

El relleno de paleodolinas en la cuenca del Ebro y sus posibles aportaciones a la evolución geodinámica y ambiental durante el Pleistoceno

The sedimentary filling of palaeodolines in the Ebro Basin: possible contributions to the geodynamic and palaeoenvironmental evolution during the Pleistocene

Aránzazu Luzón, Antonio Pérez, M^a Asunción Soriano, Héctor Gil, Alfonso Yuste y Andrés Pocoví

Departamento de Ciencias de la Tierra. Fac.Ciencias. Universidad de Zaragoza. Pedro Cerbuna 12. 50009 Zaragoza. aluzon@unizar.es, anperez@unizar.es, asuncion@unizar.es, HECGIL@terra.es, alfon@unizar.es, apocovi@unizar.es

ABSTRACT

The study of the detrital sediments in the Ebro river terraces near Zaragoza has demonstrated that in this area karst is not only an active phenomenon at present but also during the Pleistocene. The Ebro River system had mainly braided features related to a general high water availability and was affected by the development of dolines. The analysis of dolines filling shows syndepositional deformation linked to dissolution processes but probably also to tectonics. The preliminary mineralogical study reveals the existence of some differences depending on the terrace age and also its own potential in palaeoenvironmental and source area studies.

Key words: Paleodolines, karst, syndepositional deformations, Sedimentology, Ebro Basin.

Geogaceta, 48 (2010), 11-14
ISSN: 0213-683X

Fecha de recepción: 15 de febrero de 2010

Fecha de revisión: 21 de abril de 2010

Fecha de aceptación: 28 de mayo de 2010

Introducción

El karst es uno de los fenómenos geológicos tomados en consideración en la actualidad en los planes de ordenación del territorio. El área de Zaragoza, en el sector central de la Cuenca del Ebro (Fig. 1), es una de las más afectadas por este proceso en España debido principalmente a sus características geológicas, ya que el sustrato lo constituyen materiales evaporíticos miocenos cubiertos localmente por depósitos detríticos fluviales y de glaci cuaternarios. En esta zona existe una densa red de dolinas que, tal y como demuestra la comparación de fotografías aéreas de diferentes años o los daños que se generan en edificaciones e infraestructuras recientes (Soriano y Simón, 2002; Guerrero *et al.*, 2004; Simón *et al.*, 2008), han sido activas durante las últimas décadas. Además, existen evidencias en el registro geológico de que el proceso de karstificación fue igualmente activo durante el Pleistoceno, al menos durante algunos episodios.

En los últimos años el karst y las formas kársticas que existen en la zona han sido abordados desde diferentes puntos de vista (Soriano y Simón, 1995;

Gutiérrez *et al.*, 2008, Pueyo *et al.*, 2009), pero no ha sido sino recientemente que el relleno de paleodolinas del sector central de la cuenca del Ebro está siendo estudiado desde la perspectiva específica de la Estratigrafía y la Sedimentología. Ello ha permitido caracterizar el dispositivo sedimentario que representan los materiales afectados por la génesis de dolinas y el modelo de evolución y relleno de las mismas (Luzón *et al.*, 2008), pero, además, muestra su potencial desde otros puntos de vista como el geodinámico o el paleoambiental-paleoclimático.

En este trabajo se muestran los resultados obtenidos hasta la fecha a partir del estudio estratigráfico-sedimentológico de afloramientos considerados terrazas medias del río Ebro (Soriano, 1990) en los alrededores de Zaragoza. El estudio pluridisciplinar de estos afloramientos y de otros más antiguos (terrazas altas de Soriano, 1990) permite plantear nuevas vías y perspectivas de estudio. Tal es el caso de la posible aplicación de estudios mineralógicos para precisar cuestiones de carácter paleoclimático o de procedencias, o el estudio detallado de estructuras

Fig. 1.- Situación geológica de la zona de estudio.

Fig. 1.- Geological setting of the studied area.



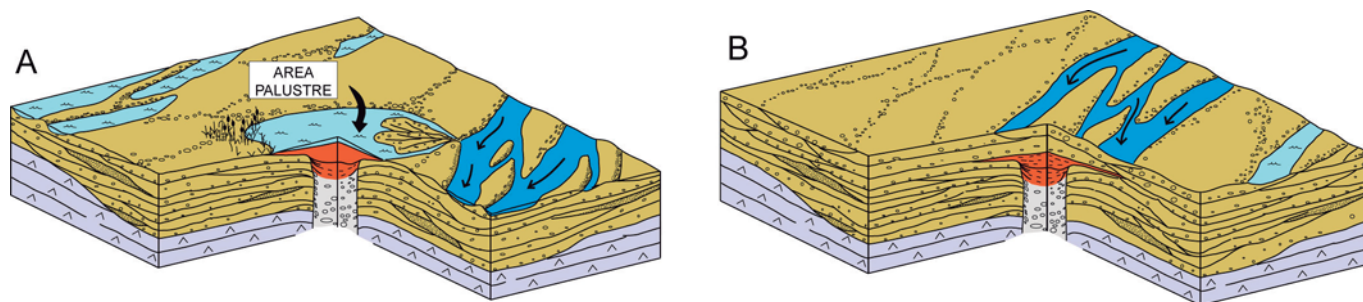


Fig. 2.- Modelo de sedimentación esquemático (modificado de Luzón *et al.*, 2008) propuesto para las terrazas medias del río Ebro en las proximidades de Zaragoza con las gravas fluviales cuaternarias sobre los materiales evaporíticos terciarios. En el bloque A se observa el desarrollo de dolinas en relación con las zonas fluviales. En el bloque B se muestra la misma dolina fosilizada debido a la estabilización del proceso.

*Fig. 2.- Schematic sedimentation model (modified from Luzón *et al.*, 2008) proposed for the middle terraces of the Ebro river near Zaragoza with fluvial Quaternary gravels covering Tertiary evaporites. Sketch A shows the development of dolines in fluvial areas whereas sketch B shows the paleodoline fossilized due to the stabilization of the karst process.*

sedimentarias de deformación y su posible relación con fenómenos kársticos y/o de origen sísmico.

Caracterización sedimentológica del relleno de paleodolinas: situación actual y nuevas perspectivas

Los afloramientos objeto de estudio se corresponden con frentes de cantera en las que en la actualidad se extraen áridos; se encuentran ubicados en su mayoría en las terrazas T3 y T4, situadas a unos 30 y 60 m de altura relativa sobre el cauce del río Ebro (Soriano, 1990). Dominan las gravas silíceas y carbonatadas, generalmente granosostenidas, que se disponen en cuerpos de alta extensión lateral (decenas de metros) y potencia métrica. Se trata de cuerpos generalmente tabulares en los que domina la estratificación horizontal (alternancia de secuencias grava-gravilla) aunque localmente son frecuentes las morfologías canaliformes con estratificación cruzada. Las gravas intercalan niveles arenosos tabulares-cuneiformes de menor extensión que presentan diversas estructuras sedimentarias como estratificación cruzada en surco y planar, laminación horizontal, o laminación cruzada. Lo más llamativo de estos afloramientos es la presencia frecuente de niveles de lutitas que, en su mayoría, muestran morfología lenticular o «en cubeta». Además, las gravas asociadas a estos niveles presentan generalmente una estructura interna desorganizada. El estudio sedimentológico de estos materiales se realiza aplicando la metodología propuesta por Miall (1978, 1996) y se han identificado hasta la fecha siete elementos arquitectónicos: barras de grava (GB), canales de grava (CH), formas del lecho

arenosas (SB), lóbulos de grava (GL), gravas y arenas desorganizadas depositadas en relación con procesos gravitacionales (SG y SGS) y lutitas (FF). Los tres primeros elementos son los más frecuentes y permiten proponer un modelo de sedimentación de sistema fluvial tipo braided dominado por gravas con canales someros y barras de bajo relieve en el que existió alta disponibilidad de agua (Fig. 2). El resto de elementos, que se han interpretado como asociados a la génesis y relleno de paleodolinas (Luzón *et al.*, 2008), se encuentran lateralmente relacionados entre sí: los depósitos lutíticos en cubeta (FF) representan el principal relleno y pasan lateralmente a facies de gravas y arenas desorganizadas (SG y SGS) o a lóbulos de grava (GL) que dibujan abanicos de capas e incluso discordancias progresivas, y marcan los bordes de las dolinas. Estas últimas se desarrollaron como resultado de la génesis de colapsos por disolución del sustrato evaporítico si bien la arquitectura estratigráfica de su relleno evidencia que tras la creación del hueco se produjo una ampliación del mismo en sucesivas etapas. De este modo, las facies de gravas y arenas desorganizadas están asociadas al relleno inicial de los colapsos kársticos por material fluvial previamente depositado y afectado por la disolución del subsuelo, pero las discordancias progresivas evidencian que la deformación por disolución se mantuvo durante toda la fase de relleno. Las paleodolinas se encuentran habitualmente fosilizadas por gravas y arenas no afectadas por deformación que marcan el final del proceso en ese punto (Fig. 2). Las dataciones realizadas por OSL hasta la fecha en las terrazas medias (Luzón *et al.*, 2008) confirman que se depositaron en el Pleistoceno superior.

Por otra parte, el estudio del relleno sedimentario de las paleodolinas ha puesto de manifiesto la existencia de diversas texturas y estructuras de deformación (Fig. 3) no sólo representadas en las terrazas medias sino también en depósitos más antiguos. Por un lado, y como se ha comentado con anterioridad, se desarrollan depósitos de gravedad que en general hemos relacionado con la pérdida de sustrato y el retrabajamiento de material detrítico previamente depositado. Tal es el caso de los elementos arquitectónicos SG (Fig. 3A) y SGS. Por otro lado los abanicos de capas y las discordancias progresivas (Fig. 3B) marcan la existencia de deformación sinsedimentaria, al igual que las numerosas fallas, con componente normal e inversa, que afectan a las facies fluviales y que a menudo están fosilizadas.

Pero analizando los rellenos de las depresiones con más detalle se observa que existen otras estructuras de deformación de pequeña escala. Son frecuentes las facies de arenas con laminación convolucionada (Fig. 3C) o las gravas afectadas por pequeños slumps en el borde de las dolinas, pero también las estructuras de licuefacción y las microfallas y micropliegues afectando a arenas y lutitas (Fig. 3D y E). Estas estructuras pudieron generarse en relación con los movimientos del subsuelo debidos al proceso de disolución y subsidencia, si bien el hecho de que se encuentren estructuras de deformación afectando igualmente a depósitos fluviales no colapsados (Figs. 3F y 3G) permite plantear que su génesis podría haber estado igualmente relacionada con la existencia de movimientos sísmicos de origen tectónico que, a su vez pudieran ser la causa inductora de los colapsos, eso sí, sobre un sustrato muy afectado.

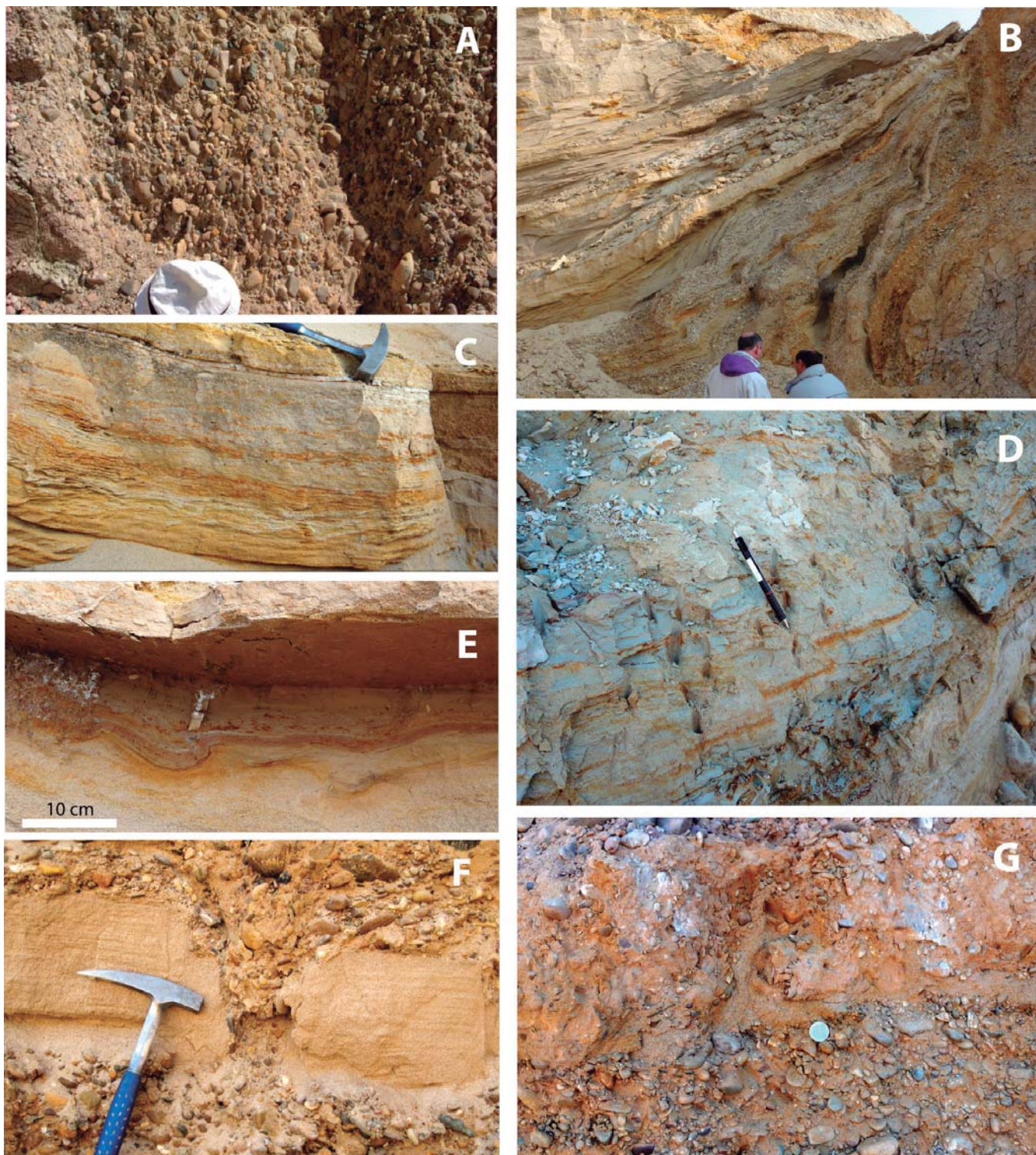


Fig. 3.-Texturas y estructuras en los depósitos estudiados que evidencian deformación. A) Facies SG; nótese el eje vertical de los clastos. B) Abanico de capas afectando a capas de gravas y arenas en el borde de un colapso. C) Laminación convolucionada en arenas y limos. D) Microfallas.

E) Estructuras de licuefacción. F) Pequeño colapso de gravas relacionado con el desarrollo de una falla en el nivel infrayacente (arenas). G) Estructuras de escape de fluidos. A a E se encuentran en el relleno de las paleodolinas mientras que F y G se encuentran en los depósitos fluviales no afectados por grandes colapsos.

Fig. 3.- Textures and structures in the studied deposits which evidence deformation. A) Facies SG; note the vertical axis of the clasts. B) Progressive unconformity affecting gravels and sands in a collapse border. C) Convolute lamination in sands and silts. D) Microfaults. E) Liquefaction structures. F) Gravel collapse related to a fault affecting sands. G) Fluid escape structures. A to E are located inside palaeodolines whereas F and G are in fluvial deposits not affected by big collapses.

tado por disolución dadas sus características. En este sentido, la existencia de discordancias angulares de amplia extensión dentro de una misma terraza podría avalar el hecho de que, independientemente del proceso de disolución kárstica, hayan existido movimientos tectónicos durante el Pleistoceno. Por el momento, nuestro estudio se encuentra en una fase muy preliminar en relación a este punto, pero se ha comenzado a realizar un inventario de estructuras de deformación atendiendo al tipo, material afectado y distancia con respecto a zonas de colapso. Asimismo se está realizando un estudio sistematizado de las fallas presentes con el fin de determinar su posible relación con la tectónica regional.

Otro de los aspectos interesantes en el estudio de las paleodolinas, es que éstas actuaron como pequeñas lagunas adyacentes al sistema fluvial y ello ha permitido la conservación de depósitos lutíticos a pesar de la migración de canales y erosión de áreas de inundación que caracterizaron a un sistema como el que nos ocupa. El análisis mineralógico preliminar de estos materiales evidencia la existencia de cambios verticales en la mineralogía de muestra total de los rellenos y la presencia de distintos tipos de filosilicatos. Los filosilicatos se originan fundamentalmente por transformación o alteración de otras fases silicatadas previas o por precipitación directa a partir de iones en solución. Sea cual sea su origen, existe una relación entre el tipo, composición y cristalinidad de un filosilicato y las condiciones ambientales en las que se originó. Es evidente, por tanto, la importancia que tiene la identificación y caracterización precisa de los filosilicatos que constituyen las fracciones finas para la obtención de datos paleoambientales. Asimismo, a falta de otros estudios como la caracterización de minerales pesados en arenas, el estudio de los filosilicatos detríticos puede aportar información sobre la proceden-

cia de los materiales. Nuestros datos muestran un claro predominio de illita sobre el resto de filosilicatos presentes que incluyen clorita, caolinita, esmectita, sepiolita y paligorskita. Las unidades geológicas que constituyen el área fuente de este sistema (C. Ibérica y Pirineos) incluyen todos estos minerales, si bien, y tal y como se deduce del estudio por microscopía electrónica de barrido, algunos de ellos (paligorskita y sepiolita) podrían ser en algunos casos neoformados. Estos últimos pueden proporcionar información directa de las condiciones físico-químicas prevalentes en las pequeñas lagunas en las que se generaron. Asimismo, si se comparan los datos mineralógicos de rellenos de paleodolinas de las terrazas medias con los de las más antiguas se observa que, a pesar de que la asociación mineralógica de muestra global no varía considerablemente, sí lo hace la asociación de minerales de la arcilla, existiendo, por ejemplo, mayor presencia de esmectita en las terrazas altas y menor contenido en caolinita, que está bien representada en las medias. Incluso atendiendo exclusivamente a la muestra global existen claras diferencias entre terrazas en lo que se refiere a los contenidos relativos entre distintos minerales y por tanto en las covarianzas.

Conclusiones

Los depósitos fluviales de las terrazas medias del río Ebro se depositaron en un sistema braided conglomerático con alta disponibilidad de agua durante el Pleistoceno. El sistema se vio afectado por la existencia de dolinas debido a la disolución del sustrato evaporítico infrayacente y al desarrollo de colapsos. Las estructuras de deformación y las discordancias angulares observadas sugieren, que a pesar de la indudable influencia del karst en el proceso, la actividad sísmica pudo jugar un papel importante.

El estudio mineralógico preliminar evidencia diferencias en las asociaciones de minerales entre distintos niveles de terraza que sin duda tendrán un reflejo en la propuesta de modelos paleogeográficos y/o paleoambientales para el Pleistoceno en esta zona.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos PI 030/08 del Gobierno de Aragón, GA-LC-026/2009 del Gobierno de Aragón-Caixa y de la Universidad de Zaragoza UZ 2008-CIE-21.

Referencias

- Guerrero, J., Gutiérrez, F. y Lucha, P. (2004). *Engineering Geology*, 72, 309-329.
- Gutiérrez, F., Guerrero, J. y Lucha, P. (2008). *Environmental Geology*, 53, 993-1006.
- Luzón, M.A., Pérez, A., Soriano, M.A. y Pocoví, A. (2008). *Sedimentary Geology*, 205, 1-13.
- Miall, A.D. (1978). *Fluvial Sedimentology*. Canadian Society of petroleum Geologists. Mem. 5, 859 p.
- Miall, A.D. (1996). *The Geology of Fluvial Deposits. Sedimentary Facies, Basin analysis, and Petroleum Geology*. Springer-Verlag, 582 p.
- Pueyo, O., Pocoví, A., Soriano, M.A. y Casas, A.M. (2009). *Engineering Geology*, 108, 225-236.
- Simón, J.L., Soriano, M.A., Arlegui, L.E., Gracia, J., Liesa, C.L. y Pocoví, A. (2008). *Environmental Geology*, 53, 1057-1065.
- Soriano, M.A. (1990). *Geomorfología del sector centromeridional de la Depresión del Ebro*. Institución Fernando el Católico, 269 p.
- Soriano, M.A. y Simón, J.L. (1995). *Geomorphology*, 11, 295-309.
- Soriano, M.A. y Simón, J.L. (2002). *Environmental Geology*, 42, 476-484.