internamente el sentido de flujo superficial y subterráneo, la génesis de las lagunas (por disolución preferente de los carbonatos –procesos de carbonatación– a favor de la macrodiscontinuidad), la disposición espacial de los manantiales, o los afloramientos impermeables hercínicos y triásicos, son consecuencias del modo según el cual se ha atenuado desde

el Mioceno superior hasta la actualidad el *campo bético* en el interior de la cuenca hidrográfica. La disposición mayoritaria de manantiales (figura 3) en la margen izquierda de las lagunas (desde la Laguna San Pedro hasta el Embalse de Peñarroya) ha de estar relacionada con el predominio de afloramientos triásicos en la margen derecha. El afloramiento preferente del Triásico es una consecuencia más de la atenuación distribuida del campo de esfuerzos neotectónico regional y la activación diferencial para este sector del Accidente de Ruidera. De la misma manera, los situados (figura 3) en el tramo final del Arroyo de Alarconcillo estarían relacionados con la existencia de una fractura inverso direccional (levógiro) dispuesta ONO-ESE. Finalmente, los situados al sur de este arroyo (Ossero, Ponzoon, Borbotón) relacionarían su génesis con la intersección de fracturas en el interior de la macrodiscontinuidad.

Finalmente, el hecho de que la unidad hidrogeológica presente los valores máximos de transmisividad en la cabecera de las Lagunas de Ruidera parece confirmar la hipótesis de que el Accidente de Ruidera es una de las zonas donde tiende a resolverse la deformación neotectónica.

Referencias

- I.T.G.E. (1990): "Proyecto de mejora de la infraestructura hidrogeológica del sistema 24 (Campos de Montiel) para la evaluación de los recursos hídricos subterráneos 1989-1990". 2 Vols., Madrid.
- Keller, E.A.; Pinter, N. (1996): In: "Active Tectonics: Earthquakes, Uplift, and Landscape". Edit. Prentice Hall. 121-147.
- Mayer, L. (1990): In: "Introduction to Quantitative Geomorphology". Prentice-Hall. 101-265.
- Montero, E. (1994): Tesis Doctoral, U.C.M.; 297 pp.
- Montero, E. (2000): In: "Contribución al estudio de la geometría y los límites del acuífero del Campo de Montiel". Instituto de Estudios Albacetenses. 177 pp.
- Rincón, P.J. (1999): Tesis Doctoral, U.C.M.; 624 pp.
- Rincón, P.J.; Montero, E.; Vegas, R. (1996): *Geogaceta*, 20 (6); 1274-1276.
- Vegas, R.; Rincón, P.J. (1996). *Geogaceta*, 19. 31-34.