

Ejemplos de formas paleokársticas y depósitos asociados en los materiales detríticos de terraza del río Ebro

Examples of palaeokarst forms and associated deposits in the detrital materials of the Ebro river terraces

Héctor Gil, Aránzazu Luzón, María Asunción Soriano, Óscar Pueyo, Andrés Pocoví y Antonio Pérez

Departamento Ciencias de la Tierra, Fac.Ciencias, Universidad de Zaragoza, Pedro Cerbuna 12, 50009 Zaragoza, España. hecgilgarbi@gmail.com, aluzon@unizar.es, asuncion@unizar.es, opueyo@gmail.com, apocovi@unizar.es, anperez@unizar.es.

ABSTRACT

In this work several examples of karst morphologies and their associated deposits in the T3 terrace level of the Ebro River are described and characterized. The study was carried out from a multiproxy approach (geomorphological, sedimentological, structural and geophysical). Three examples of palaeodolines (some of them synsedimentary) generated within a braided fluvial system, are described and interpreted according to their morphology and internal characteristics. Moreover a temporal relationship between the time of deposition of the deformed materials and the karstic dissolution process is proposed. The similarity of fracture trends in Neogene and Quaternary materials points to a possible structural conditioning for doline genesis. Moreover GPR profiles have permitted to identify karst morphologies in the subsoil and estimate the position of the Neogene rocks.

Key-words: Karst, palaeodoline, braided river system, Quaternary, Ebro Basin.

RESUMEN

En este trabajo se describen y caracterizan diversos ejemplos de formas kársticas y depósitos asociados en el nivel de terraza T3 del río Ebro. El estudio se ha llevado a cabo desde una perspectiva multidisciplinar (geomorfológica, sedimentológica, estructural y geofísica). Se describen tres ejemplos de paleodolinas, (alguna de ellas sinsedimentarias) generadas dentro de un sistema fluvial trenzado, atendiendo a su morfología y características internas y se deduce para cada una la relación entre el momento de depósito de los materiales afectados y el fenómeno de disolución kárstica. Las direcciones de fractura en las paleodolinas y su entorno, indican un posible condicionante estructural de la fracturación del substrato evaporítico en su formación. Además la prospección con georradar ha permitido caracterizar en profundidad diferentes morfologías kársticas y estimar la posición del substrato evaporítico.

Palabras clave: Karst, paleodolina, sistema fluvial trenzado, Cuaternario, Cuenca del Ebro.

Geogaceta, 52 (2012), 97-100.
ISSN 2173-6545

Fecha de recepción: 15 de febrero de 2012
Fecha de revisión: 26 de abril de 2012
Fecha de aceptación: 25 de mayo de 2012

Introducción

El área central de la Cuenca del Ebro es una de las zonas más afectadas por procesos kársticos de la Península Ibérica. Sus características geológicas, con la existencia de un substrato evaporítico mioceno, una cobertera detrítica cuaternaria y la presencia de agua procedente, básicamente, de los excedentes de regadíos de la zona, favorecen el desarrollo de la karstificación (Soriano y Simón, 1995). Esta se produce bajo los materiales cuaternarios, modelados fundamentalmente en niveles de terraza y glaciais, lo que genera numerosas dolinas aluviales en superficie.

En los últimos años el estudio del karst en la región se ha abordado desde una

perspectiva multidisciplinar (estratigráfica-sedimentológica, geomorfológica, estructural, geofísica, mineralógica...,etc.), focalizándose en los depósitos de terrazas (Pérez *et al.*, 2011; Soriano *et al.*, 2012). Estos trabajos muestran que la karstificación de los materiales evaporíticos ocurrió también durante el Cuaternario, observándose en los niveles de terraza deformaciones (fallas, fracturas, sinformes,etc.). Éstas han sido atribuidas en su mayoría a morfologías kársticas (paleodolinas) producidas por mecanismos de disolución del substrato junto con la movilización, evacuación y hundimiento de la cobertera detrítica. Además, estos estudios han permitido establecer que los materiales cuaternarios se depositaron principalmente en un sistema fluvial con-

glomerático trenzado con alta disponibilidad de agua (Luzón *et al.*, 2008). En muchas ocasiones se observan depósitos no habituales en un contexto fluvial de estas características que han sido relacionados con el desarrollo de morfologías kársticas sinsedimentarias, (Luzón *et al.*, 2008; Soriano *et al.*, 2012).

El objetivo del presente trabajo es mostrar ejemplos de diferentes formas kársticas y sus depósitos asociados, en diversos afloramientos enclavados en dos canteras de extracción de áridos situadas al sur de la localidad zaragozana de Alagón, en la confluencia de los ríos Ebro y Jalón (Fig. 1). Las canteras estudiadas se emplazan en el nivel de terraza T3 (Soriano 1990), situado a unos 30 metros sobre el cauce actual del río Ebro.

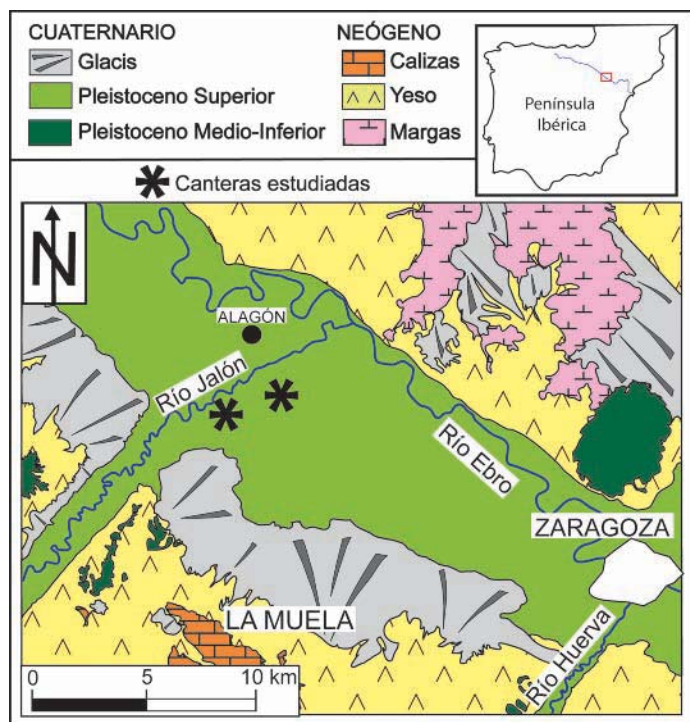


Fig. 1.- Situación geológica del área y las canteras estudiadas.

Fig. 1.-Geological map of the studied area and location of quarries.

Metodología

Para alcanzar los objetivos propuestos, se han caracterizado los depósitos a partir de la metodología propuesta por Miall (1978; 1996), atendiendo a criterios de litología, textura y geometría de los depósitos. Se obtuvieron 3 muestras de arena para la datación de los materiales de la terraza mediante luminiscencia ópticamente estimulada (OSL). Se han descrito y medido en campo los parámetros morfológicos de las diferentes formas kársticas presentes. También se llevó a cabo un análisis estructural de todas las fracturas encontradas en los afloramientos, controlando especialmente su dirección, desplazamiento y componente. Estos datos se compararon con los de la fracturación existente en las rocas neóge-

nas de la zona para determinar su posible relación. Con el objeto de definir la geometría de las paleodolinas en profundidad e inferir la posición del substrato yesífero, se llevó a cabo una campaña de prospección geofísica con georradar, utilizando un equipo RAMAC, con antenas apantalladas de 100 MHz de frecuencia central y posteriormente se procesaron los datos.

Resultados y discusión

Se han identificado 13 litofacies que se han agrupado en 5 elementos arquitectónicos que se describen e interpretan en la tabla I. Las observaciones realizadas confirman que dichos materiales se depositaron en un sistema fluvial trezado con presencia de canales y barras de grava de bajo re-

lieve. Sin embargo algunas de las facies y elementos arquitectónicos (facies Gd y elemento SG) no son “típicos” de un sistema fluvial trezado y parecen tener una relación directa con el fenómeno kárstico. Asimismo la presencia y extensión de algunas capas lutíticas son poco habituales en este tipo de sistemas.

Las 3 dataciones obtenidas en los estratos arenosos de esta terraza (Tabla II), indican que el depósito de los materiales se produjo durante el Pleistoceno medio-superior.

Muestra	Profundidad muestra	Edades obtenidas
PN-12	5,8 m	113930 ± 7728 BP
PN-11	22,4 m	149081 ± 12678 BP
CTV-13	15 m	103783 ± 7096 BP

Tabla II.- Edades obtenidas mediante OSL.
Table II.- OSL dating.

En las dos canteras estudiadas se han encontrado estructuras de deformación cuyas características indican que se trata de paleodolinas (Arlegui y Simón, 2000). Se han descrito hasta 3 ejemplos de morfologías diferentes:

Ejemplo 1: Geometrías sinformes o en embudo con una extensión lateral y vertical menor de 6 metros (Fig. 2A). Están delimitadas por fallas normales e inversas con un desplazamiento inferior a un metro. En el interior se observan fracturas, tanto normales como inversas, de desplazamiento centimétrico distribuidas a lo largo de toda la estructura, presentándose la mayor densidad cerca de los flancos del sinforme. Los cantos tienen el eje mayor verticalizado, (facies Gd y elemento SG), (Tabla I). Estas características evidencian que la deformación de estos materiales es postsedimentaria. En

Elemento	Facies	Geometría externa			Caract. Internas (textura, fabrica...)	Interpretación
		Geometría	Espesor (m)	Extensión lateral (m)		
GB	Gm/Gh y Sh Gp y Sp	Tabular	0,5-2	2-10	Textura clastosoportada de gravas redondeadas/ subredondeadas, con imbricación de cantos	Barras longitudinales y barras transversales
CH	Gt y St	Canaliforme	0,2-2	1-5	Textura clastosoportada de gravas redondeadas/ subredondeadas	Canales
SB	Sh, Sr, St y Sp	Tabular o lenticular	0,1-2,2	1-15	Arenas de tamaño de grano fino, medio y grueso con estratificación cruzada	Pequeños canales y formas de lecho arenosas
SG	Gd	Irregular	3	6	Gravas masivas y desorganizadas, a menudo gravas con el eje "a" vertical	Colapsos y relleno de deformaciones kársticas
FF	Fm, Fr, Fl	Tabular o irregular	0,5-2,3	5-150	Limos y lutitas laminadas, con bioturbación o masivas	Depósitos de desbordamiento y relleno de dolinas

Tabla I.- Principales litofacies y elementos arquitectónicos identificados.
Table I.- Main lithofacies and architectural elements identified.

algunas zonas de la cantera estas estructuras son muy numerosas, dando lugar a cuerpos totalmente distorsionados donde se ha perdido la práctica totalidad de las características sedimentológicas iniciales.

Ejemplo 2: Presentan morfología sinforme y extensión lateral y vertical similares a las del ejemplo 1 (Fig. 2B). Ocasionalmente, están delimitadas por fallas normales, con desplazamiento inferior a un metro. En su interior, especialmente en niveles arenosos, se encuentran fallas normales o inversas de desplazamiento milimétrico a centimétrico. En estas estructuras los materiales conservan su textura original. A pesar de ello, la deformación, al igual que en el caso anterior sería postsedimentaria.

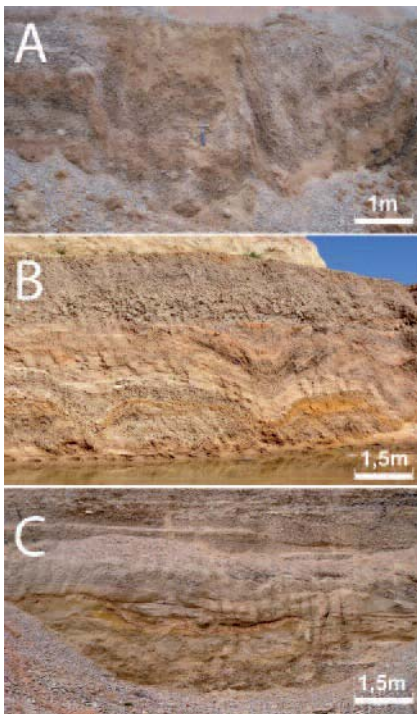


Fig. 2.- Ejemplos de paleodolinas: A) Ejemplo 1 con relleno de depósitos desorganizados y numerosas deformaciones. B) Sinforme postsedimentario, (ejemplo 2). C) Ejemplo 3 con depósitos lutíticos en cubeta.

Fig. 2.- Palaeodoline examples: A) Example 1 of palaeodoline with abundant deformation structures and disorganized deposit fillings. B) Postsedimentary sinform (example 2). C) Example 3 with lutitic deposits.

Ejemplo 3: Presentan una morfología sinforme o planoconvexa, su extensión lateral es muy variable (de 3 m a 200 m aproximadamente) y su desarrollo vertical no superior a 3 metros. En su interior se observan depósitos lutíticos (facies Fm, Fl y Fr) que se adaptan a la morfología descrita

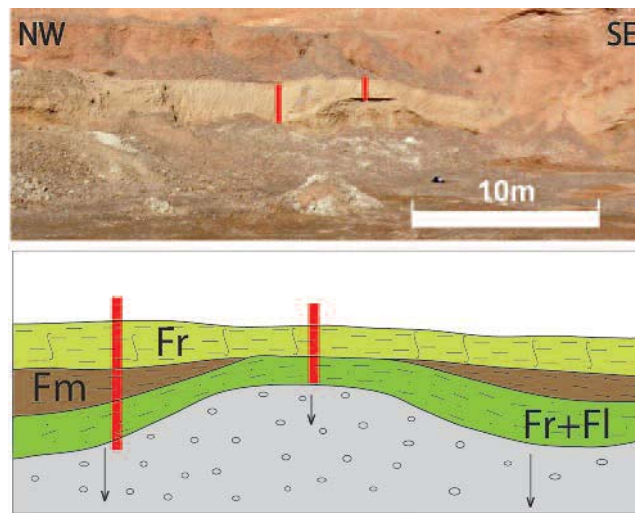


Fig. 3.- Foto y esquema de morfología del ejemplo 3. Se muestra la variación de facies lutíticas debido a la presencia de umbrales y depocentros.

Fig. 3.- Photo and sketch of example 3 morphology. The lithofacies changes due to the existence of thresholds and depocenters are showed.

(elemento FF), (Fig. 2C). Estos depósitos pueden estar afectados por pequeñas fallas normales o inversas de desplazamiento milimétrico. En las capas lutíticas más extensas se pueden observar variaciones de potencia pudiendo definirse depocentros y umbrales, de manera que en alguna de las unidades lutíticas existen cambios bruscos en las características y potencia de las facies (Fig. 3). Esto indicaría que la sedimentación de estos materiales se habría producido de forma sinsedimentaria a la actividad de la dolina.

Por lo que respecta a las fracturas analizadas pueden tener un desplazamiento meso- (Fig. 4A) o micrométrico, aunque en la mayoría de los casos no superan los 5 cm. Tanto las fracturas sin desplazamiento, como las fallas normales y fallas inversas se hallan en un número similar. Otra característica muy frecuente es la aparición de sistemas de fracturación conjugados dentro de los niveles arenosos, que son especialmente sensibles registrando la deformación. La mayoría presentan elevado buzamiento con superficies de rotura planas.

Pese a la dispersión de direcciones en fallas y fracturas, en el análisis estructural se pueden distinguir dos direcciones preferentes: NNE-SSW y ESE-WNW (Fig. 4B). Estas serían concordantes con los campos de esfuerzos actuantes en la región durante el Cuaternario (Arlegui y Simón, 2000) y con la dirección de las fracturas del substrato yesífero mioceno en la zona, con direcciones N-S y E-W (Fig. 4C). A partir de estos datos pensamos que las fracturas del substrato actuarían como vías preferentes de disolución desarrollándose en la cobertera paleodolinas con deformaciones congruentes con las de los materiales neógenos.

A partir de la morfología de las paleodolinas, de la textura de los sedimentos, de las estructuras de deformación y de si estas han sido post o sinsedimentarias, se deduce que: (1) En aquellas representadas por el ejemplo 1, además de la disolución del substrato, el proceso dominante en su desarrollo ha sido el colapso de los materiales fluviales previamente depositados. (2) Las englobadas en el ejemplo 2 se desarrollarían por subsidencia lenta provocada por la sufusión de los materiales detríticos o por el amortiguamiento hacia techo de colapsos generados a mayor profundidad. De

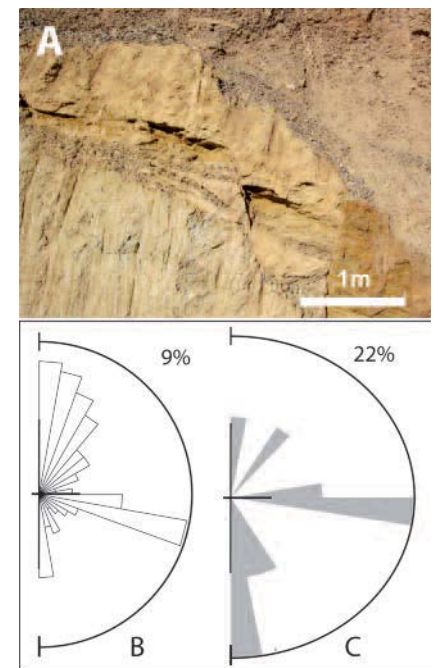


Fig. 4.- A) Falla normal. B y C) Fractura en los materiales cuaternarios y neógenos

Fig. 4.- A) Normal fault. B and C) Rose diagram of fractures in the Quaternary and Neogene materials, respectively.

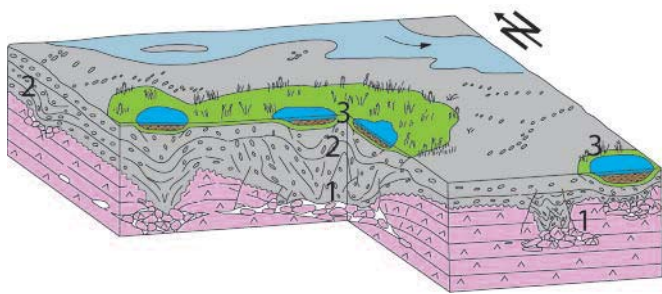


Fig. 5.- Relación de los diferentes ejemplos de morfologías kársticas (1, 2 y 3) dentro del sistema fluvial trenzado.

Fig. 5.- Relationship of different examples of palaeokarst morphologies (1, 2 and 3) within the braided river system.

nuevo la deformación es postsedimentaria (3). El último de los ejemplos responde a los mismos procesos que el ejemplo 2 pero en este caso la deformación que afecta a los materiales es sinsedimentaria (Fig. 5). Estas paleodolinas son de colapso y sufosión (Williams, 2003).

Aunque las deformaciones relacionadas con el karst se podrían haber producido tanto en zonas activas como marginales del sistema fluvial, la litología y extensión de los materiales asociados al ejemplo 3 indican que estas morfologías se desarrollarían en las partes inactivas del sistema (Fig. 5).

La prospección geofísica en frentes de cantera ha permitido identificar la manifestación en profundidad de algunas de las deformaciones observadas en los taludes de las canteras. En el perfil de la figura 6 domina una disposición horizontal de los reflectores pero en puntos concretos existen interrupciones locales, que dibujan geometrías plano-concavas con profundizaciones repentinas de los reflectores. También en ocasiones se advierte variación en profundidad de su pendiente.

Todas estas características confirman el desarrollo de colapsos en profundidad. Además se aprecia un contacto atenuante entre 15 a 20 m bajo la superficie, que presenta una disposición general horizontal, pero con profundizaciones repentinas o interrupciones locales, correlacionables con los cambios identificados anteriormente. Tras contrastar la profundidad a la que se encuentra esta atenuación con datos de sondeos disponibles en la zona, (inventario de puntos de agua de la Confederación Hidrográfica del Ebro), parece que ésta se

corresponde con el límite superior del substrato yesífero.

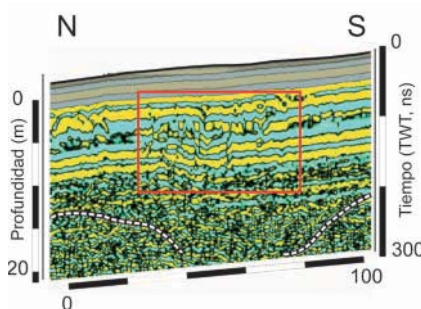


Fig. 6.- Perfil de georradar con interrupciones locales y profundización de los reflectores (recuadro). En línea blanca discontinua contacto atenuante.

Fig. 6.- GPR profile with local disruptions and deepening of the reflectors (square). Signal attenuation contact pointed out by the white dashed line.

Conclusiones

El análisis multidisciplinar de los depósitos cuaternarios de la terraza T3 del río Ebro (Soriano 1990), al noroeste de Zaragoza, ha permitido determinar, que la génesis de dichos materiales se produjo en un sistema fluvial de tipo trenzado. Se han encontrado facies atípicas a este sistema relacionadas con la existencia de paleodolinas. Se han distinguido tres ejemplos, atendiendo a su morfología, características internas, procesos kársticos, y al hecho de si existe deformación postsedimentaria o sinsedimentaria. Los ejemplos estudiados son paleodolinas de sufosión y colapso. El análisis de las fracturas presentes en los frentes

de cantera, asociado en muchas ocasiones a morfologías evidentes de paleodolinas, confirma la existencia de direcciones preferentes (NNE-SSW y ESE-WNW) que coinciden en gran medida con las fracturas de los materiales neógenos cercanos y con los campos de esfuerzos supuestos para esta región en el Cuaternario. Las discontinuidades del substrato evaporítico actuarían como vías preferenciales para la karstificación y la generación en la cobertera detrítica de paleodolinas. La prospección mediante georradar ha permitido caracterizar en profundidad alguno de los paleocolapsos observados y establecer su relación con variaciones del substrato soluble.

Agradecimientos

Este trabajo es una contribución a los proyectos PI 030/08 del Gobierno de Aragón, GALC-026/2009 del Gobierno de Aragón-Caixa y de los grupos DGA: Geotransfer y Análisis de cuencas sedimentarias continentales. Agradecemos además al grupo MLN sus facilidades para estudiar afloramientos de sus canteras.

Referencias

Arlegui, L.E. y Simón, J.L. (2000). *Cuaternario y Geomorfología*, 14, 11-20.

Luzón, 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.

Pérez, A. Pueyo, O., Gil, H., Soriano, M.A., Luzón, A. y Pocoví A. (2011). *Geogaceta*, 50-2, 117-120.

Soriano, M.A. (1990). *Geomorfología del sector centro-meridional de la Depresión del Ebro*. Institución Fernando el Católico. Diputación Provincial de Zaragoza. Zaragoza (España), 269 p.

Soriano, M.A. y Simón, J.L. (1995). *Geomorphology*, 11, 295-309.

Soriano, M.A., Luzón, A., Yuste, A., Pocoví, A., Pérez, A., Simón, J.L. y Gil, H. (2012). *Journal of Cave and Karst Studies*, 74, 173-185.

Williams P. (2003). Dolines. En *Encyclopedia of Caves and Karst Science*, (J. Gunn, Ed). Fitzroy Dearborn, New York, 304-310.