

Trazado y depósitos aluviales del Guadalquivir medio e implicaciones tectónicas (Córdoba y Jaén)

Layout and alluvial deposits of the Middle Guadalquivir River and its tectonic implications (Córdoba and Jaén)

Francisco Moral Martos¹, Inmaculada Expósito Ramos¹ y Alejandro Jiménez Bonilla¹

¹ Universidad Pablo de Olavide. Carretera de Utrera, km 1. 41013, Sevilla.

ABSTRACT

The Middle Guadalquivir River flows along the contact between the Iberian Massif and the Miocene infill of the Guadalquivir basin. The fluvial channel has a meandering pattern, with alternation of bedrock stretches, where the fluvial channel entrenches into the Iberian Massif rocks, and alluvial stretches, where the river deposits sediments over the soft Miocene materials. Since the Pliocene, the river has deposited alluvium that constitute a system of terraces, the highest ones located south of the current channel. The location of these latter terraces and their local tilting indicate the entrenchment and northward migration of the river through the northern fringe of the Guadalquivir basin. Conversely, north of the river, the Campo Fértil abandoned meander and other fluvial geomorphological features indicate southward tilting of the southern edge of Sierra Morena. Such opposite tilting may be explained by differential uplift of the hercinian basement in southern Sierra Morena combined with the northward migration of the betic orogenic wedge, due to both the flexural bending of the betic foreland and the intraplate propagation of the betic deformation front.

Key-words: bedrock river, alluvial river, fluvial terraces, tilting, tectonic uplift.

Geogaceta, 72 (2022), 43-46
ISSN (versión impresa): 0213-683X
ISSN (Internet): 2173-6545

Introducción

La zona de estudio (Fig. 1) se sitúa en el tramo medio del río Guadalquivir, entre las confluencias de sus afluentes Guadajoz y Jándula. Se trata de una franja de terreno estrecha, rectilínea, orientada en dirección N70E a lo largo de unos 70 km de longitud y situada entre las localidades de Córdoba y Andújar (Jaén).

A diferencia de otros sectores situados al este y al oeste de la zona de estudio, el valle del río, que discurre por una llanura aluvial discontinua, con tramos fluviales encajados en roca, separa los terrenos de Sierra Morena, situados al norte, en la margen derecha, y los de la Campiña Andaluza, situados en la margen izquierda del río. Los terrenos de Sierra Morena se caracterizan por un relieve abrupto, con valles encajados y zonas escarpadas. La pendiente suele estar comprendida entre el 15 y el 35 % y la altitud supera los 600 m en las sierras de Córdoba

ba y de Andújar, que forman sendos escalones notables sobre el valle del río, en los extremos de la zona de estudio. Por el contrario, la Campiña se caracteriza por tener un relieve suave (pendientes del 7 al 15 %) y de baja altitud (inferior a 400 m), cuya envolvente buza suavemente hacia el NNW.

Los objetivos principales de este trabajo son el análisis del trazado y del sistema de terrazas asociadas al curso medio del río Guadalquivir y la identificación de sus principales condicionantes geológicos, tanto tectónicos como litológicos.

Contexto geológico y geomorfológico

Entre las confluencias con los ríos Guadajoz y Jándula, el cauce del río Guadalquivir posee una longitud de 125 km y una baja sinuosidad (longitud cauce/ longitud valle = 1,8). Se localiza entre las

RESUMEN

El tramo medio del río Guadalquivir se localiza sobre el contacto entre el Macizo Ibérico y el relleno mioceno de la cuenca del Guadalquivir. El cauce fluvial presenta un trazado meandriforme, con alternancia de tramos en roca, en los que el río se encaja en las rocas del Macizo Ibérico, y de tramos en aluviones depositados sobre los materiales del Mioceno. Desde el Plioceno, el río ha originado un sistema de terrazas, situándose las más altas al sur del cauce actual. La ubicación de estas últimas, y a veces su basculamiento, indica el encajamiento y migración hacia el norte del río a través de la franja septentrional de la cuenca del Guadalquivir. Por el contrario, al norte del río, el meandro abandonado de Campo Fértil y algunos rasgos geomorfológicos fluviales indican un basculamiento hacia el sur del borde meridional de Sierra Morena. Estos basculamientos opuestos pueden ser explicados por levantamiento diferencial del basamento hercínico en el sur de Sierra Morena y por la migración hacia el norte de la cuña orogénica bética, a su vez, causados por la flexión del foreland y de la propagación intraplaca del frente de deformación bético.

Palabras clave: río en roca, río aluvial, terrazas fluviales, basculamiento, levantamiento tectónico.

Fecha de recepción: 02/02/2022
Fecha de revisión: 22/04/2022
Fecha de aceptación: 27/05/2022

cotas 78 y 192 msnm, lo que implica una pendiente longitudinal media del 0,09%. El perfil es muy regular y a lo largo de todo el recorrido presenta una pendiente casi constante.

El río Guadalquivir medio discurre próximo al contacto entre los materiales premesozoicos y triásicos de Sierra Morena y los materiales cenozoicos de la cuenca del Guadalquivir (Martín-Parra *et al.*, 2004; Matas *et al.*, 2010).

El Macizo Ibérico está constituido en la zona de estudio por rocas neoproterozoicas-cámbricas basales y paleozoicas de la Zona de Ossa-Morena y de la Zona Centroibérica. En ellas afloran fundamentalmente secuencias siliciclásticas, aunque existe una potente serie carbonatada en el Cámbrico inferior. En la mitad oriental de la zona de estudio, discordantes sobre las rocas paleozoicas y en disposición subhorizontal, existen extensos afloramientos de conglomerados, areniscas y lutitas rojas de edad triásica.

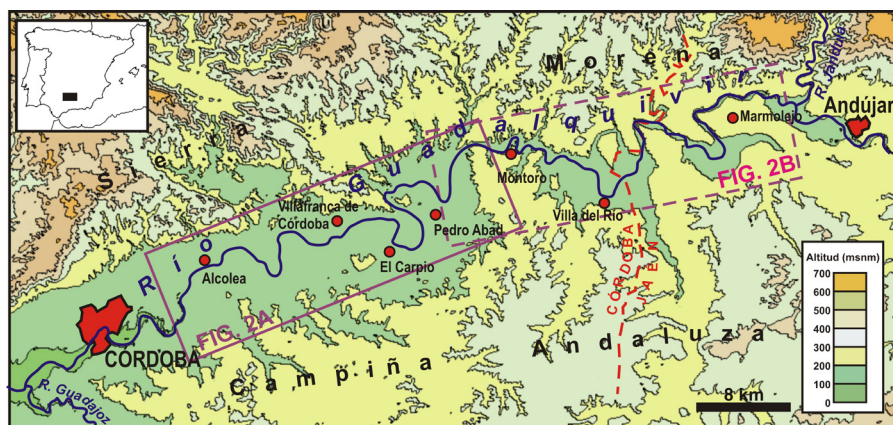


Fig. 1.- Mapa de alturas y localización geográfica de la zona de estudio. Los rectángulos blancos indican la situación de los mapas de la figura 2.

Fig. 1.- Altitude map and geographical location of the study area. The white rectangles indicate the location of the maps in figure 2.

Las rocas que afloran en Sierra Morena se continúan hacia al sur, donde constituyen el basamento de la cuenca del Guadalquivir. Los niveles basales de la cuenca marina miocena del Guadalquivir son conglomerados cuarcíticos, calizas detríticas organógenas y arenas, de espesor muy variable, que puede superar los 100 metros. Sobre estos, se deposita una potente serie detrítica (300 a 500 m de espesor) constituida por margas azuladas masivas, seguidas por una alternancia de margas y areniscas.

Durante el Plioceno y Cuaternario se depositan materiales aluviales (gravas, arenas, limos y arcillas) que constituyen varias terrazas fluviales y la llanura de inundación actual del río Guadalquivir.

Los materiales paleozoicos y triásicos se encuentran al sur del río Guadalquivir solo localmente, formando pequeños afloramientos situados junto a algunos meandros con convexidad hacia el norte. En cambio, los materiales miocenos, en particular los conglomerados y calizas basales, son relativamente abundantes al norte del río Guadalquivir, donde pequeños afloramientos discordantes aparecen dispersos en una franja de unos 10 km de anchura.

Características del trazado y de los depósitos aluviales del Guadalquivir medio

La característica morfológica más relevante del Guadalquivir medio es un trazado meandriforme con alternancia de tramos aluviales y de tramos encajados de río en roca (Fig. 2). Desde las proximidades de Córdoba hasta el meandro de Los Cansinos, unos 15 km al este, la llanura aluvial del Guadalquivir presenta una

anchura comprendida entre 4 y 5 km, aunque en las proximidades de Alcolea se reduce a, aproximadamente, 1 km.

Aguas arriba, en el meandro de la Presa de Villafranca, convexo hacia el norte, se encuentra el primer tramo de río en roca, de 3,5 km de longitud (Fig. 2A). A continuación, entre los meandros de Villafranca y de El Carpio, sigue un tramo de 17 km de longitud que circula por una llanura aluvial estrecha (2 km de anchura), que ocupa una superficie de 20 km².

Hacia el NE se encuentra otro tramo encajado de 5,5 km. Se trata del meandro de Alcurrucén, también con una marcada convexidad hacia el norte. Continúa un tramo aluvial, ligado al meandro de Algallarín, con convexidad hacia al sur y 8 km de longitud. La llanura aluvial asociada, ocupa 14,5 km² de superficie y está constituida por la llanura de inundación y una terraza fluvial, situada en la margen derecha, en la que se aprecia la traza de un posible meandro abandonado (Fig. 2A).

A continuación, se encuentra el principal tramo de río en roca de la zona de estudio, el de Montoro, con una longitud de 13,5 km (Fig. 2B). Sigue el tramo aluvial de Villa del Río, de 10 km de longitud y con convexidad hacia el sur. La llanura aluvial asociada se extiende por unos 23 km². Como en el caso del meandro de Algallarín, se distingue una terraza fluvial en la margen derecha asociada a un meandro abandonado. Se trata del meandro de Campo Fértil, muy bien conservado y con un tramo encajado en los materiales triásicos (Fig. 2B).

Continúa el meandro de la Loma de Bretaña (8,5 km) y el tramo aluvial de San Julián (7,5 km), que ha formado una llanura aluvial de unos 10 km² de superficie.

Finalmente, se encuentra el tramo encajado de Marmolejo (9,5 km) y la llanura aluvial de Andújar, que ocupa unos 90 km² de superficie.

A lo largo del Plioceno y del Cuaternario, el río Guadalquivir ha formado depósitos aluviales que, a medida que se producía el encajamiento del río, han originado un sistema de terrazas fluviales parcialmente dismanteladas por los procesos erosivos (Fig. 2). En este trabajo, se ha distinguido, en función de su altitud sobre el cauce actual del río, entre terrazas altas (50-175 m), terrazas medias (15-45 m), y terrazas bajas y llanura de inundación (0-15 m).

Las terrazas altas se sitúan en la margen izquierda, generalmente a menos de 10 km de distancia del cauce del Guadalquivir, salvo algunos pequeños retazos existentes junto al meandro abandonado de Campo Fértil. Se trata de una serie de afloramientos dispersos que parecen representar la continuación del extenso sistema de terrazas altas presentes al oeste del río Guadajoz y que continúan por la provincia de Sevilla (Moral *et al.*, 2013). Por tratarse de las más antiguas, se conserva mal la morfología llana original a causa de la tectónica reciente, que a veces produce basculamientos, y de los procesos erosivos. Estos aluviones se depositaron sobre los materiales miocenos de la cuenca del Guadalquivir, mucho más blandos, lo que ha favorecido la inversión del relieve: los depósitos originalmente de fondo de valle se encuentran en la actualidad coronando los cerros más elevados.

Las terrazas medias ocupan una extensión menor y casi siempre se ubican en la margen derecha del río, a menos de 3 km del cauce actual. Presentan un mayor desarrollo entre Córdoba y Alcolea y cerca de Andújar, donde se observa particularmente bien su transición hacia los piedemontes que orlan los fuertes relieves de Sierra Morena.

Las terrazas bajas y la llanura de inundación forman una serie de afloramientos discontinuos interrumpidos por los tramos encajados en roca del río Guadalquivir. Estos depósitos aluviales se asocian preferentemente a los meandros convexos hacia el sur (Los Cansinos, El Carpio, Algallarín, Villa del Río y San Julián). En planta, estos cinco cuerpos sedimentarios poseen una cierta similitud morfológica, con forma de copa o de fondo de saco, el eje orientado en dirección aproximada NO-SE y la convexidad hacia el SE.

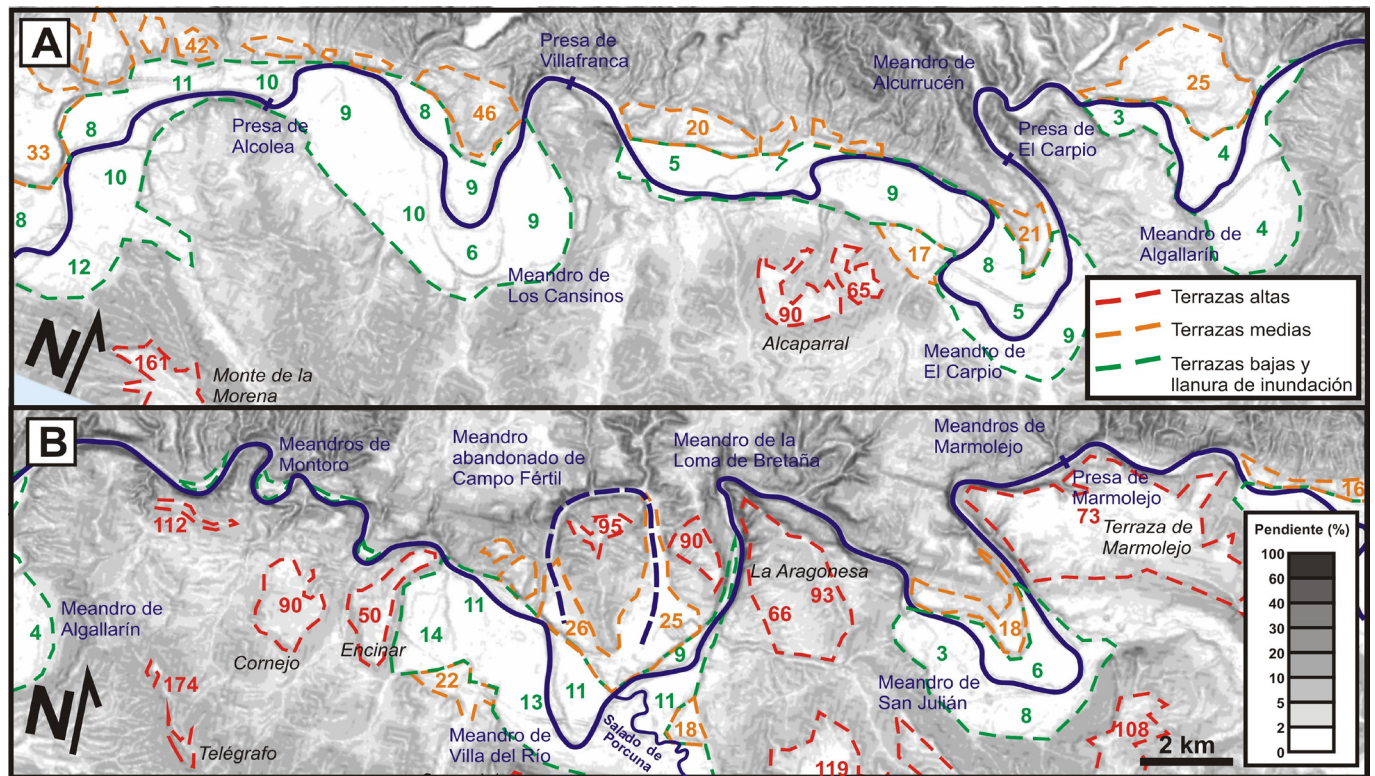


Fig. 2.- Mapas de pendientes y cartografía de los depósitos aluviales del Guadalquivir medio (A: sector occidental; B: sector oriental). Los números indican la altitud del terreno respecto al cauce actual del río Guadalquivir. En la figura 1 se indica la localización de los dos mapas.
 Fig. 2.- Slope and alluvial deposits maps of the Middle Guadalquivir River (A: western sector; B: eastern sector). Numbers indicate the altitude above the current channel of the Guadalquivir River. The location of the maps is shown in figure 1.

Causas del basculamiento de las terrazas aluviales altas y del meandro abandonado de Campo Fértil

En general, la altitud de las terrazas altas disminuye de sur a norte (Fig. 2), lo que parece indicar una primera fase de encajamiento y de migración hacia el norte del río Guadalquivir que puede relacionarse con un proceso de levantamiento y basculamiento de origen tectónico, puesto que las antiguas llanuras aluviales suelen presentar una inclinación del 3 al 5 % hacia el norte. Una situación similar fue descrita por Moral *et al.* (2013) en las terrazas altas existentes entre los ríos Genil y Corbones, en la provincia de Sevilla.

El basculamiento hacia el norte de las terrazas situadas al sur de río Guadalquivir podría estar generado por la propagación del frente de la deformación bética en los materiales cenozoicos de la cuenca del Guadalquivir o por el aumento de la pendiente orogénica en una situación compresiva (Jiménez-Bonilla *et al.*, 2016)

Las terrazas medias, en cambio, se localizan al norte del río Guadalquivir, lo que podría indicar una segunda fase en la que continúa el encajamiento fluvial, pero en la que el río migra hacia el sur, aunque una distancia inferior que en la fase anterior.

Esta migración también puede relacionarse con un proceso de levantamiento y basculamiento de Sierra Morena que, en este caso, se produce hacia el sur. Así parece deducirse del análisis morfológico del meandro abandonado de Campo Fértil (Figs. 2B y 3). Justo en el ápice del meandro se localizaba la desembocadura del arroyo de Corcomé, un pequeño cauce que circula hacia el sur desde los relieves de Sierra Morena (Fig. 3A). La migración de los meandros del Guadalquivir y de su afluente, el Salado de Porcuna, en la llanura aluvial de Villa del Río produjo el abandono del meandro de Campo Fértil por estrangulamiento o captura.

El abandono del meandro originó que su segmento oriental quedase prácticamente sin actividad hídrica mientras que el arroyo de Corcomé continuó fluyendo por el segmento occidental del meandro hasta su nueva desembocadura. Desde el abandono del meandro, en este tramo se ha producido un encajamiento del arroyo de Corcomé (Fig. 3B).

En el tramo oriental del meandro se conserva una pequeña llanura aluvial con su morfología original, por lo que constituye un excelente marcador geomorfológico. En la actualidad, estos materiales aluviales forman parte de una terraza fluvial situada unos 25 metros sobre la ac-

tual llanura de inundación. Este segmento tiene una orientación próxima a N-S, una longitud de 3,36 km y presenta una suave pendiente hacia el sur, situándose sus extremos septentrional y meridional a 194 y 178 msnm, respectivamente. Lógicamente, antes del abandono del meandro de Campo Fértil, la pendiente descendía hacia el norte, puesto que el río circulaba en esa dirección, por lo que debe de haberse producido un basculamiento reciente hacia el sur del relieve (Fig. 3B). Si se considera que la pendiente original del meandro fuese similar a la del perfil longitudinal del actual cauce del río Guadalquivir (0,09 %), se concluye que, tras el abandono, el extremo septentrional del meandro se ha levantado 19 metros más que su extremo meridional, equivalente a un basculamiento del 0,6 %.

Este basculamiento hacia el sur también parece observarse en el tramo de meandros encajados de Montoro, donde se observan pequeños depósitos aluviales de *point-bar* únicamente en los segmentos fluviales con la curvatura convexa hacia el sur.

La convergencia tectónica en el sur de la península Ibérica ha provocado el levantamiento cuaternario del borde sur de Sierra Morena, debido a la superposición de la flexión litosférica del *foreland* de la

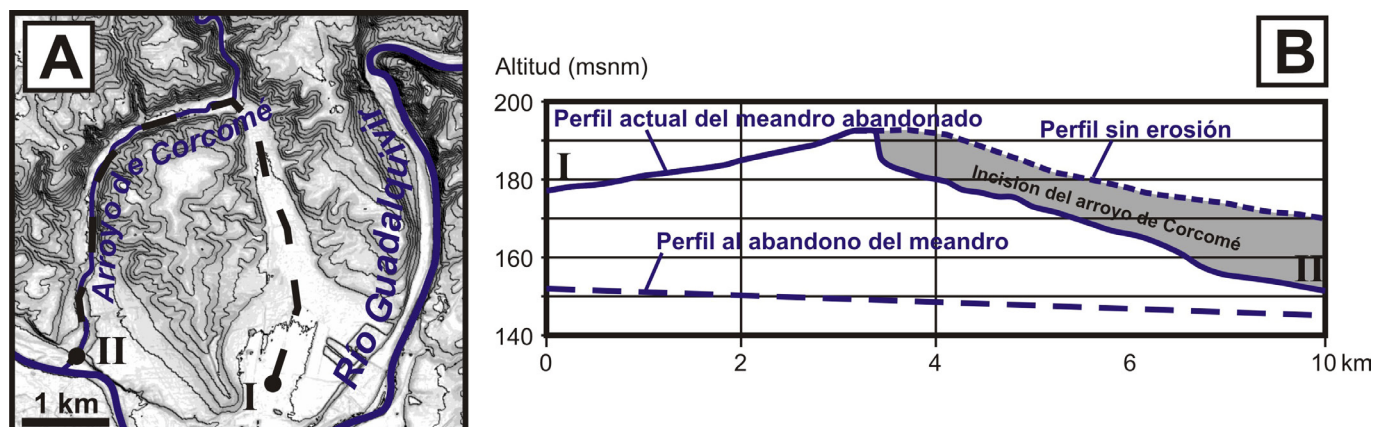


Fig. 3.- A) Mapa topográfico y de pendientes del meandro abandonado de Campo Fértil. B) Perfiles longitudinales del meandro: actual (línea continua) y reconstrucción del perfil en el momento de abandono del meandro (línea discontinua) y sin incisión fluvial del arroyo de Corcomé (línea de puntos).

Fig. 3.- A) Topographic and slope map of the abandoned Campo Fértil meander. B) Longitudinal profiles of the meander: current (solid line) and profile reconstruction at the time of abandonment of the meander (dashed line) and without fluvial incision of the Corcomé stream (dotted line).

Cordillera Bética (Macizo Ibérico) y de la compresión de este relieve flexural debido a la deformación alpina de intraplaca (García-Castellanos *et al.*, 2002, Yanes *et al.*, 2019). El levantamiento del basamento hercínico explicaría el basculamiento hacia el sur de las terrazas medias y la migración hacia el sur del río Guadalquivir.

Controles de la alternancia de tramos aluviales y tramos de río en roca

Como se ha indicado con anterioridad, el valle del Guadalquivir medio se alinea en dirección N70E. Si se traza una línea siguiendo el eje del valle, los tramos fluviales situados al norte están frecuentemente encajados en roca y los situados al sur son tramos aluviales.

En los tramos fluviales en roca la incisión fluvial siempre ha erosionado por completo los materiales miocenos, por lo que en las márgenes del río afloran los materiales paleozoicos y triásicos del Macizo Ibérico. Por el contrario, las llanuras aluviales asociadas a los meandros convexos hacia el sur forman grandes lóbulos que se extienden hacia el SE.

A primera vista, parece deducirse un cierto control litológico para el desarrollo de esta alternancia. Da la impresión de que cuando el río circula sobre el sustrato mioceno, más blando, puede migrar lateralmente con facilidad y, a la vez, forma una llanura aluvial, pero que, cuando el río excava en los materiales triásicos y paleozoicos, más resistentes, la migración de los meandros se ve muy limitada y se forma un valle de vertientes más pendientes, sin apenas depósitos aluviales.

Conclusiones

El valle del Guadalquivir medio se alinea en dirección N70E siguiendo el contacto entre los materiales del Macizo Ibérico y los de la cuenca del Guadalquivir.

Se trata de un tramo fluvial meandri-forme de gran singularidad geomorfológica puesto que alternan los segmentos de río en roca y los segmentos aluviales, según se trate de meandros con convexidad hacia el norte o hacia el sur. Está alternancia parece responder a factores litológicos, puesto que los primeros están excavados en los materiales del Macizo Ibérico y los segundos corresponden a llanuras aluviales que recubren los materiales miocenos de la cuenca del Guadalquivir.

En relación con la dinámica pliocena y cuaternaria del río Guadalquivir se conservan numerosos fragmentos de terrazas fluviales. Las terrazas altas, situadas al sur del río, suelen estar suavemente basculadas hacia el norte. En cambio, ciertos rasgos morfológicos de las terrazas medias y de los tramos de río en roca indican un basculamiento hacia el sur del borde meridional de Sierra Morena. Entre estos últimos destaca el meandro abandonado de Campo Fértil, un excelente marcador geomorfológico.

La disposición y geometría de las terrazas fluviales indican un proceso reciente de levantamiento de la zona y un suave basculamiento hacia el norte del sector meridional (cuenca del Guadalquivir) y hacia el sur del sector septentrional (Sierra Morena), lo que ha favorecido la migración y encajamiento del

Guadalquivir medio y su localización en la zona de contacto entre ambos dominios. Estos procesos podrían ser el resultado de la propagación del frente de la deformación bética o del aumento de la pendiente de la cuña orogénica y de la flexión del sustrato hercínico en una situación orogénica general compresiva.

Agradecimientos y financiación

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos PGC2018-100914-B-I00 y UPO - 1259543. Los autores agradecen sinceramente el trabajo de revisión realizado por J.C. Balanyá y A. Crespo.

Referencias

- García - Castellanos, D., Fernández, M. y Torne, M. (2002). *Tectonics* 21(3), 9-1-9-17.
- Jiménez-Bonilla, A., Torvela, T., Balanyá, J.C., Expósito, I. y Díaz- Azpiroz, M. (2016). *Tectonics*, 35(12), 3028-3049.
- Martín-Parra, L.M., Matas, J., Roldán, F. y Martín-Serrano, A. (2004). *Mapa Geológico de España 1:200.000, Hoja 70: Linares*. IGME, Madrid.
- Matas, J., Martín-Parra, L.M., Roldán, F. y Martín-Serrano, A. (2010). *Mapa Geológico de España 1:200.000, Hoja 76: Córdoba*. IGME, Madrid.
- Moral, F., Balanyá, J.C., Expósito, I. y Rodríguez-Rodríguez, M. (2013). *Geogaceta* 54, 143-146.
- Yanes, J.L., Expósito, I., Jiménez-Bonilla, A., Moral, F. y García-Navarro, E. (2019). *Geogaceta*, 66, 107-110.