

# Sedimentología de sucesiones *sinrift* tempranas en un semigraben marginal de un *rift* extensional: la Cuenca de Bijuesca, Jurásico superior de la Cordillera Ibérica (Zaragoza, España)

*Sedimentology of the early synrift record in a marginal halfgraben related to an extensional rift: Bijuesca Basin, Upper Jurassic of the Iberian Range (Zaragoza, Spain)*

Sara Sacristán-Horcajada <sup>(1)</sup>, M<sup>a</sup> Eugenia Arribas <sup>(2)</sup> y Ramón Mas <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Departamento de Estratigrafía. Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense de Madrid. IGEO (CSIC-UCM). C/ José Antonio Novais, 2, 28040 Madrid, Spain. s.sacristan@geo.ucm.es; ramonmas@geo.usm.es

<sup>(2)</sup> Departamento de Petrología y Geoquímica. Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense de Madrid. IGEO (CSIC-UCM). C/ José Antonio Novais, 2, 28040 Madrid, Spain. earribas@geo.ucm.es

## ABSTRACT

A detailed sedimentological study of the first synrift continental deposits recorded in the Bijuesca Halfgraben (Bijuesca and Ciria Formations), has allowed to understand the stratigraphic architecture of the sediments which record the beginning of the extension in this structure. The Bijuesca Fm consists of detrital sediments arranged in three different alluvial fan (i.e., proximal, medium and distal) facies associations. This unit is made up by two retrograding sequences that consist of siliciclastics and carbonate detrital deposits eroded from the Jurassic prerift units. These sequences record sedimentation in an alluvial fan system with low-efficiency of transport. The Ciria Fm consists of lacustrine carbonate sediments arranged in shallowing-upwards sequences. The predominance of pedogenic modifications affecting the lacustrine sediments and the absence of deep lacustrine facies, allow classifying this lake system as a low-gradient ramp margin lake with low energy. The characteristics of both depositional systems agree with the tectonic situation supposed for the early stages of a rift system.

**Key-words:** Short radius alluvial fan, low-gradient ramp margin lake, half-graben, early synrift sedimentary record.

## RESUMEN

Un estudio sedimentológico detallado de los primeros depósitos continentales sinrift que aparecen en el Semigraben de Bijuesca (Formaciones Ciria y Bijuesca), ha permitido entender la arquitectura estratigráfica de los sedimentos que representan el principio de la extensión en esta estructura. La Fm Bijuesca está formada por sedimentos detríticos organizados en tres asociaciones de facies diferentes (de abanico aluvial proximal, medio y distal). La unidad está constituida por dos secuencias retrogradantes formadas por sedimentos siliciclásticos y carbonáticos procedentes de la erosión del Jurásico marino prerift. Las dos secuencias representan la sedimentación en un sistema aluvial de baja eficacia de transporte. La Fm Ciria está formada por sedimentos carbonáticos lacustres organizados en secuencias elementales de somerización. El predominio de las modificaciones pedogenéticas que afectan a estos sedimentos y la ausencia de facies lacustres profundas permiten clasificar el sistema lacustre como uno con margen de tipo rampa con bajo gradiente y baja energía. Las características de los dos sistemas deposicionales concuerdan con la situación tectónica de los estadios tempranos de un sistema de rift.

**Palabras clave:** Abanico aluvial de pequeño radio, lago con margen de tipo rampa de bajo gradiente, semigraben, registro sedimentario sinrift temprano.

Geogaceta, 50-2 (2011), 121-124.  
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

La Cuenca de Cameros es la más occidental de las que conformaban el Sistema de Rift Mesozoico Ibérico y la que presenta el registro sedimentario más potente para el intervalo Titónico-Albiense inferior (Mas *et al.*, 2002). Este trabajo se ha desarrollado en el semigraben de Bijuesca, una cuenca satélite situada al sureste de la Cuenca de Cameros (Fig. 1A y B). El objetivo de este estudio es determinar la arquitectura estratigráfica de los primeros depósitos *sinrift* de este semigraben, que corresponden a las

Fms Bijuesca y Ciria. Para ello se ha llevado a cabo un análisis sedimentológico que incluye una interpretación de procesos, ambientes y sistemas sedimentarios, a partir del levantamiento de secciones estratigráficas y de la toma de muestras.

## Marco geológico

El semigraben de Bijuesca forma parte de un conjunto de estructuras antitéticas a la estructura general que controló la sedimentación en Cameros durante la etapa extensiva (Fig. 1B).

Como en la Cuenca de Cameros, esta cubeta satélite fue activa desde el Tithoniense al Albiense inferior (Alonso y Mas, 1988). Sin embargo, su evolución sedimentaria fue muy diferente a la de la zona central de la Cuenca de Cameros, y sólo aparecen dos de las ocho secuencias deposicionales identificadas en la zona central: una primera secuencia deposicional que debe corresponder a la secuencia deposicional 2 de la Cuenca de Cameros (Tithoniense-¿Berriasiense?), constituida por la Fm Bijuesca y la Fm Ciria; y una segunda secuencia, representada por la Fm Escucha, que

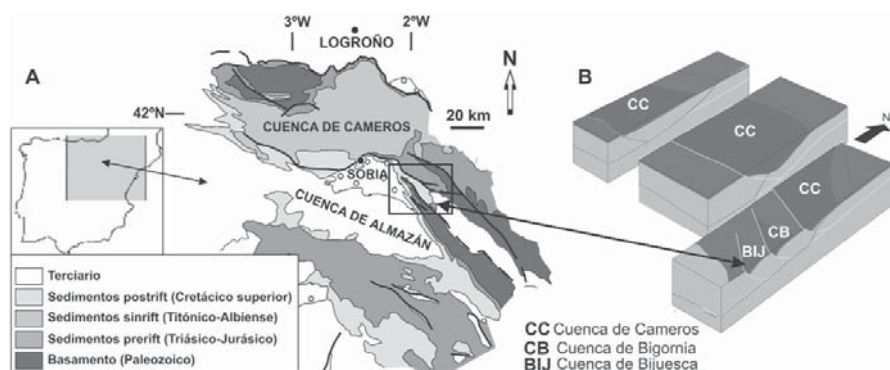


Fig. 1.- A. Localización del área estudiada; B. Localización del semigraben de Bijuesca. Modificadas de Mas et al., 2002.

Fig. 1.- A. Location of the study area, B. Location of the Bijuesca Halfgraben. (Modified from Mas et al., 2002).

corresponde a la secuencia deposicional 8 de la Cuenca de Cameros (Aptiense superior-Albiense inferior) (Mas et al., 2002).

### Estratigrafía de las formaciones Bijuesca y Ciria

La Fm Bijuesca está formada por conglomerados, areniscas y lutitas, y presenta una potencia que varía desde los 3 m en la zona del Puerto de Bigornia (Benito, 2001) a los 150 m en la zona de Bijuesca. En el área de estudio (Fig. 2) aparece discordante sobre el sustrato jurásico marino de la Fm Torrecilla en Cameros. La discontinuidad queda evidenciada por un paleokarst muy desarrollado que afecta a los últimos metros de esta formación. El techo de la Fm Bijuesca está marcado por la aparición de las primeras calizas lacustres de la Fm Ciria. En la sección BIJ 1 (Fig. 3) esta formación presenta 154 m de espesor y está formada por conglomerados que predominan en su base, y areniscas y lutitas que predominan en su techo.

La Fm Ciria está formada por calizas predominantemente micríticas. En el área de estudio aparece en continuidad aparente sobre la Fm Bijuesca, aunque los niveles de calizas a techo de la misma son progresivamente más jóvenes hacia el este. Su límite superior consiste en un paleokarst que afecta a los últimos 15 m sobre el que aparecen los sedimentos de la Fm Escucha (S8, Fig. 2). La potencia de la Fm Ciria en la zona de estudio varía entre los 25 m de la sección BIJ 1 y los 73 m de la sección BIJ 2 (Fig. 3).

### Asociaciones de facies

En base al análisis sedimentológico y petrográfico realizado, se han definido tres asociaciones de facies para los sedimentos

de la Fm Bijuesca y una para los de la Fm Ciria (Fig. 3).

### Asociación de abanico aluvial proximal

Está formada por dos facies organizadas en secuencias estrato y granocrecientes: paraconglomerados masivos y areniscas masivas.

Los paraconglomerados (Pcm) masivos aparecen en niveles granocrecientes de base erosiva y cuerpo lobular, y están formados mayoritariamente por cantos de *grainstone* oolíticos, *mudstone* y areniscas híbridas. La matriz consiste en granos de cuarzo monocristalino y el cemento es de calcita no ferrosa en mosaico *drusy*. Esta facies es el resultado de la sedimentación de flujos de clastos (*debris flows*) en la zona proximal de los abanicos aluviales.

Las areniscas masivas (Am) son sublitoarenitas de grano grueso o medio, organizadas en cuerpos tabulares masivos. Están

formadas por granos redondeados y mal seleccionados de cuarzo monocristalino, y algunos fragmentos de rocas carbonáticas. Se interpretan como mantos de arroyada desarrollados en la zona proximal de los abanicos aluviales.

### Asociación de abanico aluvial medio

Esta asociación está formada por tres facies organizadas en secuencias estrato y granodecipientes: ortoconglomerados, areniscas con estratificación cruzada y arcillas rojas.

Los ortoconglomerados (Oc) aparecen en bancos masivos granodecipientes, de base erosiva y potencias de entre 1 y 5 m. Están formados mayoritariamente por cantos de *grainstone* oolítico o *mudstone*, que aparecen imbricados y tienen tamaños de entre 5 y 20 cm. La matriz, formada por granos de cuarzo monocristalino, es escasa, y el cemento es de calcita no ferrosa en mosaico *drusy*. Esta facies se interpreta como el resultado de la sedimentación de material grueso en las barras de los canales de la zona media del abanico aluvial.

Las areniscas con estratificación cruzada (Aec) son sublitoarenitas que aparecen en niveles granodecipientes de base erosiva y cóncava, con estratificación cruzada que hacia techo puede pasar a laminación cruzada. Están formadas por granos de cuarzo monocristalino de tamaño medio o fino, redondeados y mal seleccionados, con algunos fragmentos de rocas carbonáticas, turmalina y minerales opacos. Esta facies se interpreta como el resultado de la migración de *ripples* y *megaripples* en corrientes de bajo régimen de flujo en los canales de la zona media del abanico aluvial.

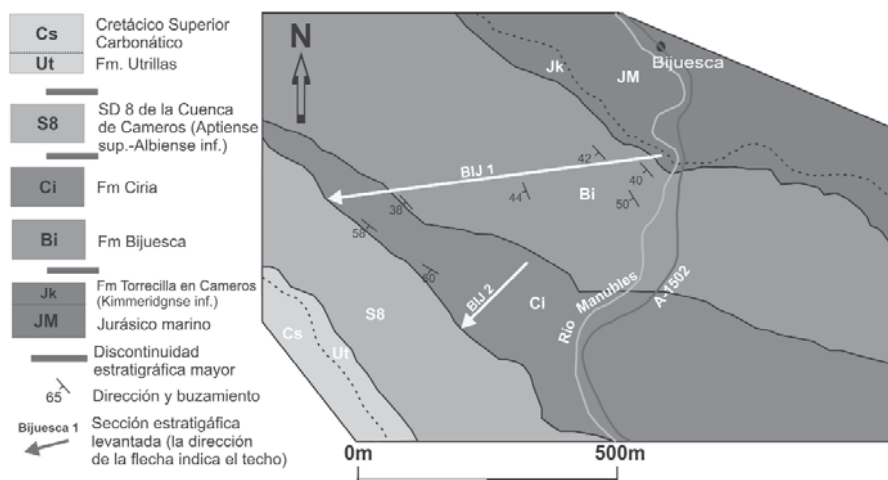


Fig. 2.- Mapa geológico esquemático de la zona de estudio y situación de las secciones estratigráficas. Fig. 2.- Schematic geological map of the study area and location of the stratigraphic sections.

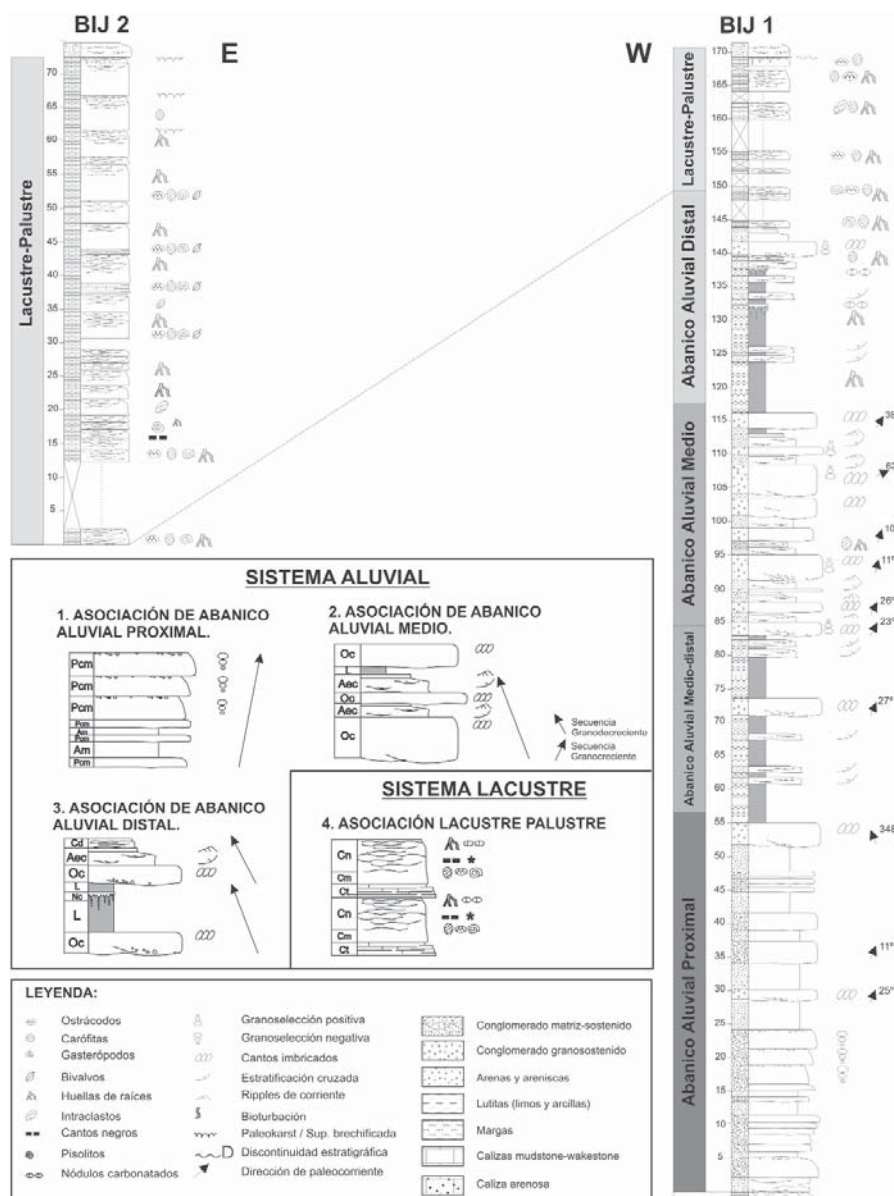


Fig. 3.- Secciones estratigráficas BIJ 1 y BIJ 2, y asociaciones de facies identificadas.

Fig. 3.- Stratigraphic sections BIJ 1 and BIJ 2 and facies association identified.

Las arcillas rojas (L) aparecen en niveles de hasta 10 m de potencia, y pueden incluir niveles con nódulos de carbonato. Esta facies es el resultado de la decantación de material fino en la llanura de inundación aluvial o en los canales abandonados.

### Asociación de abanico aluvial distal

Esta asociación está formada por las mismas facies que la anterior, pero con predominio de las facies arcillosas sobre el resto. En relación con estos niveles arcillosos, aparecen también niveles de nódulos de carbonato y calizas nodulares con materiales detríticos.

Los niveles de nódulos de carbonato (Nc) pueden tener diferentes grados de des-

arrollo, desde zonas moteadas con mayor contenido en carbonato hasta niveles nodulares de gran extensión o laminares (caliches). Se interpretan como el resultado del desarrollo de suelos calcimorfos en la llanura de inundación aluvial.

Las calizas nodulares con detríticos (Cd) aparecen a techo de secuencias granoderecientes, en niveles de poca continuidad lateral y de entre 0.5 y 1 m de potencia. Son *mudstones* o *wackestones* con carofitas, ostrácodos y fragmentos de estructuras microbiales, con más de un 30% de fracción arenosa. Presentan además modificaciones pedogenéticas. Esta facies se interpreta como el resultado de la sedimentación en zonas encharcadas de la llanura aluvial o asociadas al abandono de canales.

### Asociación lacustre-palustre

Formada por tres facies organizadas en secuencias elementales de desecación: calizas tableadas, calizas masivas y calizas nodulares.

Las calizas tableadas (Ct) son el término de base de estas secuencias. Aparecen en niveles de hasta 1 m de potencia que lateralmente pueden pasar a calizas masivas. Son *mudstones* o *wackestones* con carofitas, ostrácodos, gasterópodos y bivalvos. La escasa fragmentación de los bioclastos indica que la facies representa un ambiente de baja energía dentro de un sistema lacustre.

Las calizas masivas (Cm) aparecen en niveles de entre 1 y 5 m de potencia con bastante continuidad lateral. Son *wackestones* o *packstones* con carofitas, ostrácodos, gasterópodos y bivalvos. Aparecen otros componentes abundantes como los intraclastos, los extraclastos, los cantos negros, y granos de cuarzo. La alta fragmentación de los bioclastos, el aspecto tableado y la presencia de material detrítico indica que esta facies es el resultado de la sedimentación en ambientes lacustres litorales y poco profundos, que en ocasiones serían moderadamente agitados.

Las calizas nodulares (Cn) son el último término de las secuencias elementales de desecación, y se caracterizan por presentar diversas estructuras y componentes edáficos, entre los que destacan: nodulización, bioturbación vegetal (rizolitos), brechificación, marmorización, cantos negros, pseudomorfos lenticulares de yeso y microkarstificación. Estas estructuras se superponen a las fábricas deposicionales originales, y son el resultado del desarrollo de diferentes procesos pedogenéticos en las orlas palustres de lagos someros de aguas dulces (Freytet y Plaziat, 1982).

### Discusión

Con los datos obtenidos del análisis de facies se ha llevado a cabo la interpretación paleoambiental de las formaciones Bijuesca y Ciria (Fig. 4).

La distribución de facies asimétrica (Fig. 2), que se observa en la cartografía y en las secciones levantadas, encaja con la interpretación de la cubeta satélite de Bijuesca como un semigraben controlado por una falla antitética a la falla normal principal de la Cuenca de Cameros (Guimerá *et al.*, 2004). Su relleno presenta dos tipos de se-

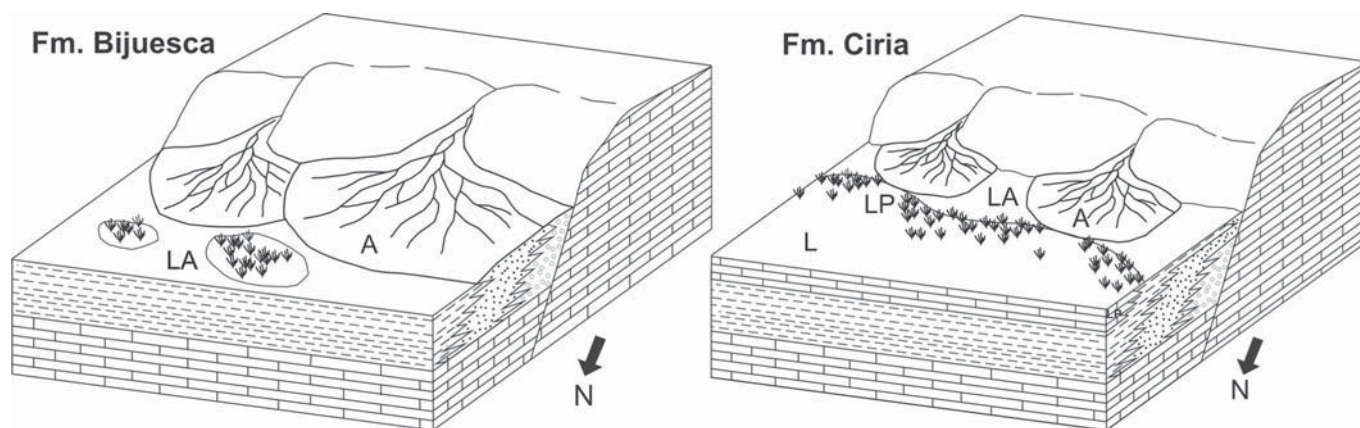


Fig. 4.- Evolución de los ambientes deposicionales en el semigraben de Bijuesca: A. Abanico aluvial; LA: Llanura aluvial; LP: litoral palustre; L: lacustre.

Fig. 4.- Evolution of the sedimentary environments in the Bijuesca Halfgraben: A. Alluvial fan; LA: Alluvial plain; LP: palustrine littoral; L: lacustrine.

dimentos principales: los detríticos, asociados a sistemas de abanicos aluviales, y los carbonáticos, asociados a sistemas lacustres.

El sistema de abanicos aluviales era de baja eficacia y de pequeña extensión. En los sedimentos detríticos se aprecia un predominio de los conglomerados, que aparecen incluso en las zonas que se interpretan como distales. Esto podría estar relacionado con un déficit de material de menor tamaño en el área fuente, o con una pendiente pronunciada que permitiese el transporte de material grueso hasta zonas distales.

En la evolución sedimentaria de este sistema aluvial pueden distinguirse dos secuencias retrogradantes (Fig. 3). En la primera las asociaciones de facies de abanico aluvial proximal evolucionan rápidamente a asociaciones de facies de abanico aluvial medio o distal. Dominan las secuencias elementales estrato y granocrecientes, formadas por materiales transportados por corrientes y flujos masivos. Las paleocorrientes medidas a partir de la imbricación de cantos indican sentidos de corriente entre los 24°W hasta los 25°E. En la segunda secuencia retrogradante hay un mayor predominio de las facies canalizadas y una gradación granulométrica algo más desarrollada. Presenta una primera zona interpretada como de abanico medio, y una segunda zona más desarrollada de abanico distal. Las paleocorrientes medidas a partir de la imbricación de cantos indican sentidos de corriente entre los 10°E hasta los 60°E. Estas dos secuencias se interpretan como dos abanicos retrogradantes diferenciados.

Los sedimentos carbonáticos lacustres son el resultado de la sedimentación en un lago somero de baja energía sin ruptura de pendiente (*low-gradient ramp margin lake*;

Platt y Wright, 1991). En este tipo de lagos, pequeñas variaciones en el nivel de agua provocarían la exposición de amplias áreas inicialmente subacuáticas, lo que explicaría el predominio de las facies palustres en la Fm Ciria y la escasa conservación de las facies lacustres. El gran desarrollo de depósitos carbonáticos y el escaso desarrollo de evaporitas sugieren un aporte de aguas con baja salinidad saturadas de carbonato cálcico, que podrían relacionarse con descargas a partir de acuíferos kársticos emplazados en las calizas del Jurásico marino. Estos sedimentos carbonáticos se organizan en secuencias elementales de somerización lacustre o desecación. Este tipo de lagos son característicos de cuencas en las que el espacio de acomodación y los aportes son similares, por lo que no llega a formarse una pendiente ni lagos profundos con estratificación. Los escenarios tectónicos más frecuentes de estos lagos son los semigrabenes asociados a sistemas de *rift* (Platt y Wright 1991).

## Conclusiones

El registro sedimentario del semigraben de Bijuesca corresponde a un relleno continental sin evidencias de influencia marina, en el que se han identificado diez facies, agrupadas en cuatro asociaciones, que a su vez definen dos sistemas sedimentarios.

La Fm. Bijuesca representa un sistema aluvial formado por abanicos de baja eficacia de transporte y está formada por dos amplias secuencias retrogradantes. La sedimentación de estos abanicos debió de producirse en un ambiente semiárido, y los materiales más groseros que la forman son fundamentalmente carbonáticos y proceden del sustrato jurásico.

La Fm. Ciria representa un sistema lacustre somero de tipo rampa con salinidad normal, que se expande sobre los abanicos de la Fm. Bijuesca. Presentaba una zona litoral palustre amplia, y el principal control sobre la sedimentación eran las fluctuaciones periódicas del nivel freático.

En conjunto, los sedimentos de ambas formaciones registran el inicio de la extensión en la zona suroriental de la Cuenca de Cameros.

## Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado con la ayuda del proyecto CGL2008-01648 y del Grupo de Investigación Consolidado UCM "Análisis de Cuencas Sedimentarias".

## Referencias

- Alonso, A. y Mas, J.R. (1988). En: *II Congreso Geológico de España, Comunicaciones*, 1, 11-14.
- Benito, M.I. (2001). *Estudio comparativo de la evolución sedimentaria y diagenética de los litosomas carbonatados arrecifales (pre-rifting) de la Cuenca de Cameros*. Kimmeridgiense. La Rioja-Soria. Tesis Doctoral. Univ. Complutense de Madrid, 410 p.
- Freytet, P. y Plaziat, J.C. (1982). *Continental Carbonate Sedimentation and Pedogenesis—Late Cretaceous and Early Tertiary of Southern France*. Contributions to Sedimentology 12. Stuttgart. 213p.
- Guimerà, J., Mas, R. y Alonso, A. (2004). *Journal of the Geological Society*, 2, 339-348.
- Mas, J.R., Benito, M.I., Arribas, J., Serrano, A., Guimerà, J., Alonso, A. y Alonso-Azcárate, J. (2002). *Zubía*. Instituto de Estudios Riojanos, 14, 9-64.
- Platt, N.H. y Wright, V.P. (1991). En: *Lacustrine Facies Analysis*. IAS Special Publicatios 13. (P. Anadón, LL. Cabrera y K. Kelts, Eds.) Blackwell Scientific Publications, 57-74.