

Deltas de gravas asociados a depósitos fluviales pleistocenos afectados por colapsos kársticos y su estudio con ayuda de técnicas GPR (Cuenca del Ebro, NE de España)

Gravel deltas associated with Pleistocene fluvial deposits affected by karstic collapses, and their study with GPR techniques (Ebro Basin, NE Spain)

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

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

ABSTRACT

In this work a detrital (gravels, sands and minor lutites) unit characterised by high scale cross-strata enclosed in Pleistocene braided fluvial gravels is described and interpreted. The studied succession, located in the central area of the Ebro Basin, overly Neogene evaporites. Sedimentological analysis supported by georadar survey, that reveal spatial distribution and geometry of karst forms in the subsoil, allow to interpret the cross-strata unit as a result of delta progradation into a lake whose genesis was related with karstification processes and doline development during the Pleistocene.

Key-words: Gravel delta, braided fluvial system, karst, GPR, Ebro Basin.

RESUMEN

En este trabajo se describe e interpreta una unidad detrítica (gravas, arenas y escasas lutitas) intercalada entre gravas fluviales desarrolladas en sistemas entrelazados, caracterizada por la presencia de estratificación cruzada de gran escala. La sucesión estudiada, localizada en la zona central de la Cuenca del Ebro, recubre evaporitas Neógenas. El análisis sedimentológico, completado mediante estudios de georradar que revela la distribución y geometría de formas kársticas en el subsuelo, permite interpretar la unidad de estratificación cruzada como resultado de la progradación de un delta en un lago cuya génesis estuvo relacionada con procesos de karstificación y desarrollo de dolinas durante el Pleistoceno.

Key-words: Delta de gravas, sistema fluvial entrelazado, karst, GPR, Cuenca del Ebro.

Geogaceta, 50-2 (2011), 117-120.
ISSN:2173-6545

Fecha de recepción: 14 de Febrero de 2011
Fecha de revisión: 28 de Abril de 2011
Fecha de aceptación: 27 de Mayo de 2011

Introducción

En el sector central de la Cuenca del Ebro existe un importante desarrollo de procesos kársticos, generados por la disolución de evaporitas del Neógeno, que afectan a los depósitos fluviales cuaternarios suprayacentes. Muchos de los trabajos sobre karst en esta zona se han centrado en los espesores anómalos que localmente presentan algunas terrazas fluviales y en la presencia de campos de dolinas actuales desarrolladas sobre los sedimentos cuaternarios (Soriano y Simón, 1995; Benito *et al.*, 2000; Gutiérrez *et al.*, 2005; Pueyo *et al.*, 2009). Las dolinas son los elementos morfológicos más representativos desarrollados en la actualidad, pero también se pueden observar paleodolinas en afloramientos correspondientes a depósitos de terrazas del Pleistoceno que presentan con frecuencia evidencias de deformación sinsedimentaria

(abanicos de capas, fallas fosilizadas por capas de gravas, basculamientos de capas, discordancias, etc). Estas paleodolinas son en muchas ocasiones la única prueba del desarrollo de colapsos antiguos.

Estudios sedimentológicos recientes (Luzón *et al.*, 2008) han permitido confirmar que el contexto sedimentario dentro del que se desarrollan dichas paleodolinas corresponde a sistemas fluviales entrelazados con barras y canales de gravas. Estos mismos autores ponen de manifiesto que en algunos de los afloramientos estudiados es frecuente la presencia de capas de lutitas que muestran morfologías en cubeta. Asociados lateralmente a estas facies lutíticas, se encuentran depósitos de gravas desorganizadas resultado de la actuación de procesos gravitacionales, así como lóbulos de gravas. Todos ellos son depósitos anómalos dentro del sistema fluvial mencionado, y representan rellenos de antiguas dolinas. Siguiendo en esta línea de trabajo, se han es-

tudiado nuevos afloramientos en frentes de cantera próximos a la localidad de Mediana de Aragón (Fig. 1). Se trata de series constituidas predominantemente por gravas con escasas intercalaciones de lutitas grises con deformaciones, presentado las gravas localmente estratificación cruzada de tipo foreset de gran escala.

El objeto del presente trabajo es la caracterización sedimentaria de estos depósitos y el estudio de su relación con los procesos kársticos (colapsos) identificados en la zona.

Metodología

Para la caracterización de los depósitos se ha llevado a cabo un estudio sedimentológico basado en el análisis de facies (Miall, 1996) de acuerdo con los criterios de textura y geometría de los depósitos. Se han realizado estudios granulométricos me-



Fig. 1.- Situación geológica del área estudiada.
Fig. 1.- Geological setting of the studied area.

diente tamizado en seco de arenas y gravas, usando escala de tamices en intervalos de ¼ de unidades phi. Las muestras, previamente secadas a 100°C, han sido tamizadas durante 20 minutos en una tamizadora AMPO.40 W220 HZ59.

Para conocer la geometría de los depósitos en profundidad y sus relaciones con el substrato yesífero se han realizado estudios geofísicos (georradar). Se ha utilizado un equipo RAMAC de la marca MALA, con antenas apantalladas de 100, 250 y 500 MHz de frecuencia central. El procesado de los datos de la prospección ha consistido en aplicar un tratamiento de amplificación de la señal con la profundidad, suavizado (*stacking*), y filtro de frecuencias fuera de rango.

Descripción de los depósitos

Los frentes de cantera estudiados se sitúan en la margen derecha del río Ebro, a unos 30 km al sureste de la ciudad de Zaragoza. La edad de los depósitos, basada

en su posición estratigráfica, es Pleistoceno inferior (Marqués *et al.*, 1998) y corresponden con el nivel de terraza más antiguo del río Ebro (Soriano, 1990).

La sucesión estratigráfica viene dada por una serie subhorizontal, de unos 10 m de espesor en afloramiento, integrada por gravas poligénicas con raras intercalaciones de lutitas grises y de arenas amarillentas, en la que se diferencian tres unidades sedimentarias (Fig. 2).

La unidad inferior (Unidad 1), se reconoce en continuidad de afloramiento a lo largo de unos 125 m. Presenta geometría tabular, e internamente desarrolla una estratificación cruzada de gran escala observable a lo largo de todo el afloramiento (Figs. 3 y 4). Los cuerpos que forman la estratificación cruzada presentan espesor de decimétrico a métrico y una inclinación de unos 20°. Son gravas con textura granosostenida y contenido variable en matriz (de abundante a ausente). En ocasiones estas gravas pasan lateralmente y hacia abajo a gravas soportadas por una matriz margosa,

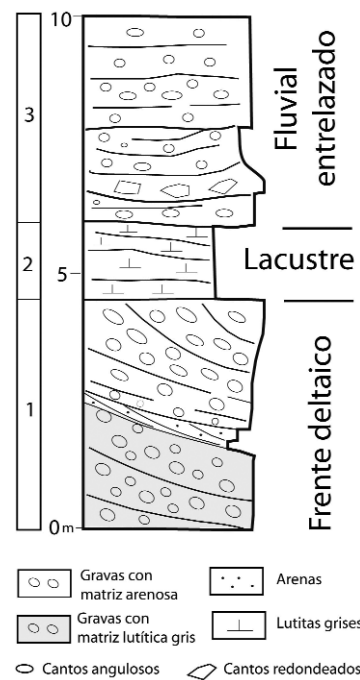


Fig. 2.- Sucesión estratigráfica y caracterización ambiental de los materiales del Pleistoceno inferior en la región de Mediana de Aragón.
Fig. 2.- Stratigraphic succession and palaeoenvironmental interpretation of the Early Pleistocene deposits in Mediana de Aragón area.

y distribución bimodal; conteniendo cantos blandos de composición igualmente margosa. Los intervalos arenosos están constituidos por estratos de 10-30 cm que se ordenan, a veces, según una evolución vertical estrato y granocreciente (Fig. 3B y C), pasando lateralmente, a limos y arcillas grises.

Sobre este conjunto de gravas inferior, se identifica de forma discontinua una sucesión de lutitas grises (Unidad 2) en estratos poco potentes, que en ocasiones están totalmente fragmentados formando bloques muy angulosos, de 40-70 cm de diámetro. Finalmente, la Unidad 3 se corresponde con una sucesión de 3 a 4,5 metros de espesor compuesta por gravas con estratificación cruzada en surco, en cuerpos de 0,5 a 1 m de potencia, y gravas con estratificación horizontal e imbricación de cantos, organizadas en secuencias gravavilla de unos 20 cm de espesor.

Por otra parte, afectando a las tres unidades sedimentarias se han reconocido formas tubulares y en embudo, con límites muy netos, y fuertes pendientes. Su diámetro alcanza hasta 3 m y la altura vista es de 5 m. En el interior de estas formas se encuentran gravas, que en unos casos aparecen desorganizadas y con los ejes mayores verticales

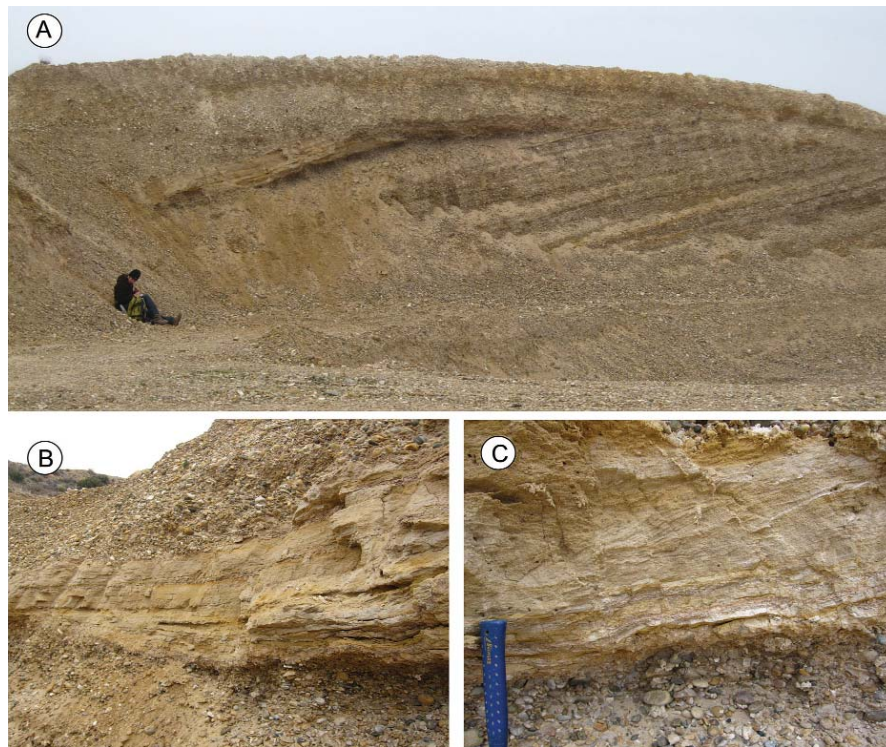


Fig. 3.- Estratificación cruzada de gran escala en gravas (A) y arenas (B y C), generada en un frente deltaico de tipo Gilbert.

Fig. 3.-Large-scale cross-bedding in gravels (A) and sand (B and C), generated in a Gilbert-type delta front.

o subverticales, y en otros mantienen la estratificación.

Descripción de los perfiles de georradar

La prospección geofísica mediante georradar ha consistido en la realización de perfiles sobre los frentes de cantera y al pie de los mismos (Fig. 4). Los primeros permiten correlacionar los perfiles de georradar con la observación directa, y los segundos, extender los cortes a lo que alcanza la profundidad peculiar de prospección. En relación con los datos vistos en afloramiento y paralelamente a los dispositivos de estratificación cruzada de gran escala descritos, se detecta continuidad vertical de dichos dispositivos, o bien hay variaciones del buzamiento general de los mismos, que en algunos casos aparecen afectados por basculamientos locales, interrupciones laterales y aumento repentino de la profundidad. Los perfiles de georradar realizados muestran un nivel atenuante a lo largo de la zona de prospección localizado a una cota media de 6 metros por debajo de la cota actual de explotación de la cantera. Teniendo en cuenta la localización del sustrato evaporítico Neógeno en afloramientos próximos y el fuerte contraste de

las características de propagación de las ondas en el subsuelo, se puede relacionar dicho nivel atenuante con el límite entre las gravas y el sustrato, lo que supone un espesor medio del conjunto cuaternario comprendido entre los 12 y 16 m. Por otro lado, en algunos sectores, los perfiles de georradar muestran disminuciones drásticas de la profundidad de penetración, estando este hecho normalmente asociado a la existencia de geometrías plano-cóncavas, en sección, y en cubeta en disposición tridimensional. Sin embargo, el contacto inferior atenuante mencionado cambia su posición a lo largo de la zona de prospección, con somerizaciones locales de varios metros y sectores de mayor profundidad compartimentados lateralmente por geometrías de adaptación (dispositivos en onlap), donde se identifican estratificaciones cruzadas de alto ángulo. La variación del contacto atenuante inferior, unido a los dispositivos geométricos y distribución tridimensional reconocidos, muestran para la zona de prospección una distribución de altos relativos del sustrato e incrementos locales de espesor de la unidad cuaternaria (profundización del contacto atenuante). Los sectores de profundización se correlacionan con interrupción local de la geometría sedimentaria, cambios del buza-

miento de los reflectores, aparición de dispositivos con estratificación cruzada y localmente con geometrías plano-cóncavas de materiales más atenuantes.

Discusión y conclusiones

Las características texturales y geométricas de los depósitos estudiados evidencian que las terrazas altas del río Ebro se depositaron en sistemas fluviales entrelazados con desarrollo de barras de bajo relieve y canales laterales, tal como se puso de manifiesto en trabajos previos (Luzón *et al.*, 2008). El sistema se vió afectado por karstificación debido a la disolución del sustrato evaporítico infrayacente y el consiguiente desarrollo de colapsos. En el caso estudiado resulta espectacular la formación de un cuerpo de gravas con estratificación cruzada de gran escala (Unidad 1) que, en función de su continuidad lateral, geometría de los cuerpos cruzados, estructura interna de las láminas de estratificación, tanto de gravas como de arenas, y la distribución granulométrica de estas últimas (zona de distribución de deltas), interpretamos como relacionado con un frente de progradación deltaica. Este se generó como resultado del depósito de materiales transportados como carga de fondo por canales fluviales de alta descarga, que desembocarían localmente en un lago (Facies de lutitas grises. Unidad 2). Dispositivos similares han sido descritos como deltas tipo Gilbert de gravas por Postma (1990) y Kostic *et al.* (2005). La existencia de gravas con textura no granosostenida representa la sedimentación a partir de flujos hiperconcentrados que se desarrollarían al entrar los flujos muy cargados en sedimentos en la masa de agua estancada, disminuyendo bruscamente su velocidad y por tanto su capacidad de transporte. En función del espesor del afloramiento y la continuidad en profundidad detectada mediante georradar, el frente deltaico presentaría en torno a los 10 m de altura.

Los resultados obtenidos a partir de una malla densa de perfiles de GPR en la zona prospectada muestran geometrías combadas a veces con fuertes buzamientos de reflectores, interrupciones locales bruscas y cambios laterales de velocidad de propagación de las ondas. La distribución en planta de estos caracteres responde a formas circulares o elípticas y las reconstrucciones tridimensionales muestran dispositivos en cu-

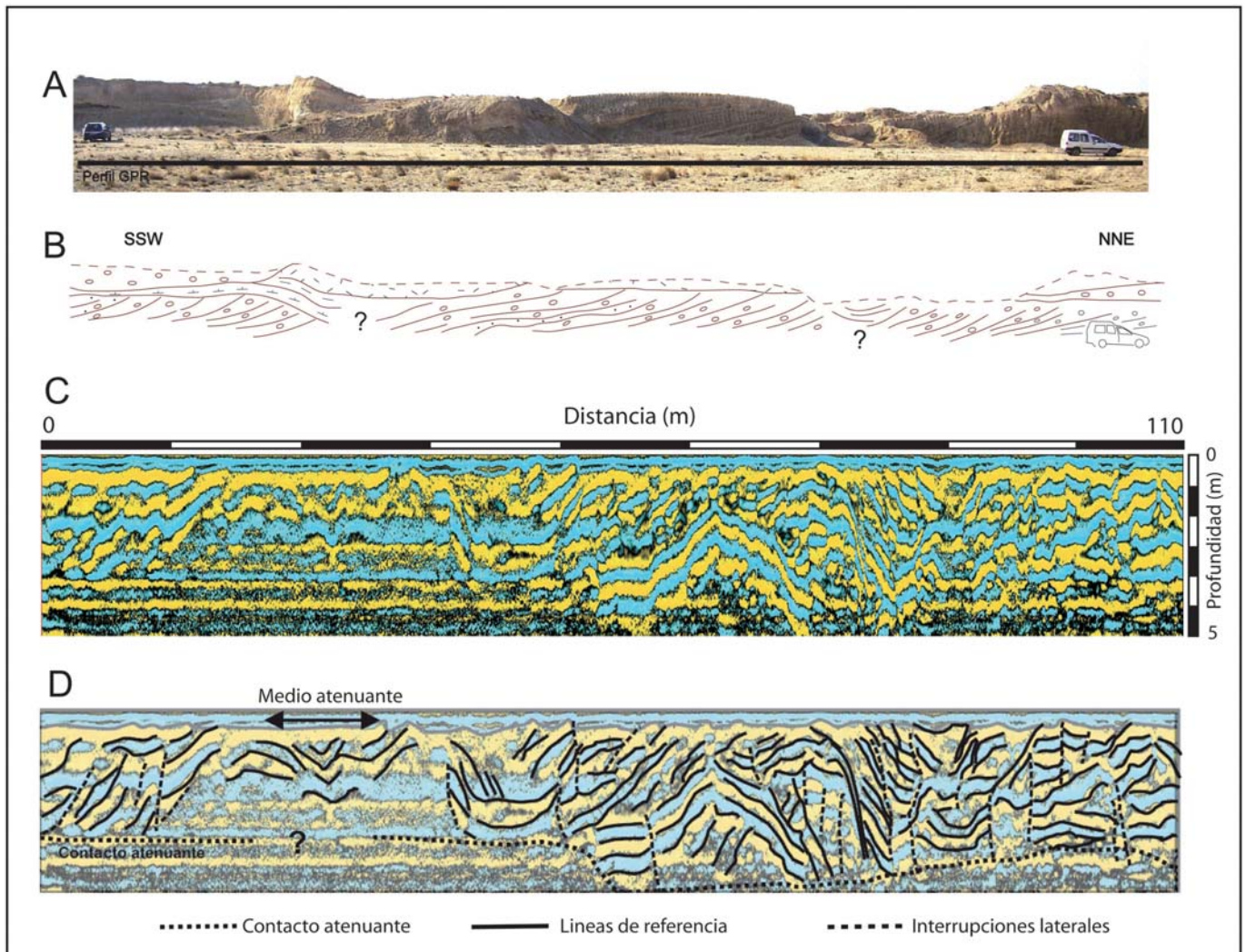


Fig. 4.- A y B) Afloramiento y esquema de los depósitos de frente deltaico afectados localmente por karstificación. C) perfil de georradar (100MHz) realizado al pie del talud de A. D) esquema interpretativo.

Fig. 4.- Outcrop and deposits scheme of the delta front locally affected by karstification. C) GPR profile (100 MHz) performed at the foot of the slope A. D) interpretive scheme.

beta (Fig. 4). Estos aspectos, correlacionados con los cortes de cantera analizados, se interpretan como paleo-depresiones topográficas de origen kárstico en las que se instalaron ambientes lacustres más o menos efímeros con depósitos arcillosos y margosos hasta su colmatación o desaparición bajo avenidas de gravas. Este contexto permitió la génesis de un espacio de acomodación donde es factible el desarrollo de dispositivos deltaicos como el interpretado en este trabajo.

Agradecimientos

Este trabajo es una contribución al proyecto GA-LC-026/2009 del Gobierno de Aragón-Caixa,

y de los grupos DGA: Geotransfer y Análisis de cuencas sedimentarias continentales.

Referencias

Benito, G., Gutiérrez, F., Pérez-González, A. y Machado, M.J. (2000). *Geomorphology*, 33, 209-224.
 Gutiérrez, F., Gutiérrez, M., Marín, C., Maldonado, C. y Younger, P.L. (2005). *Environmental Geology*, 48, 370-383.
 Kostic, B., Becht, A. y Aigner, T. (2005). *Sedimentary Geology*, 181, 143-171.
 Luzón, M.A., Pérez, A., Soriano, M.A. y Pocoví, A. (2008). *Sedimentary Geology*, 205, 1-13.
 Marqués, L.A., Santos, J.A., Esnaola, J.M. y Gil, C. (1998). *Mapa geológico de España*

1:50000. hoja nº 384 (Fuentes de Ebro). IGME.

Miall, A.D. (1996). *The Geology of Fluvial Deposits. Sedimentary Facies, Basin analysis, and Petroleum Geology*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. 582 p.
 Postma, G. (1990). En: *Coarse Grained Deltas* (Eds A. Colella y D.B. Prior). Int. Assoc. Sedimentol. Spec. Publ., 10, 13-27.
 Pueyo, O., Pocoví, A., Soriano, M.A. y Casas, A.M. (2009). *Engineering Geology*, 108, 225-236.
 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.