

# Flash floods pleistocenos en la Depresión Central Catalana (Cuenca del Ebro)

## Pleistocene flash floods in the Catalanian Central Depression (Ebro Basin)

F. Xavier Castellort Aiguabella<sup>1</sup>, Josep Carles Balasch Solanes<sup>1</sup>, Jordi Cirés Fortuny<sup>2</sup> y Ferran Colombo Piñol<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Departament de Medi Ambient i Ciències del Sòl, Universitat de Lleida. xavier.castellort@gmail.com, cbalasch@macs.udl.cat

<sup>2</sup> Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya, Parc de Montjuïc, Barcelona. jordi.cires@icgc.cat

<sup>3</sup> Departament de Dinàmica de la Terra i de l'Oceà, Facultat de Ciències de la Terra, Universitat de Barcelona. colombo@ub.edu.

### ABSTRACT

The hydrographic divide between the Ebro basin and the Catalan Internal Drainage Basins, in the NE of the Iberian Peninsula, is a good area to analyze the characteristics of torrential transport on two different types of drainage basins under a very similar climatic environment. These two types are a dip stream drainage basin (Ondara) and an anti-dip stream drainage basin (Anoia). Pleistocene deposits on the dip slope (Ondara) and those formed by anti-dip streams (Anoia) are analyzed and compared. Deposits are multistorey accumulations of heterometrical clasts showing erosive bases. They are interpreted as the result of confined and unconfined, highly energetic, high density, and ephemeral tractive aqueous transport that could have been produced by similar flows to those of flash flood type.

Despite the spatial proximity, there are marked differences between the deposits of both rivers. In the Anoia River basin, accumulations show a higher energy level and a greater clast heterometry, compared to those from the Ondara River basin. These characteristics are basically due to the greater gradient of the drainage basin (1.6 times higher) that increases the speed and energy of the tractive flow.

**Key-words:** Ebro Basin, Pleistocene deposits, alluvial fan, flash floods, cuesta and escarpment.

Geogaceta, 63 (2018), 11-14  
ISSN (versión impresa): 0213-683X  
ISSN (Internet): 2173-6545

### Introducción

El sector del margen oriental de la cuenca de drenaje del Ebro, entre Tàrrrega e Igualada, corresponde a una cuesta que limita con algunas de las Cuencas de drenaje Internas Catalanas. La divisoria está formada por un suave frente de cuesta que separa un conjunto de cuencas desarrolladas sobre la cuesta (Sió, Ondara, Corb) de otro conjunto situado sobre el frente de cuesta (Anoia, Gaià y Francolí). Esta divisoria está orientada en paralelo a la línea de costa favoreciendo de este modo una diná-

mica atmosférica que implica un notable efecto de barrera orográfica a las masas de aire húmedas mediterráneas. En esta zona son características las precipitaciones de intensidad torrencial con crecidas súbitas y caudales muy enérgicos (*flash floods*) especialmente cerca de la divisoria (Balasch *et al.*, 2011).

El objetivo de este trabajo es el estudio de depósitos pleistocenos situados a ambos lados de la divisoria. Para poder comparar diferencias y similitudes en sus estructuras, texturas y potencias, se han localizado depósitos en una posición geomorfológica si-

### RESUMEN

La divisoria hidrográfica entre la cuenca del Ebro y las Cuencas Internas Catalanas, en el NE de la Península Ibérica, es un buen lugar para analizar las características del transporte torrencial sobre dos tipos diferentes de cuenca de drenaje bajo un ambiente climático muy similar. Se analizan y comparan los depósitos pleistocenos de una cuenca situada sobre el dorso de una cuesta (Ondara) y los formados en el frente de cuesta (Anoia). Los depósitos son acumulaciones multiepisódicas de clastos subangulosos y heterométricos con base erosiva. Se interpretan como depósitos de corrientes tractivas, confinadas y no confinadas, muy energéticas, de alta densidad y de corta duración, producidos por flujos semejantes a los de tipo crecida súbita (*flash flood*).

A pesar de la proximidad espacial, existen diferencias marcadas entre los depósitos de ambos ríos. En la cuenca del río Anoia las acumulaciones son más potentes y presentan mayor heterometría en comparación con la cuenca del río Ondara. Estas características se deben básicamente al mayor gradiente de la cuenca de drenaje (1,6 veces superior) que incrementa la velocidad y la energía del flujo tractivo.

**Palabras clave:** Cuenca del Ebro, depósitos pleistocenos, abanico aluvial, crecidas súbitas, frente y dorso de cuesta.

Recepción: 1 de febrero de 2017  
Revisión: 28 de abril de 2017  
Aceptación: 23 de octubre 2017

milar (zona apical). Finalmente, se pretende demostrar que estos depósitos, a ambos lados de la divisoria, pudieron haber sido el resultado de episodios de tipo *flash flood*.

### Zona de estudio

La zona de estudio abarca, en su parte Este, la cabecera del río Anoia, que drena el frente de cuesta hasta los alrededores de Igualada, con drenaje hacia el río Llobregat. Hasta este punto su cuenca de drenaje tiene una superficie de 215 km<sup>2</sup> y una pendiente media del curso del río de 0,026

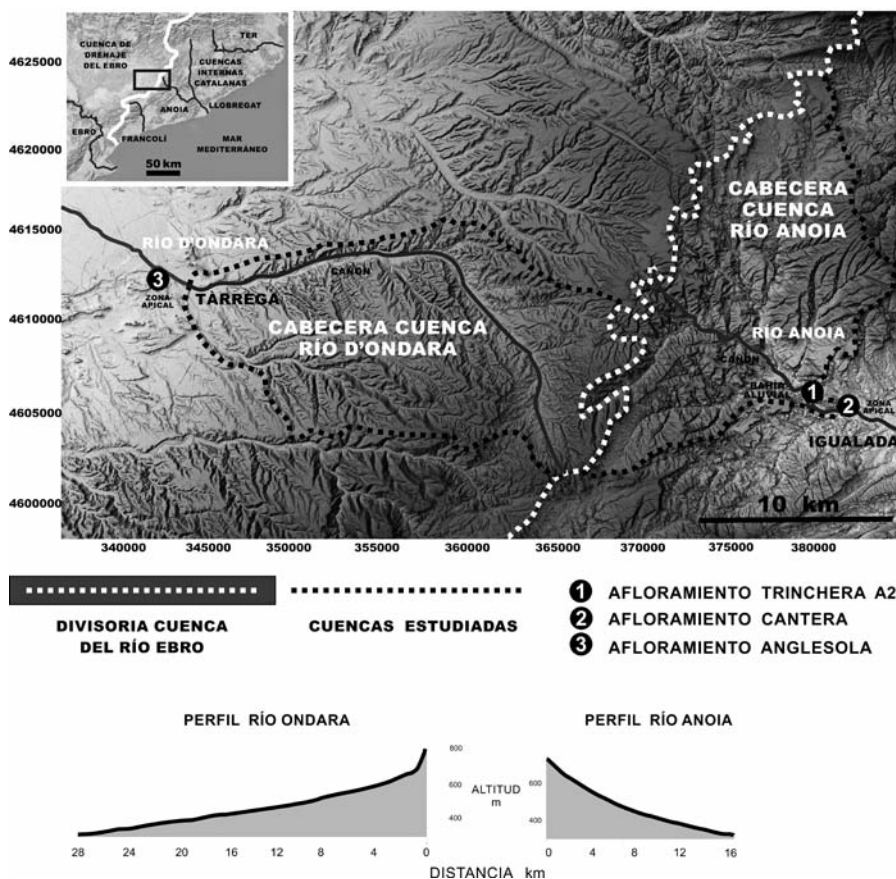


Fig. 1.- Situación y características de las cuencas estudiadas.  
 Fig. 1.- Location and characteristics of the studied drainage basins.

( $Q_n=0,45 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $Q_2=36,3 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $Q_{100}= 254 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $Q_{500}=460 \text{ m}^3/\text{s}$ ) (ACA, 2007). En su parte oeste, la zona de estudio abarca la cabecera y curso superior del río Ondara (cuenca del Ebro), que drena el revés de la cuesta hasta los alrededores de Tàrrega, con drenaje hacia el Oeste. Hasta este punto su cuenca de drenaje tiene una superficie de  $220 \text{ km}^2$  y una pendiente media de  $0,016$  ( $Q_n=0,2 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $Q_2=6 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $Q_{100}= 220 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $Q_{500}=314 \text{ m}^3/\text{s}$ ) (ACA, 2007).

**Marco geológico**

El sustrato de la zona de cabecera del río Anoia está constituido por sucesiones continentales del Eoceno-Oligoceno inferior que presentan frecuentes cambios laterales de facies aluviales y lacustres. Se diferencian varias unidades litoestratigráficas en el frente de cuesta que drenan el río Anoia y sus afluentes (Colldeforns *et al.*, 1994). De base a techo, y por encima de los materiales marinos priabonienses, que incluyen los Yesos de Òdena, las unidades resistentes que, por erosión diferencial, dan origen al frente de cuesta compuesto corresponden

a la Fm. Areniscas y Lutitas de Sant Genís, la Fm. Areniscas y Lutitas de Artés y la Fm. Calizas de Montmaneu. Esta última es la que perfila la divisoria de aguas en la zona de estudio. Se intercalan entre ellas unidades menos resistentes, la Fm. Margas y Yesos de Copons y la Fm. Margas y Yesos de Santa Coloma.

Las unidades litoestratigráficas que afloran en el revés de la cuesta, que corresponde a la cuenca del río Ondara, son de base a techo, la Fm. Calizas de la Panadella que pasa lateralmente a la Fm. Yesos de Talavera y la Fm. Calizas de Tàrrega, que es la que da forma a la cuesta. En esta unidad se intercalan tramos detríticos pertenecientes a depósitos fluviales de la Fm. Solsona.

**Marco geomorfológico**

Los materiales descritos afloran en disposición monoclinal hacia centro de cuenca con alternancia de unidades de diferente resistencia a la erosión. La erosión diferencial en la divisoria de la zona de estudio ha contribuido a generar una cuesta orientada hacia el Oeste cuyo frente es subparalelo a

la costa y está situado a unos 50 km de ella. El control estructural del basamento paleógeno ha condicionado la formación, durante el Cuaternario, de sistemas de abanicos aluviales a ambos lados de la divisoria, (Calvet, 1977).

La cabecera de la cuenca de drenaje del río Ondara presenta diversos valles decapitados por el retroceso del frente de cuesta. Un cañón principal medianamente incidido en el sustrato (50-75 m), y una zona de desarrollo de abanico aluvial a partir del ápice situado en la ciudad de Tàrrega. La zona apical se sitúa en la zona donde la pendiente de la red de drenaje corta niveles detríticos más resistentes del sustrato paleógeno (Fm. Solsona), desarrollándose el abanico sobre materiales de esta unidad.

La cuenca del río Anoia (Igualdada) drena el frente de cuesta hacia el Mediterráneo a través del río Llobregat. La alternancia de formaciones paleógenas de desigual resistencia a la erosión configuran un frente de cuesta compuesto. Una serie de subcuencas confluyen radialmente en el segmento inferior del frente en Jorba, dando lugar a un sumidero especialmente activo durante el Cuaternario.

**Resultados y discusión**

Se han analizado los depósitos de abanico aluvial que afloran en las zonas apicales de los dos sistemas: el de frente de cuesta en Jorba, cercano a Igualada, y el de cuesta próximo a Tàrrega.

*Zona frente de cuesta*

En la zona de Jorba se han estudiado tanto una trinchera de la Autopista A-2 (punto 1 en Fig. 1) situada en la zona de bahía aluvial, como una antigua explotación de gravas (punto 2 en Fig. 1). El afloramiento de la autopista pertenece a una terraza alta. Está formado por un depósito conglomerático multiepisódico de 18 m de potencia (Fig. 2a), con base claramente erosiva, situado sobre un sustrato paleógeno formado por una alternancia de areniscas y lutitas tabulares. De base a techo se distingue: un nivel de 2-3 m con base erosiva formado por clastos predominantemente carbonatados, subredondeados y muy heterométricos (decimétricos y centimétricos); una alternancia de 5-6 m de niveles tabulares de areniscas y lutitas; un nivel multie-

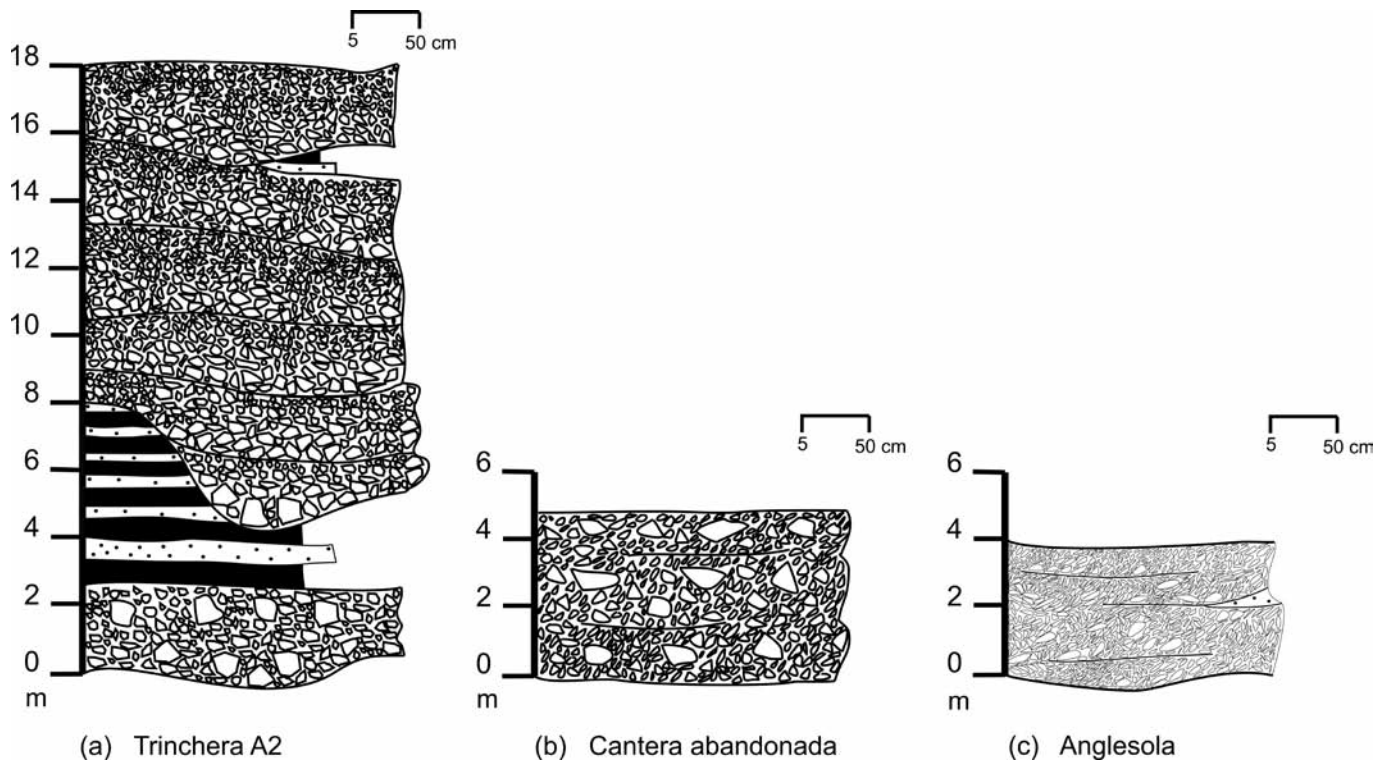


Fig. 2.- Columnas sintéticas de los depósitos de abanico aluvial en los afloramientos estudiados.

Fig. 2.- Synthetic logs of the alluvial fan deposits in the studied outcrops.

pisódico de 8-9 m con base erosiva sobre el anterior formado por cuerpos lenticulares de acumulaciones muy heterométricas y muy mal clasificadas, con bloques subangulosos de arenisca y calizas en la base y clastos de calizas y areniscas, decimétricos y subredondeados. Los cuerpos lenticulares presentan una granoclasificación positiva difusa. En general muestran una potencia media de unos 2 m.

Por su situación geomorfológica y por su naturaleza, este afloramiento corresponde a depósitos generados por corrientes tractivas acuosas. Alternan episodios de confinamiento, en el caso de los cuerpos conglomeráticos lenticulares heterométricos y sin estructuras internas marcadas, con episodios de corrientes no confinadas que han dado lugar a bancos tabulares de areniscas y lutitas con mayor extensión lateral. La falta de estructuras internas, la pobre selección y deficiente rodamiento de los materiales en todos los casos, sugieren una sucesión de descargas acuosas efímeras de alta energía y densidad, intensas y de corta duración correspondientes a episodios de *flash flood* generados por violentas tormentas (Colombo, 2010). La alternancia de cuerpos tabulares y lenticulares confirma la posición apical del afloramiento, ya identificada geomorfológicamente. El gradiente

de este depósito entre Jorba e Igualada es de 0,017.

La cantera abandonada de la zona de Jorba (punto 2; Fig. 1) se encuentra en una zona más distal respecto al ápice, y fuera de la bahía aluvial. Su edad relativa es posterior a la de la trinchera de la autovía (terrace media). Corresponde a un nivel de 4-5 m de potencia (Fig. 2b) caracterizado por un depósito multiepisódico de clastos heterométricos (centimétricos y decimétricos) y bloques intercalados (corresponden a un 10-15% en volumen) de composición poligénica (calizas de Montmaneu y areniscas de Sant Genís y Artés). Los bloques y clastos son subredondeados. Los clastos carbonatados más aplanados muestran cierta imbricación. Algunos elementos más redondeados sugieren episodios de transporte previos. La estratificación de los episodios es plana, muy poco marcada y con cierta granoclasificación negativa. Cada episodio muestra una potencia media entre 1 y 2 m.

Se interpreta como un depósito de corriente tractiva confinada de alta energía y densidad. El ambiente sedimentario ha pasado de ser un sistema de abanico aluvial a un sistema fluvial debido a un encajamiento general de la red de drenaje, muy visible en una serie de meandros encajados

por encima del sumidero de Jorba. Este encajamiento puede haber estado causado, al menos en parte, por movimientos halocinéticos de los Yesos de Òdena. Durante el encajamiento se han conservado las principales condiciones de formación de los depósitos: un gradiente de 0,011 entre Jorba e Igualada, y la naturaleza efímera e intensa de los episodios acuosos que los formaron. Esto se apoya en el hecho de que las acumulaciones de episodios aislados, aunque confinados, tienden a ser tabulares. Hay que destacar la marcada heterometría y la pobre granoclasificación negativa que sugieren la alta energía y corta duración de los flujos. Los bloques con aristas subredondeadas indican un cierto transporte hidráulico, y no una incorporación inmediata desde las laderas anexas.

#### Zona de cuesta

En la zona de la cuesta se ha descrito un afloramiento perteneciente a un depósito de 3-4 m de potencia en zona apical, localizado en los alrededores de la localidad de Anglesola, cercana a Tàrraga (punto 3 en Fig. 1). El depósito está formado por clastos centimétricos subangulosos planos, mal clasificados, y ocasionalmente decimétricos (Fig. 3c). La acumulación tiene base erosiva

y es multiepisódica, pudiéndose observar del orden de 4-5 episodios. Los cuerpos sedimentarios son también de base erosiva con una tendencia tabular. Se observan imbricaciones y granoclasificaciones positivas con acumulaciones arenosas a techo. La estratificación de los cuerpos es planar pero muy poco definida con ausencia total de estratificaciones cruzadas.

Se interpreta como un depósito de corrientes tractivas no confinadas. La ausencia de estructuras internas marcadas, la mala clasificación de los elementos, así como su textura sugieren corrientes hidráulicas muy energéticas de alta densidad y de corta duración, compatibles con episodios de *flash flood* producidos por tormentas intensas y violentas que dieron lugar a depósitos de abanico aluvial.

#### Discusión de resultados

En ambas zonas las observaciones sedimentológicas encajan con el contexto geomorfológico, tanto del área fuente de los depósitos como con su disposición a partir de las zonas apicales. Se pueden atribuir los depósitos al producto de episodios efímeros de alta energía y densidad (*flash flood*). Esto se deduce por la falta de estructuras sedimentarias claras y por la heterometría de sus elementos. Las diferencias, sin embargo, se centran en primer lugar, en la naturaleza confinada o no confinada de estos depósitos. En el caso del frente de cuesta el encajamiento progresivo de los cursos ha producido un tránsito entre depósitos no confinados de abanico aluvial (*sheet flood deposits*), y depósitos con características hidráulicas semejantes, pero de carácter confinado (*stream flood deposits*). En el caso de los abanicos de la cuesta se puede afirmar que una vez abandonado el confinamiento del cañón y la zona apical las

corrientes tractivas fueron muy energéticas, pero no confinadas circulando en forma de manto por una topografía relativamente suave.

Además, las diferencias entre ambas zonas radican también en el rango heterométrico de los elementos, mucho mayor en la zona del frente de cuesta, y en la potencia de los cuerpos sedimentarios correspondientes a un solo episodio, también mayor en esta zona. Estos dos factores pueden ser causa del gradiente mayor de los cursos de la zona del frente de cuesta, un 0,01 mayor en la cuenca del frente de cuesta. A igualdad de profundidad y de fricción del flujo sobre el lecho, la pendiente puede provocar (Blair y McPherson, 1994) un incremento de la velocidad del flujo de hasta un 50%. Esto contribuye a un incremento de energía y densidad del flujo, y también a un mayor rango heterométrico, una granoselección negativa y a una mayor potencia de los depósitos de cada episodio.

#### Conclusiones

Los depósitos analizados son debidos a corrientes de alta torrencialidad y capacidad de transporte, que podrían corresponder a episodios de tipo *flash flood*. Los ríos que drenan las dos vertientes de la zona de estudio, Anoia en el frente de cuesta y Ondara en el revés de la cuesta, presentan desde el punto de vista cualitativo el mismo tipo de depósitos. Se trata de acumulaciones multiepisódicas de flujos acuosos tractivos con base erosiva de clastos subangulosos y heterométricos. En las zonas apicales de los sistemas de abanico aluvial y en depósitos fluviales los cuerpos sedimentarios pertenecientes a un solo episodio no presentan estructuras sedimentarias claras y la granoclasificación suele ser negativa. Se interpretan como depósitos de corrientes

tractivas, confinadas y no confinadas, muy energéticas, de alta densidad y de corta duración (*flash floods*). Estos episodios han podido afectar simultáneamente a las dos cuencas de drenaje.

Cuantitativamente existen ciertas diferencias entre los depósitos de ambos ríos. En la cuenca que drena el frente de cuesta (río Anoia) se han generado acumulaciones con un mayor rango heterométrico. Además, aisladamente, la potencia de los cuerpos sedimentarios de cada episodio es también superior. Estas características se deben al mayor gradiente de la cuenca de drenaje (1,6 veces superior) que incrementa la velocidad y la energía del flujo tractivo.

#### Agradecimientos

Se agradece a los dos revisores, Jaume Calvet y José A. Ortega, las aportaciones hechas para la mejora sustancial del trabajo.

#### Referencias

- Agencia Catalana de l'Aigua (ACA) (2007). *Tramificació de caudales de los principales cursos fluviales de Catalunya*. Informe interno. DMTS, Generalitat de Catalunya.
- Balasch, J.C., Ruiz-Bellet, J. L. y Tuset, J. (2011). *Natural Hazards and Earth System Sciences* 11, 3359-3371.
- Blair, T. C. y McPherson, J. C. (1994). *Journal of Sedimentary Research* 64, 450-489.
- Calvet, J. (1977). *Contribución al conocimiento geomorfológico de la Depresión Central Catalana*. Tesis Doctoral, Univ de Barcelona, 331 p.
- Colldeforns, B., Anadón, P. y Cabrera, L. (1994). *Geogaceta* 15, 55-58.
- Colombo, F. (2010). En: *Sedimentología* (A. Arche, Ed.). Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, 85-224.