

Análisis geomorfológico de las terrazas fluviales del Bajo Guadalquivir e implicaciones tectónicas

Geomorphologic analysis of the fluvial terraces of the Lower Guadalquivir River and tectonics implications

Francisco Moral, Juan Carlos Balanyá, Inmaculada Expósito y Miguel Rodríguez-Rodríguez

Universidad Pablo de Olavide, Carretera de Utrera, km 1, 41013-Sevilla, España.
fmormar@upo.es, jcbalrou@upo.es, iexpram@upo.es y mrodod@upo.es

ABSTRACT

Extensive alluvial outcrops of the Lower Guadalquivir River constitute a complex system of terraces, placed in the left margin of the river. The current floodplain is placed in outlying position. The highest and most distant from the current riverbed terraces are placed about 140 meters above the floodplain and have been attributed to the Late Pleistocene. This position can be explained by upward and tilting towards NW and N of the terrace system, which would have provoked the migration of the Guadalquivir River during Quaternary times. The evolution of the Low Guadalquivir fluvial system can be related to the recent tectonic evolution of western Betics, since the river course and the plan distribution of different terraces follow the structural trend of Gibraltar Arch and the migration of the Betic deformation front.

Key-words: Lower Guadalquivir Basin, alluvial terraces, fluvial migration, morphotectonics.

RESUMEN

Los extensos afloramientos aluviales del Bajo Guadalquivir constituyen un complejo sistema de terrazas, situado en la margen izquierda del río. La actual llanura de inundación se encuentra en posición marginal. Las terrazas más altas y alejadas del cauce actual, atribuidas al Pleistoceno inferior, se sitúan a unos 140 metros sobre la llanura de inundación. Esta disposición puede ser explicada por el levantamiento y basculamiento hacia el noroeste y norte de las terrazas, lo que habría provocado la migración del río Guadalquivir durante el Cuaternario. La evolución del sistema fluvial del Bajo Guadalquivir puede relacionarse con la evolución tectónica reciente de las Béticas occidentales, puesto que el trazado del río y la distribución en planta de las terrazas mimetizan las directrices estructurales del Arco de Gibraltar y la migración del frente de deformación bético.

Palabras clave: Bajo Guadalquivir, terrazas aluviales, migración fluvial, morfotectónica.

Geogaceta, 54 (2013), 143-146.
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

Los sedimentos aluviales cuaternarios del río Guadalquivir afloran extensamente desde el centro de la provincia de Jaén hasta aguas abajo de la ciudad de Sevilla. Se trata de un depósito de escasa potencia, constituido por un complejo sistema de terrazas y por la actual llanura de inundación, que se dispone discordantemente sobre los materiales sedimentarios marinos neógenos que rellenan la Depresión del Guadalquivir.

Los materiales aluviales presentan unas características sedimentológicas heterogéneas, puesto que están integrados tanto por depósitos de grano grueso, asociados al cauce principal, como por depósitos de llanura de inundación, constituidos por arenas finas y limos. La composición de los cantos, fundamentalmente de naturaleza cuarcítica, indica que la fuente de estos materiales se-

dimentarios son los terrenos paleozoicos de Sierra Morena.

Trabajos previos identificaron una secuencia constituida por 14 terrazas, las más altas situadas a unos 200 metros por encima de la actual llanura de inundación, aguas arriba de la zona de estudio. Asimismo, el estudio de yacimientos paleolíticos y el análisis de datos paleomagnéticos permitieron atribuir al Pleistoceno inferior (1,6-1,1 Ma) las cuatro terrazas más altas y antiguas (Baena y Díaz del Olmo, 1994).

El reciente levantamiento tectónico y el encajamiento de la red fluvial del Guadalquivir han originado un desmantelamiento parcial de estos depósitos, especialmente en el sector oriental. No obstante, en la provincia de Sevilla se encuentran muy bien representados en una franja de terreno que se dispone entre el río Guadalquivir, al norte y oeste, y la línea que une las localidades

de Alcalá de Guadaíra, Carmona y Écija, al sur y sureste (Fig. 1).

Los objetivos principales de este trabajo son describir la morfología de los depósitos aluviales del Bajo Guadalquivir y relacionar estos rasgos con la evolución tectónica reciente de la zona de estudio. Para ello, se ha utilizado como herramienta básica el Modelo Digital del Terreno de Andalucía (Junta de Andalucía, 2005) y se han realizado observaciones *in situ* centradas en la composición de los cantos aluviales.

Geomorfología de los depósitos fluviales del Bajo Guadalquivir

El análisis geomorfológico de detalle de los depósitos aluviales se ha centrado en el territorio comprendido entre el río Guadaíra y el arroyo Madre de las Fuentes. A su vez, en esta área se han distinguido dos secto-

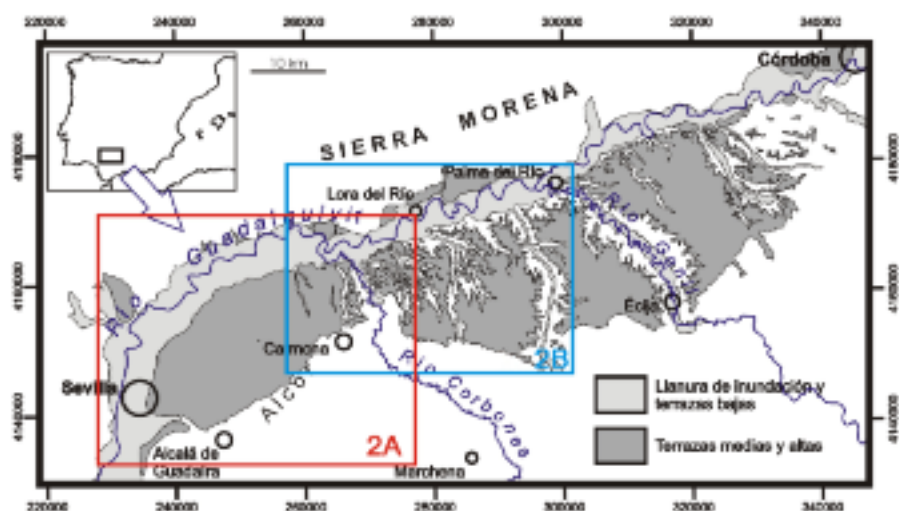


Fig. 1.- Distribución de los depósitos aluviales en el Bajo Guadalquivir y localización de los mapas de la figura 2.

Fig. 1.- Distribution of the alluvial deposits in the Lower Guadalquivir Basin and location of maps of figure 2.

res separados por el río Corbones, con algunas características morfológicas particulares.

Al oeste del río Corbones (Fig. 2A), se han identificado nueve terrazas principales (T1 a T9) que, hacia el este y sureste, se sitúan discordantes sobre los materiales del Mioceno superior, que forman los relieves y la línea de escarpes de El Alcor. En planta, se disponen en franjas subparalelas de forma arqueada (dirección próxima a E-O cerca del río Corbones y próxima a N-S junto al río Guadaíra). Las terrazas más altas se encuentran a unos 150 metros de altitud y descienden progresivamente hacia el cauce del río Guadalquivir, cuya llanura de inundación se encuentra, en este sector, a una cota comprendida entre 6 y 24 metros.

Salvo en las proximidades del río Corbones, donde el encajamiento de la red fluvial actual es evidente, las terrazas se encuentran bien conservadas, apenas retocadas por la erosión fluvial. En general, cuanto más bajas son las terrazas mayor es su superficie de afloramiento.

Destaca el desnivel existente entre la T6-T7 y la T8, próximo a 25 metros, muy nítido en el mapa de pendientes de la figura 2A.

Al este del río Corbones, se pueden identificar, según la transversal, entre cuatro y seis terrazas. En este caso, las terrazas se disponen en franjas de dirección E-O (Fig. 2B).

Al contrario que en el sector anterior, las terrazas altas suelen aflorar extensamente, mientras que las terrazas más bajas no

están presentes o, si lo están, sólo están representadas por pequeños afloramientos próximos al río Corbones.

La terraza más alta y meridional (T1) se encuentra a una altitud comprendida entre 170 y 175 metros, mientras que la llanura de inundación se sitúa a una altitud de 30 a 45 metros. En la parte central y oriental del sector, cabe destacar el gran desnivel, superior a 80 metros, existente entre la terraza más baja (T5) y la llanura de inundación. Otro rasgo notable es el desnivel existente entre la T3 y la T4, de unos 25 metros.

La red fluvial actual, en particular, en la mitad septentrional del sector (Fig. 2B), se encuentra bien desarrollada y, debido al desmantelamiento de los sedimentos aluviales, ha exhumado los materiales margosos del Mioceno superior. El contacto entre los materiales margosos y aluviales es muy evidente en el mapa de pendientes, puesto que presenta una morfología finamente lobulada y viene marcado por un brusco aumento de la pendiente. Sólo los arroyos de Zahariche y Madre de las Fuentes han llegado a prolongar su valle a través de las terrazas más altas.

Toda la red de drenaje excavada en las terrazas fluviales presenta un trazado caracterizado por un tramo inferior de dirección próxima a NO-SE y un tramo superior de dirección próxima a N-S.

Por último, en las figuras 2B y 2C, es muy llamativa la terminación meridional de las terrazas altas, según una línea N100E que marca una rotura de pendiente entre la planicie aluvial y las laderas margosas que

descienden hacia el sur, hasta el valle del río Corbones. Esta alineación interrumpe bruscamente el valle del arroyo de Zahariche y, de forma menos evidente, el del arroyo de la Madre de las Fuentes.

Evolución geomorfológica e implicaciones tectónicas

A partir del análisis geomorfológico del sistema de terrazas del Guadalquivir, Goy *et al.* (1994) concluyeron que, tras la regresión pliocena, el cauce principal se encontraba en el contacto entre los materiales autóctonos de la Depresión del Guadalquivir y los materiales subbéticos. La migración hacia el norte y noroeste durante el Cuaternario sería el origen del sistema escalonado de terrazas.

Nuestras observaciones han permitido constatar este proceso y, además, que durante la migración del cauce principal se ha mantenido el trazado en arco que presenta el río Guadalquivir, cuya dirección cambia progresivamente de casi E-O en las proximidades de Lora del Río, a N-S al sur de Sevilla (Fig. 3A).

Se observa que el curso del río Guadalquivir en la zona de estudio ha migrado unos 20 km en el periodo de formación de las terrazas. Como puede comprobarse en la figura 3A, el desplazamiento del río en el sector oriental se produjo principalmente durante el depósito de las terrazas más antiguas (T1 a T6), mientras que al oeste del río Corbones la migración principal es más reciente y, aparentemente, sigue activa en la actualidad. A partir de las dataciones de Baena y Díaz del Olmo (1994) se puede calcular una tasa de migración media de unos 12,5 km por millón de años.

Si se tiene en cuenta que el nivel marino actual se encuentra relativamente elevado y que las terrazas más altas en la zona de estudio se sitúan unos 140 metros sobre el cauce del río Guadalquivir, cabe deducir que a lo largo del Cuaternario se ha producido un levantamiento tectónico del sistema de terrazas.

Además, un levantamiento desigual que originase un suave basculamiento del conjunto podría ser la causa de la migración del cauce principal y de su posición marginal respecto a los depósitos aluviales, presentes mayoritariamente en la margen izquierda del río Guadalquivir (Fig. 3B). De hecho, la ligera inclinación de la superficie topográfica de las terrazas hacia el norte y

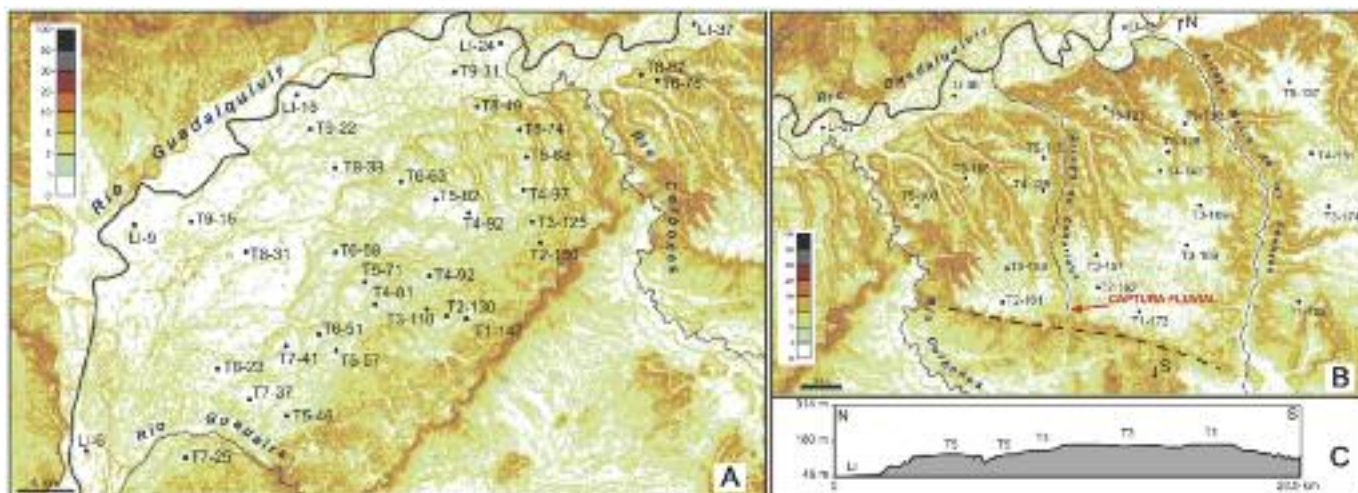


Fig. 2.- Mapa de pendientes de los sectores comprendidos entre los ríos Guadaira y Corbones (Fig. 2A) y entre el río Corbones y el Arroyo Madre de las Fuentes (Fig. 2B). En cada punto se indica un código correspondiente a llanura de inundación (LI) o terraza fluvial (T1 a T9) y, a continuación de la comilla, la cota sobre el nivel del mar (en metros). En la figura 2B, la línea discontinua indica el límite meridional de las terrazas altas (T1 y T2), que se elevan sobre los materiales margosos de la depresión del río Corbones. En la figura 2C se presenta un perfil topográfico N-S del sector oriental.

Fig. 2.- Slope maps for the areas between the rivers Guadaira and Corbones (Fig. 2A), and the rivers Corbones and Arroyo Madre de las Fuentes (Fig. 2B). Each point is labeled with a code corresponding to floodplain (LI) or fluvial terrace (T1 to T9) and, after the quotation mark, the height (in metres) above sea level. In figure 2B, the broken line indicates the southern limit of higher terraces (T1 and T2), which rise over the marly materials of the Corbones basin. Figure 2C shows a N-S topographic profile of the eastern area.

nororoeste, es decir, perpendicularmente al paleocauce que produjo el depósito, es otro argumento que, a falta de datos más concluyentes, podría indicar un basculamiento del conjunto de origen tectónico (Crespo et al., 1975).

Por otra parte, esta evolución geológica reciente de la zona es coherente con la composición y origen de los sedimentos fluviales. Como se ha indicado previamente, los cantos son mayoritariamente de composición cuarcítica e ígnea, por lo que tienen su origen en Sierra Morena (Fig. 3B).

Lógicamente, el depósito de los materiales que constituyen las actuales terrazas debió de ocurrir en una antigua llanura de inundación. Así, cuando se estaba deposti-

tando la actual T1 en el sector oriental (Figs. 2B y 2C), tanto hacia el norte como hacia el sur debían de existir relieves que delimitaban el paleovalle. No obstante, en la actualidad esta terraza forma una planicie más alta que los terrenos circundantes.

El desmantelamiento por erosión de los relieves septentrionales es coherente con los procesos de migración y encajamiento del río Guadalquivir a lo largo del Cuaternario, descritos anteriormente. En cambio, si se analiza con detalle la morfología del contacto meridional de los materiales aluviales, difícilmente se puede atribuir la ausencia de relieves por el sur a la actividad erosiva de la red de drenaje del río Corbones. En efecto, se trata de un contacto cla-

ramente alineado en una dirección (N 100° E), mientras los restantes contactos entre los aluviones y los materiales margosos miocenos, poseen unos profundos entrantes producidos por la erosión lineal de la red fluvial actual y, en detalle, unas formas lobuladas características.

Por otra parte, esta alineación coincide con la repentina terminación de los dos grandes valles que atraviesan perpendicularmente el sistema de terrazas (arroyos de Zahariche y Madre de las Fuentes). En cabecera, las dimensiones de dichos valles están claramente desproporcionadas con sus actuales cuencas vertientes, por lo que se puede afirmar que en tiempos geológicos muy recientes existían unos relieves al

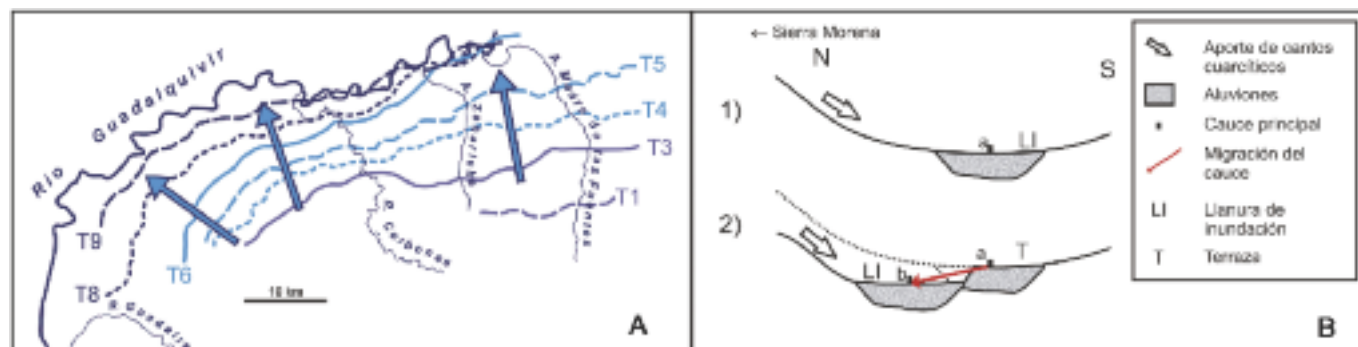


Fig. 3.- Evolución del sistema de terrazas del Bajo Guadalquivir. A) Disposición de las terrazas y migración del curso bajo del río Guadalquivir durante el Cuaternario. B) Esquema evolutivo del proceso de excavación del valle fluvial y del consiguiente desarrollo asimétrico del sistema de terrazas.

Fig. 3.- Evolution of the alluvial terrace system in the Lower Guadalquivir Basin. A) Situation of alluvial terraces and migration of the lower course of the Guadalquivir River during the Quaternary. B) Evolutionary sketch of the cross-cutting process of fluvial valley, and hence the asymmetrical development of terrace system.

sur que formaban la cuenca alta de ambos cauces.

En definitiva, parece más convincente un levantamiento tectónico diferencial para explicar que los antiguos relieves meridionales hayan sido sustituidos por la actual depresión del río Corbones, aunque esta hipótesis convendría que fuese sustentada con otras evidencias geológicas.

La migración hacia el N y W del cauce principal del río Guadalquivir durante el Cuaternario, conjuntamente con el basculamiento a escala regional del sistema de terrazas hacia el NW, puede obedecer a dos tipos de controles tectónicos: hundimiento relativo del borde norte de la depresión debido a fallas normales (y/o flexión local del basamento de la cuenca) y levantamiento diferencial de la zona situada inmediatamente al sur (terrazas más altas y antiguas) producido por estructuras de acortamiento (fallas inversas y pliegues asociados).

Respecto del primer caso, los perfiles sísmicos de reflexión disponibles han puesto de manifiesto la existencia de fallas normales que afectan al basamento de la Cuenca del Guadalquivir. Estas fallas forman un sistema conjugado con buzamientos tanto al Norte como al Sur y no se encuentran concentradas especialmente en el borde norte (Roldán, 1995). En cualquier caso, su edad –Mioceno medio o posterior– no es conocida con precisión.

Por otra parte, evidencias de estructuras de acortamiento recientes en el borde Sur de la depresión del Guadalquivir han sido puestas de manifiesto en diferentes trabajos (Pedrera *et al.*, 2011; Balanyá *et al.*, 2012). Estas tienen orientaciones entre NNE-SSW y NE-SW y corresponden a fallas inversas deducidas de soluciones de mecanismos focales de eventos sísmicos ocurridos en la zona alta del curso del río Corbones.

En este contexto puede decirse que existen evidencias de deformaciones re-

cientes en las Béticas Occidentales cuyas directrices estructurales son subparalelas a las previamente generadas durante el Mioceno. Esta actividad reciente, que supone la continuación del acortamiento radial en la zona del Arco de Gibraltar, podría explicar tanto el trazado del Guadalquivir, que mimetiza las directrices estructurales arqueadas, como la migración hacia el N y W de su curso a lo largo del Cuaternario.

Esta migración vendría condicionada por el desarrollo de nuevas zonas con pendiente topográfica hacia el antepaís, como resultado del crecimiento de la cuña orogénica y consiguiente propagación del relieve sinorogénico hacia el exterior de la cadena.

Conclusiones

Los rasgos geomorfológicos más sobresalientes de los depósitos aluviales del Bajo Guadalquivir son la existencia de un extenso sistema de terrazas en la margen izquierda del río, la ubicación de las terrazas más altas a unos 140 metros por encima de la llanura de inundación actual y una topografía que, a grandes rasgos, presenta una suave pendiente perpendicular al río Guadalquivir. Estas características morfológicas indican que el cauce del Guadalquivir ha migrado en el sector estudiado hacia el norte y noroeste unos 20 km durante el Cuaternario.

Este proceso puede ser explicado por la existencia de movimientos tectónicos diferenciales que han provocado el levantamiento y, posiblemente, un suave basculamiento de los materiales aluviales.

El trazado del cauce actual del río Guadalquivir y la disposición en planta de las distintas terrazas identificadas permiten concluir que, al menos desde el inicio del Cuaternario, el cauce principal ha mantenido un trazado en forma de arco, con dirección cercana a N-S en el tramo situado

en las proximidades de Sevilla y N 030° E aguas arriba de la desembocadura del río Corbones.

Tanto el trazado del río Guadalquivir, subparalelo a las directrices tectónicas de las Béticas Occidentales, como su migración cuaternaria pueden ser atribuidos a la evolución tectónica reciente del Arco de Gibraltar, relacionada con el crecimiento de la cuña orogénica hacia el antepaís.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por los Proyectos de Investigación CGL2009 11-384 y RNM 3713. Agradecemos los comentarios de José Luis Simón Gómez y otro revisor anónimo por su contribución a la mejora de este trabajo.

Referencias

- Baena, R. y Díaz del Olmo, F. (1994). *Geogaceta* 15, 102-104.
- Balanyá, J.C., Crespo-Blanc, A., Díaz-Azpiroz, M., Expósito, I., Torcal, F., Pérez-Peña, V. y Booth-Rea, G. (2012). *Geologica Acta* 10, 249-263.
- Crespo, A., Granados, L., Fernández-Luando, M.C. y Ubaldo, J. (1975). *Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja nº 964 (La Campana) y memoria*. IGME. 14 p.
- Goy, J.L., Zazo, C. y Rodríguez-Vidal, J. (1994). En: *Geomorfología de España* (M. Gutiérrez-Elorza, Ed. coord.). Ed. Rueda, 123-159.
- Junta de Andalucía (2005). *Modelo digital del terreno de Andalucía. Relieve y orografía*. DVD. ISBN: 84-96329-34-8
- Pedrera, A., Ruiz-Constán, A., Galindo-Zaldívar, J., Chalouan, A., Sanz de Galdeano, C., Marín-Lechado, C., Ruano, P., Benmakhlof, M., Akil, M., López-Garrido, A.C., Chabli, A., Ahmamou, M. y González, L. (2011). *Journal of Geodynamics* 52, 83-86.
- Roldán, F.J. (1995). *Evolución Neógena de la Cuenca del Guadalquivir*. Tesis Doctoral, Univ. de Granada, 259 p.