

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/237020095>

# La asociación de vertebrados fósiles del yacimiento Pochancalo 1 (Valanginiense–Hauteriviense, Villanueva de Huerva, Zaragoza, España)[The fossil vertebrate assemblage from the Poc...

Article · January 2012

CITATIONS

2

READS

294

5 authors, including:



**José Manuel Gasca**  
University of Zaragoza

69 PUBLICATIONS 327 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



**Ainara Badiola**  
Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea

58 PUBLICATIONS 318 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



**José Ignacio Canudo**  
University of Zaragoza

491 PUBLICATIONS 4,215 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



**Miguel Moreno-Azanza**  
New University of Lisbon

93 PUBLICATIONS 471 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Vertebrate fossil assemblages from the Barremian of Maestrazgo Basin (Teruel, Spain) [View project](#)



ISABERRYSAURA (JURASSIC, PATAGONIA, ARGENTINA): UNDERSTANDING THE EARLY EVOLUTION OF ORNITHISCHIAN DINOSAURS [View project](#)



## La asociación de vertebrados fósiles del yacimiento Pochancalo 1 (Valanginiense-Hauteriviense, Villanueva de Huerva, Zaragoza, España)

### The fossil vertebrate assemblage from the Pochancalo 1 site (Valanginian-Hauterivian, Villanueva de Huerva, Zaragoza, Spain)

J.M. Gasca<sup>1</sup>, A. Badiola<sup>1</sup>, J.I. Canudo<sup>1</sup>, M. Moreno-Azanza<sup>1</sup> y E. Puértolas<sup>1</sup>

Recibido el 2 de abril de 2011, aceptado el 4 de mayo de 2011.

(1): Grupo Aragosaurus-IUCA (<http://www.aragosaurus.com>). Paleontología. Facultad de Ciencias.  
C/ Pedro Cerbuna 12. Universidad de Zaragoza. 50009 Zaragoza, Spain.  
[gascajm@unizar.es](mailto:gascajm@unizar.es), [abadiola@unizar.es](mailto:abadiola@unizar.es), [jicanudo@unizar.es](mailto:jicanudo@unizar.es), [mmazanza@unizar.es](mailto:mmazanza@unizar.es), [puertolas@unizar.es](mailto:puertolas@unizar.es)

#### Resumen

El yacimiento de Pochancalo 1 se encuentra próximo a la localidad de Villanueva de Huerva en uno de los escasos afloramientos de facies Weald en la provincia de Zaragoza (NE de España). Pochancalo 1 se localiza en la parte inferior de la Formación Villanueva de Huerva, de edad Valanginiense-Hauteriviense (Cretácico Inferior). Esta formación en su conjunto se depositó en un medio fluvioacustre. Paleogeográficamente se encuentra en la subcuenca de Aguilón (*Rift* Ibérico central). Pochancalo 1 es una acumulación con abundantes restos fósiles de microvertebrados y de fragmentos vegetales carbonosos. Los vertebrados están representados por fragmentos de cáscaras de huevo, huesos y dientes aislados. Además están presentes oononios de carofitas, ostrácodos y gasterópodos de agua dulce.

Pochancalo 1 es un nivel de lutitas grises integrado en un complejo de avulsión (*crevasse splay* y *crevasse channel*) dentro de un dominio fluvial. Corresponde a una acumulación fósil en un área deprimida pantanosa enclavada entre facies de llanura aluvial y de margen de canal. Es una asociación fósil compuesta por restos de condictios, osteictios, quelonios, crocodilomorfos, pterosaurios, dinosaurios y mamíferos. Dentro de los diferentes grupos de vertebrados, los osteictios (Semionotiformes) son los restos más abundantes, mientras que formas de hábitos terrestres (pterosaurios, dinosaurios y mamíferos) son extraordinariamente raras en la asociación. Los restos más abundantes son fragmentos óseos inidentificables. De cara al estudio y comparación de las asociaciones de vertebrados fósiles del Cretácico Inferior de la Península Ibérica, Pochancalo 1 representa un yacimiento de gran interés. Estas nuevas aportaciones acerca de la paleobiodiversidad de vertebrados y el paleoambiente de Pochancalo 1 resulta una información realmente valiosa y singular si se tiene en cuenta la escasez de datos en el contexto temporal y paleobiogeográfico del yacimiento.

**Palabras clave:** Microvertebrados, tafonomía, paleoambiente, Cretácico Inferior, Subcuenca de Aguilón, Cordillera Ibérica.

## Abstract

Pochancalo 1 site is placed near to the village of Villanueva de Huerva, in one of the scarce outcrops of the Weald facies within Zaragoza Province (NE Spain). Pochancalo 1 is located in the lower part of the Villanueva de Huerva Formation, Valanginian-Hauterivian (Lower Cretaceous) in age. This formation was deposited in a fluviolacustrine environment. Palaeogeographically, it is located within the Aguilón sub-basin (central Iberian Rift). The fossil assemblage of Pochancalo 1 is an accumulation of abundant microvertebrate remains and carbonous plant fragments. Vertebrate remains include eggshell fragments, bones and isolated teeth. Charophyte oogonia, ostracods and freshwater gastropods are also present.

Pochancalo 1 is a gray lutite level, part of an avulsion deposit (crevasse splay and crevasse channel) within a fluvial domain. It is a fossil accumulation deposited in a backswamp marsh sited in between alluvial plain and channel-margin facies. It is a fossil vertebrate assemblage of Chondrichthyes, Osteichthyes, quelonians, crocodylomorphs, pterosaurs, dinosaurs and mammals. Osteichthyes (Semionotiformes) are the most abundant, as long as terrestrial forms (pterosaurs, dinosaurs and mammals) are extremely rare in the assemblage. The most abundant remains are unidentifiable bone fragments. Pochancalo 1 is a very interesting locality with a view in the study and comparison of the vertebrate assemblages of the Lower Cretaceous on the Iberian Peninsula. These new contributions about the vertebrate palaeobiodiversity and palaeoenvironment of Pochancalo 1 turned to be valuable and singular information, taking into account the temporal and palaeobiogeographical frame of the locality.

**Keywords:** Microvertebrates, taphonomy, palaeoenvironment, Lower Cretaceous, Aguilón Sub-basin, Iberian Range.

## INTRODUCCIÓN

La Cordillera Ibérica es el área geográfica donde se localiza la mayoría de yacimientos con vertebrados fósiles del Cretácico Inferior de España (Ruiz-Omeñaca y Canudo, 2003; Alcalá *et al.*, 2005; Fuentes-Vidarte *et al.*, 2005; Ortega *et al.*, 2006; Torcida Fernández-Baldor, 2006; Buscalioni *et al.*, 2008; Suñer *et al.*, 2008; Pérez-Lorente, 2010). Estos yacimientos se concentran en las provincias de Burgos, Soria, Teruel, Castellón y Cuenca y en La Rioja, coincidiendo con las grandes áreas de sedimentación cretácicas dentro del Rift Ibérico, como son Cuenca de Cameros, Cuenca del Maestrazgo y Cuenca Suribérica (Salas *et al.*, 2001). El conocimiento que tenemos sobre la paleobiodiversidad registrada es escaso con excepción de algunas formaciones estudiadas desde hace años (Buscalioni *et al.*, 2008; Gasca *et al.*, 2009). Hay sectores de la Cuenca Ibérica central, que incluyen pequeñas cubetas situadas entre las grandes áreas subsidentes de la Cuenca de Cameros al noroeste y la Cuenca del Maestrazgo al sureste (Soria *et al.*, 2008), donde los datos paleontológicos son escasos. En la provincia de Zaragoza se encuentran principalmente estos pequeños sectores con sedimentación cretácica. Los yacimientos con microvertebrados del Cretácico Inferior en Zaragoza, se concentran principalmente en el término municipal de Aguilón (Kriwet *et al.*, 2009) y de Villanueva de Huerva. En el entorno de esta última población es donde se encuentran varios puntos fosilíferos que han sido denominados Pochancalo con distinta numeración. Pochancalo 1 es uno de los más ricos en número y diversidad con fósiles de microvertebrados. Los yacimientos de Pochancalo se conocen desde hace una década, habiéndose publicado estudios de los dientes de mamíferos multituberculados (Badiola *et al.*, 2009), de los

dientes de dinosaurios terópodos (Infante *et al.*, 2005) y de los fragmentos de cáscaras de huevo (Moreno-Azanza *et al.*, 2009a, 2009b). También se han estudiado las icnitas de dinosaurio en el yacimiento El Paso (Canudo *et al.*, 2005), situado estratigráficamente por encima de Pochancalo 1.

Pochancalo 1, como otros yacimientos de la Cordillera Ibérica (Estes y Sanchiz, 1982; Canudo *et al.*, 2010), nos proporciona una información importante sobre la biodiversidad de vertebrados que existió en el paleoambiente en el que se formó el yacimiento. El grado de riqueza, en cuanto a concentración de restos y diversidad de taxones, no llega alcanzar el de algunos yacimientos clásicos del Barremiense inferior de Teruel que podrían considerarse como algo excepcional a escala de la Península Ibérica (Gasca *et al.*, 2009; Canudo *et al.*, 2010). Sin embargo, uno de los puntos por el que cobra especial interés el estudio del yacimiento de Pochancalo 1 es el de su edad. Pochancalo 1 es Valanginiense-Hauteriviense, intervalo en el que son escasos los yacimientos de microvertebrados en España. En este intervalo se localizan los pocos yacimientos de Galve que hay en la parte inferior de la Formación El Castellar. Ninguno de ellos ha llegado a estudiarse en profundidad, disponiéndose únicamente de la lista faunística (Diez *et al.*, 1995; Ruiz-Omeñaca, *et al.*, 2004). En las provincias de Burgos y de Cuenca también se conocen yacimientos de edades similares, sin embargo, solo representan datos puntuales desde el punto de vista del estudio de la paleobiodiversidad al tratarse de macrofósiles aislados (Sanz, 1985; Torcida Fernández-Baldor, 2006).

El objetivo de este trabajo es describir el contenido faunístico de la asociación de vertebrados fósiles de Pochancalo 1, profundizando en los aspectos tafonómicos y paleoambientales que caractericen a esta asociación fósil del Valanginiense-Hauteriviense.

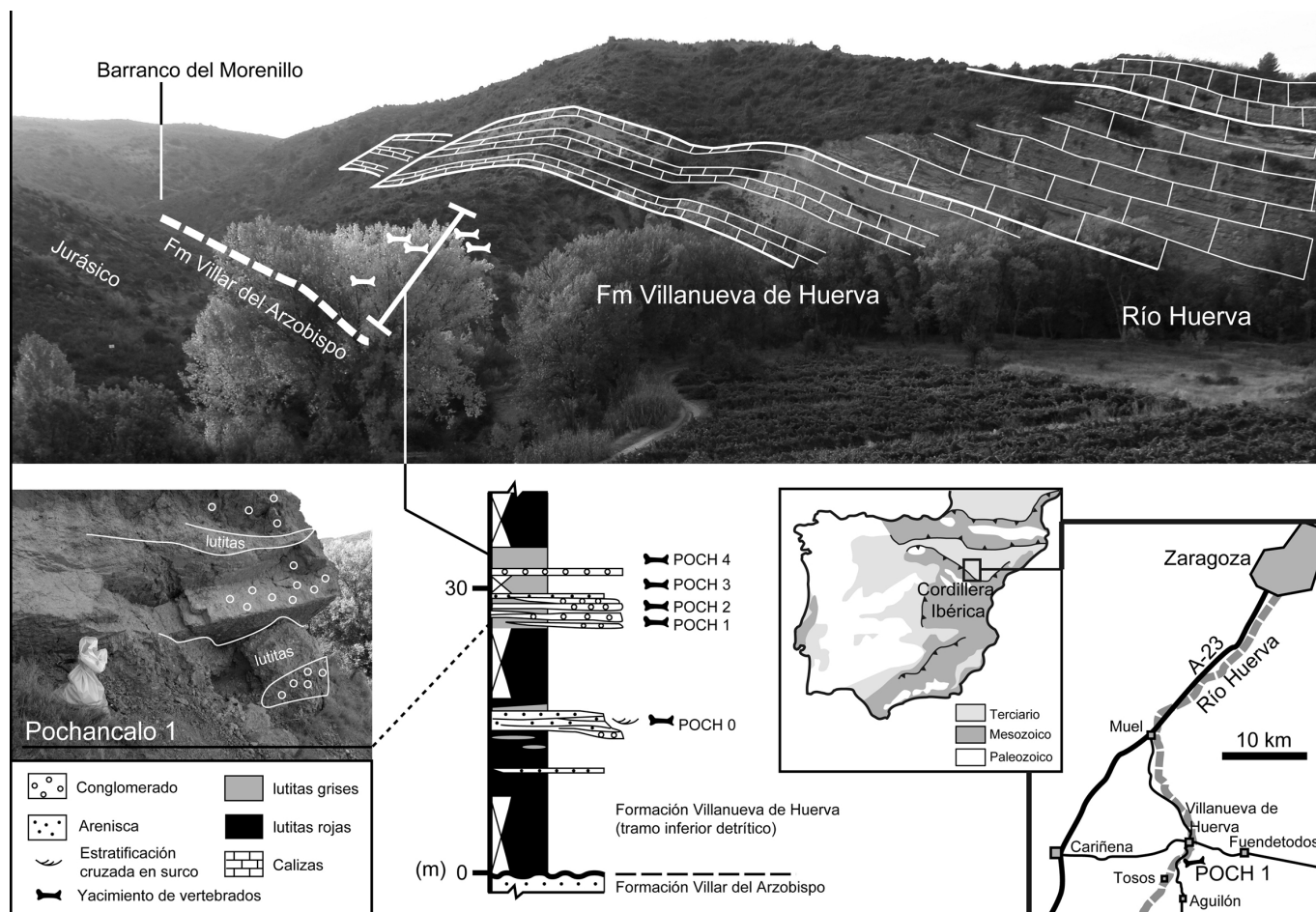


FIGURA 1. Situación geográfica y geológica de los yacimientos de Pochancalo, Villanueva de Huerva, Zaragoza, España. Imagen del afloramiento de la Formación Villanueva de Huerva en el barranco del Morenillo y de Pochancalo 1. Perfil estratigráfico de la parte inferior de esta formación.

## SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y GEOLÓGICA

El yacimiento de Pochancalo 1 se encuentra en el Barranco del Morenillo, al Sur de la localidad de Villanueva de Huerva y en la margen derecha del río Huerva (Fig. 1). Se enmarca en la Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica y se trata de uno de los escasos afloramientos de las facies *Weald* en la provincia de Zaragoza, NE de España (mapa geológico de detalle en Moreno-Azanza *et al.*, 2009a: fig. 1). Además de Pochancalo 1 este pequeño afloramiento contiene otros 4 yacimientos más (Pochancalo 0, 2, 3 y 4) comprendidos en un intervalo estratigráfico de pocos metros (Figs. 1 y 2A). Paleogeográficamente se encuentra en la subcuenca de Aguilón, enmarcada en el *Rift* Ibérico central (Soria de Miguel, 1997; Salas *et al.*, 2001). Los yacimientos de Pochancalo se encuentran en la parte inferior de la Formación Villanueva de Huerva, de edad Valanginiense-Hauteriviense (Cretácico Inferior). Esta formación está datada con carofitas (Soria de Miguel, 1997). En el yacimiento de Pochancalo 1 las carofitas son más bien escasas, aunque se han podido reconocer oogonios de *Atopochara trivolvris micranda*.

La Formación Villanueva de Huerva es una unidad *synrift* esencialmente carbonatada (Fig. 1), de carácter predominantemente lacustre, que en algunos puntos de la cuenca puede alcanzar los 200 metros de espesor (Soria *et al.*, 2008). Las facies lacustres dominan la parte media y superior de esta formación y continúan en la unidad suprayacente (Formación Aguilón) de edad Barremiense inferior (Kriwet *et al.*, 2009). En uno de estos tramos lacustres se ha llegado a documentar un patrón de sedimentación cíclica que se ha relacionado con ciclos orbitales (Soria *et al.*, 2008). Sin embargo, la parte inferior de esta unidad donde se localizan los yacimientos de Pochancalo (Fig. 2A) es litológicamente heterogénea y contiene margas, calizas, conglomerados, areniscas y lutitas depositados principalmente en un medio fluvial.

### Afloramientos del Barranco del Morenillo

La parte inferior de la Formación Villanueva de Huerva está bien representada en el afloramiento del Barranco del Morenillo (Fig. 1). Esta unidad se dispone sobre



la Formación Villar del Arzobispo formando una discordancia de bajo ángulo. El techo de la Formación Villar del Arzobispo son areniscas rojizas que terminan en una superficie erosiva con bioturbación y costras ferruginosas. Esta superficie erosiva caracteriza la discontinuidad entre el final de las facies marinas y transicionales del ciclo Jurásico y la base del ciclo Cretácico Inferior en facies *Weald* (Ipas *et al.*, 2007), en este caso la Formación Villanueva de Huerva. Esta discontinuidad que se reconoce en amplios dominios de la Cordillera Ibérica está asociada a una laguna estratigráfica de amplitud variable, en muchas ocasiones una discordancia angular apreciable (Soria de Miguel, 1997).

El tramo inferior de la Formación Villanueva de Huerva, de unos 50 metros de potencia, se caracteriza por el depósito de lutitas rojas con intercalaciones de areniscas ocre y lutitas grises (Fig. 1). Las lutitas corresponden a depósitos de llanura aluvial mientras que las areniscas -algunas con geometría canaliforme y otras tabulares- y otros niveles conglomeráticos representan rellenos de canal y depósitos de desbordamiento. A unos 26 metros de la base está situado el yacimiento de Pochancalo 1.

El nivel fosilífero de Pochancalo 1 está formado por lutitas grises con restos de vertebrados y de plantas, intraclastos y partículas gruesas de tamaño grava (*pebble*) (2D y 2E). Estas lutitas presentan geometría lenticular, un contenido en partículas gruesas muy heterogéneo (es frecuente encontrar bolsadas con mayor concentración de clastos), base irregular con límite difuso respecto a un conglomerado basal poco cementado y techo neto cóncavo (Fig. 1). Estas lutitas se incluyen en la base de un tramo de unos 3 metros de potencia litológicamente muy heterogéneo, que lateralmente pasa de tener carácter más arenoso al Este a ser más lutítico hacia el Oeste (Fig. 2A). Este tramo está caracterizado por estratos de lutitas, conglomerados y areniscas sucesivos, interestratificados (Fig. 2A), a veces con límites difusos. Los conglomerados son matrizsoportados con cantos redondeados y matriz arcillosa gris (Fig. 2C). Lateralmente se encuentran capas con geometría tabular y otros paquetes de arenisca y conglomerado con geometría canaliforme. Hacia el techo del depósito es más frecuente encontrar capas de areniscas de grano fino y de limos grises. Se observan geometrías en cuña, algunos contactos erosivos, bases irregulares, deformación dúctil y depósitos tanto masivos como laminados.

## INTERPRETACIÓN SEDIMENTOLÓGICA DEL YACIMIENTO DE POCHANCALO 1

La variación litológica que presenta el tramo que contiene el yacimiento de Pochancalo 1 se puede interpretar como el resultado de fluctuaciones significativas de energía de la corriente, con alternancia de depósitos de carga de fondo y de depósitos de suspensión (lutitas). La alternancia de litologías con geometrías laminares,

conectadas con pequeños rellenos de canal, con presencia de restos orgánicos se puede interpretar como depósitos de abanico de derrame (*crevasse splay*) (Sander, 1989; Kim *et al.*, 2009). A todo esto se añade que muchas de las observaciones anteriores se han descrito en depósitos de avulsión también en medios actuales (Farrell, 2001). El dispositivo sedimentario local al que se asocia la formación del yacimiento Pochancalo 1 es, por tanto, un depósito de avulsión, caracterizado por canales y abanicos de derrame (*crevasse channels* y *crevasse splays*). Este complejo sedimentario se formó por sucesivos flujos de desbordamiento que dieron lugar al depósito de facies de llanura aluvial y facies marginales de canal. Las condiciones favorables de este tipo de depósitos para la formación de yacimientos de vertebrados está bien documentada (Sander, 1989; Dyke y Malakhov, 2004; Kim *et al.*, 2009; Malafaia *et al.*, 2010). Por otra parte, la limitación de afloramiento y la erosión diferencial de estas facies de abanicos de derrame dificultan establecer una relación con canales fluviales principales o con canales de derrame (Sander, 1989).

Sander (1989) describe facies de intercanal que guardan cierta similitud con la litología de Pochancalo 1. Estas facies están compuestas por areniscas, lutitas y arcillas grises con geometría lenticular y con restos de plantas. Las areniscas se interpretan como abanicos de derrame y las lutitas como correspondientes a depósitos en charcas o lagunas de carácter efímero y ambiente reductor. Las arcillas grises, como las de Pochancalo 1 (Figs. 1 y 2D), son propicias para la acumulación de restos de vertebrados (Sander, 1989). En este sentido, Pochancalo 1 es una acumulación de microvertebrados en un área deprimida pantanosa entre el dominio de la llanura aluvial y el margen de canal fluvial en el que se producirían sucesivos desbordamientos que generan aportes discontinuos de materiales gruesos y finos. En términos generales podríamos decir que se trata de un paleoambiente de agua dulce enmarcado en un sistema fluvial. La sucesión vertical evoluciona desde estas facies fluviales en un estadio inicial, hasta el establecimiento de un sistema lacustre somero que caracteriza a la mayoría de la serie sedimentaria de la Formación Villanueva de Huerva (Soria *et al.*, 2008).

## Debris de plantas en Pochancalo 1

Un fenómeno que a veces se relaciona con la formación de yacimientos de vertebrados son los *debris* de plantas (Sweetman e Insole, 2010). En el afloramiento de Pochancalo se pueden identificar *debris* de plantas en dos niveles que son litológicamente distintos (Figs. 2B y D). Ambos niveles están incluidos en el tramo que contiene a Pochancalo 1 y que ha sido interpretado como un depósito de avulsión. El primero de estos niveles es la propia acumulación de Pochancalo 1 (Fig. 2D), donde es frecuente la presencia de restos carbonosos

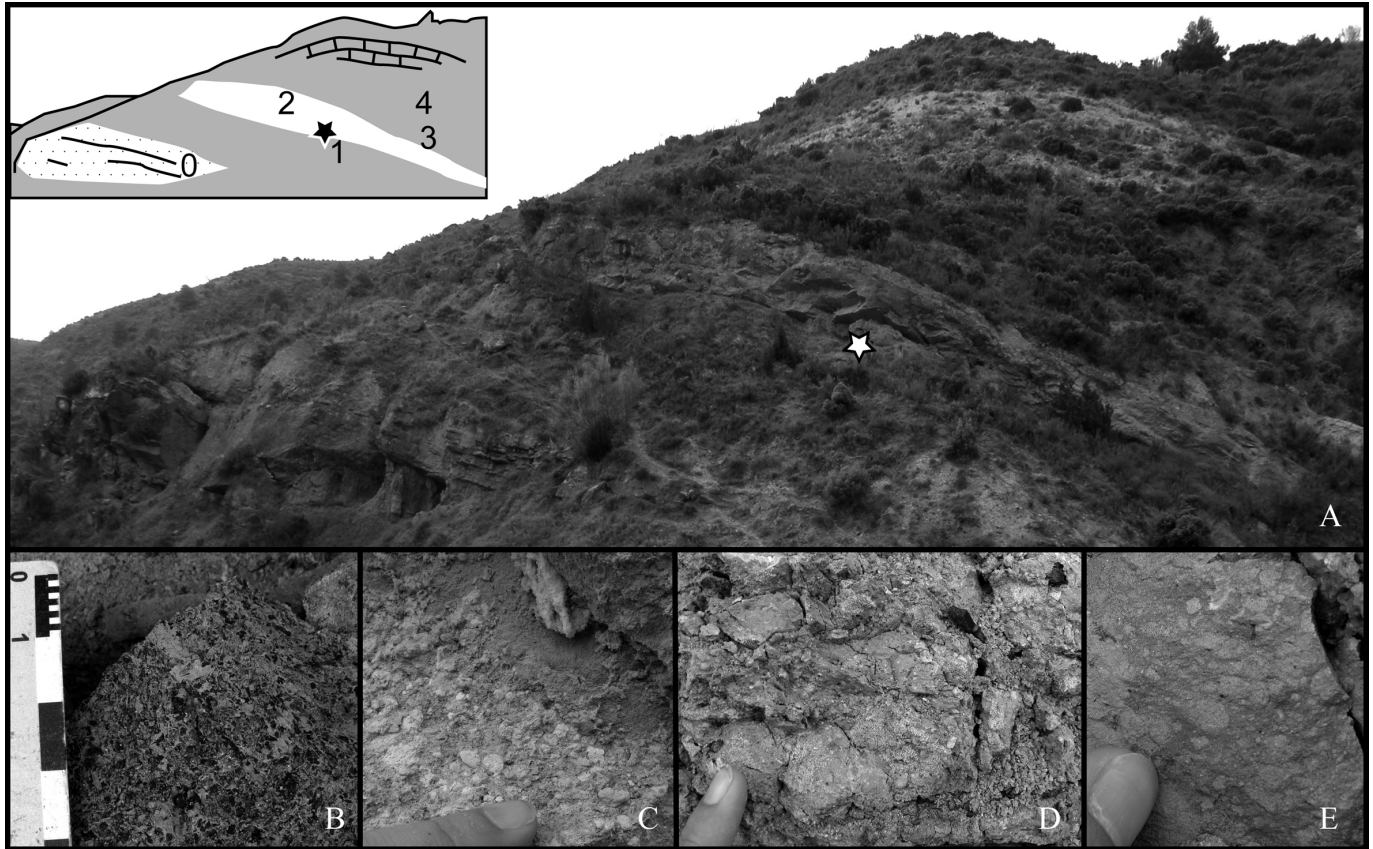


FIGURA 2. Afloramiento con la situación de los yacimientos de Pochancalo 0, 1, 2, 3 y 4 (A) y detalles de microfacies identificadas en el complejo de avulsión donde se localiza Pochancalo 1 (B, C, D, E): *debris* de plantas en niveles arenosos (B), contacto entre facies interestratificadas de conglomerados y lutitas (C), lutitas grises de Pochancalo 1 con clastos tamaño grava y fragmentos carbonosos de plantas (D), lutitas grises lateralmente a Pochancalo 1 con intraclastos (E).

microscópicos y macroscópicos de plantas incluidos en el sedimento arcilloso, apareciendo en ocasiones restos de troncos de cierto tamaño. El segundo tipo de *debris* de plantas (Fig. 2B) se encuentra estratigráficamente por encima de Pochancalo 1, en niveles arenosos que están interestratificados con lutitas y conglomerados. Presenta mayor densidad de restos y se caracteriza por laminaciones que incluyen pequeños fragmentos carbonosos de cutículas y otros restos (figura 2B).

Los *debris* de plantas pueden ser característicos de depósitos de abanicos de derrame (Farrell, 2001). Desde este punto de vista, la presencia de *debris* de plantas en el depósito de Pochancalo es congruente con nuestra interpretación sedimentológica.

Sweetman e Insole (2010) describen la relación entre los yacimientos de vertebrados y los *debris* de plantas en la Formación Wessex (de edad Barremiense) de la Isla de Wight. En este caso, las capas con *debris* de plantas son la principal fuente de macro y microfósiles de vertebrados en esa unidad (Sweetman e Insole, 2010). El contexto sedimentario de la Formación Wessex también es un medio fluvial interpretado como una sucesión de

depósitos de abanico de derrame y de llanura aluvial pantanosa (Insole y Hutt, 1994). Sin embargo, Sweetman e Insole (2010) interpretan un origen diferente para las capas con *debris* de plantas, que según estos autores se deben a flujos en manto (*sheet floods*) que se transforman en flujos en masa (*debris flows*) por la incorporación de material superficial en la llanura aluvial. En este modelo los *debris* de plantas serían producto de la combinación excepcional de incendios forestales y fuertes escorrentías (Sweetman e Insole, 2010).

Las capas con *debris* de plantas de la Formación Wessex pueden presentar ciertas similitudes con el yacimiento de Pochancalo 1, como son una litología similar incluyendo la presencia de un conglomerado basal o poca extensión lateral. Sin embargo, existen al menos dos diferencias notables que sugieren un origen distinto. En primer lugar, las evidencias de incendios forestales (como la presencia de pirofusinita) que se encuentran en los restos vegetales fósiles de la Formación Wessex (Sweetman e Insole, 2010) no han sido identificadas hasta el momento en Pochancalo 1. En segundo lugar, las capas de *debris* de plantas de la Formación Wessex suelen presentar un

contacto gradado con depósitos suprayacentes de llanura aluvial (Sweetman e Insole, 2010), mientras que por encima del nivel de Pochancalo 1 se encuentran depósitos de abanicos de derrame.

## DIVERSIDAD DE VERTEBRADOS

La cantidad de sedimento que se ha extraído en el yacimiento Pochancalo 1 para el estudio sistemático de microvertebrados es de unos 250 kg. El sedimento, previamente disgregado con agua oxigenada, se ha procesado mediante lavado-tamizado con tamiz de 0,5 mm. De forma excepcional se ha empleado el tamiz de 0,25 mm para evaluar la presencia de otros microfósiles como carofitas. Este sedimento ha sido recuperado en diferentes visitas al yacimiento a lo largo de varios años. El material descrito en este trabajo está depositado en el Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza (MPZ).

Los microvertebrados más abundantes son dientes y restos esqueléticos de osteictios y crocodrilomorfos. Además hay escasos restos de condriictios, lisanfibios, quelonios, pterosaurios, dinosaurios y mamíferos. Estos microfósiles son principalmente dientes aislados, escamas y huesos fragmentarios.

### Condriictios

Los condriictios están representados por dientes aislados y fragmentos de una espina de Hybodontiformes (Elasmobranchii). Se han recuperado algunos fragmentos de dientes (Fig. 3A) que presentan cúspides con una gruesa estriación similar a la de algunos dientes estudiados por Estes y Sanchiz (1982: fig. 1A) en el Cretácico Inferior de Galve. Esta morfología está relacionada con los géneros *Hybodus* o *Polyacrodus* (Estes y Sanchiz, 1982; Kriwet, 1995, 1998). Además, en Pochancalo 1 se ha recuperado un fragmento de una espina dorsal con crestas longitudinales y ganchos sobre la superficie (Fig. 3B). Espinas similares se han documentado en el Hauteriviense-Barremiense del Norte de España (Bermúdez-Rochas, 2009).

### Osteictios

Los osteictios están representados por escamas ganoideas con forma rómbica (Fig. 3D) y por dientes aislados de Semionotiformes (Fig. 3C). Solo en algún caso se conservan fragmentos de huesos faríngeos con varios dientes. Los dientes se caracterizan por un contorno oval o subcircular y su carácter triturador. Esta dentición es semejante a las descritas en otros yacimientos mesozoicos y asignadas a *Lepidotes* sp. (Estes y Sanchiz, 1982; Garrison *et al.*, 2007).

### Lisanfibios

Se han asignado a lisanfibios indeterminados varios fragmentos de huesos largos. Entre estos se ha recuperado la epífisis distal de un húmero (Fig. 3E), que conserva el capítulo humeral (*capitulum humeri*) y que presenta una morfología similar a restos asignados a discoglósidos (Canudo *et al.*, 2010: fig. 2). Además se ha encontrado un ilion fragmentario y una pequeña porción de un dentario que conserva un diente parcialmente roto. La naturaleza fragmentaria de los restos dificulta establecer asignaciones más precisas.

### Quelonios

Los restos de tortugas que se han recuperado son placas fragmentarias. Un fragmento de placa pleural (Fig. 3F) se ha identificado como Pleurosternidae indet. basado en su ornamentación característica (Lapparent de Broin y Murelaga, 1999; Pérez-García, 2009). La superficie externa presenta pequeñas depresiones irregulares además de surcos débiles perpendiculares a los márgenes.

### Crocodilomorfos

Los crocodilomorfos están representados por dientes aislados que son relativamente abundantes en la asociación. Estos dientes aislados se pueden asignar a crocodilomorfos de pequeño tamaño que se incluyen en tres familias: Atoposauridae, Goniopholididae y Bernissartiidae (Fig. 3.G-J). Se han encontrado faunas similares de neosuquios en otros yacimientos del Cretácico Inferior de España, como en Galve y Cuenca (Buscalioni y Sanz, 1984; Brinkmann, 1992; Buscalioni *et al.*, 2008), así como en otros yacimientos europeos (Buffetaut y Ford, 1979; Mazin *et al.*, 2009).

Los dientes más abundantes en Pochancalo 1 son los asignados a Atoposauridae. Los atoposáuridos están representados por morfotipos dentales que reflejan el grado de heterodoncia de este grupo (Buscalioni y Sanz, 1984). Los dientes anteriores (Fig. 3I) tienden a ser altos, cónicos ligeramente lanceolados. Los posteriores (Fig. 3H) presentan una morfología zifomorfa con una graduación de formas que representan mayor compresión mesiodistal y menor altura en las coronas que corresponden a posiciones dentales más distales. Los dientes presentan carenas mesial y distal y ornamentación característica a base de una estriación vertical fina. Esta estriación es convergente en áreas centrales y divergentes hacia los márgenes mesiales y distales. Estos dientes presentan los caracteres distintivos de la familia Atoposauridae en sentido amplio (Wellnhofer, 1971).

En cuanto a la familia Bernissartiidae se han reconocido dientes posteriores con forma bulbosa y arriñonada, y dientes anteriores (Fig. 3G) que tienden a ser más altos y con forma más triangular. Estos morfotipos presentan



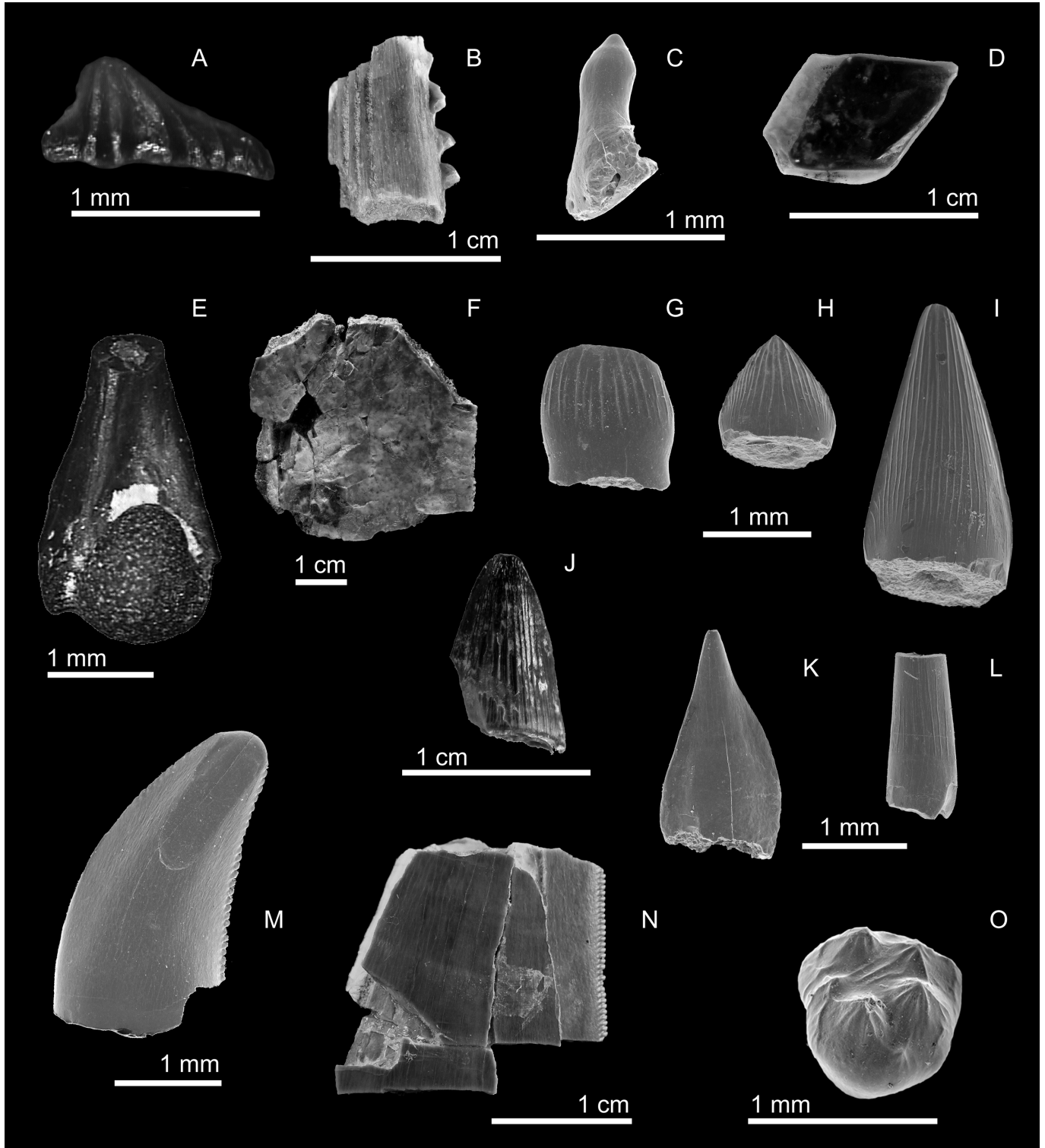


FIGURA 3. Restos de vertebrados del yacimiento de Pochancalo 1 (Villanueva de Huerva, Zaragoza, España): Diente MPZ2011/63 (A) y espina MPZ2011/55 (B) de Hybodontiformes, diente MPZ2011/52 de Semionotiformes (C) y escama MPZ2011/53 de Osteichthyes (D), distal de húmero MPZ2011/64 de Lissamphibia (E), placa de tortuga MPZ2011/56 Pleurosternidae (F), dientes de crocodiliformes Bernissartiidae MPZ2011/45 (G), Atoposauridae MPZ2011/44 (H) y MPZ2011/43 (I) y Goniopholididae MPZ2011/54 (J), dientes de pterosaurios Istiodactylidae MPZ2011/46 (K) y Ornithocheiridae? MPZ2011/47 (L), dientes de dinosaurios Dromaeosaurinae? MPZ2011/49 (M) y Allosauroidae? MPZ2005/319 (N) y diente de mamífero multituberculado Albionbaataridae? MPZ2010/858 (O).



una ornamentación característica a base de suaves crestas verticales dispuestas paralelamente o ligeramente convergentes en este caso, a diferencia de la ornamentación de los atoposáuridos que es divergente en los márgenes (Buffetaut y Ford, 1979; Brinkmann, 1992; Mazin *et al.*, 2009). Por otra parte, unos pocos dientes (Fig. 3J), de mayor tamaño, con forma cónica, ligeramente curvados lingualmente, con carenas mesial y distal sin denticulos y ornamentación con crestas labiales y linguales se asignan a Goniopholididae (Buscalioni y Sanz, 1984; Buscalioni *et al.*, 2008).

### Pterosaurios

Los pterosaurios son escasos en la asociación de Pochancalo 1. Se han encontrado tres dientes aislados, que corresponden a dos morfotipos dentales distintos de pterodactiloideos. El morfotipo 1 (Fig. 3K) presenta una corona con una característica forma de pipa de girasol y contorno triangular, es más alto que ancho, comprimido labiolingualmente, ovalado en sección, puntiagudo y ligeramente curvado hacia el lado lingual, con un ligero desplazamiento del ápice y una constricción basal. Dientes morfológicamente similares asignados a la familia Istiodactylidae se han documentado en el Barremiense de los yacimientos de Vallipón, La Cantalera y Las Hoyas (Ruiz-Omeñaca *et al.*, 1998; Vullo *et al.*, 2009; Canudo *et al.*, 2010). El morfotipo 2 está representado por un único diente fracturado, que ha perdido el ápice (Fig. 3L). Se trata de un diente subcircular en sección, probablemente recto, y presenta débil estriación vertical. Este tipo de formas han sido asociadas con Ornithocheiridae (Ruiz-Omeñaca *et al.*, 1998; Wellnhofer y Buffetaut, 1999; Vullo *et al.*, 2009). Debido a la naturaleza fragmentaria se asigna de forma tentativa a Ornithocheiridae indet.

### Dinosaurios

Los dinosaurios en Pochancalo 1 están representados por dientes de terópodos (Fig. 3M-N). En Pochancalo 2 y Pochancalo 4 se han recuperado un diente de saurópodo (MPZ2011/58) y varios dientes de terópodos correspondientes a morfotipos diferentes de los identificados en Pochancalo 1 (Infante *et al.*, 2005). No se han encontrado restos de dinosaurios ornitisquios en ninguno de los niveles fosilíferos de la Formación Villanueva de Huerva.

La asociación de terópodos de Pochancalo 1 está compuesta al menos por una forma de tetanuro basal y un maniraptor. Un fragmento de diente (MPZ 2005/319) pertenece a un terópodo de gran tamaño que se incluye en Allosauroidae? (Infante *et al.*, 2005). MPZ2005/319 presenta caracteres plesiomórficos de los terópodos (Fig. 3N) como son compresión labiolingual y curvatura distal (Ruiz-Omeñaca *et al.*, 2009). En el fragmento de diente solo se conserva el margen carenado distal. Esta

carena distal presenta denticulos pequeños, regulares, con forma de cincel y 2,5 denticulos/mm. La superficie del esmalte presenta pliegues muy suaves y una fina estriación vertical. El diente MPZ 2005/320 procedente del yacimiento Pochancalo 2 se diferencia del diente de Pochancalo 1 en presentar denticulos más grandes, menor compresión labiolingual y ausencia de pliegues en el esmalte (Infante *et al.*, 2005). Además del tetanuro basal descrito, en Pochancalo 1 se han encontrado fragmentos de dientes de pequeños terópodos con caracteres más derivados (Norell y Makovicky, 2004; Sweetman, 2004). El diente más completo MPZ2011/49 (Fig. 3M) presenta 2,9 milímetros de altura de corona conservada, compresión labiolingual, sección ovalada, denticulos en carenas mesial y distal y el ápice curvado distalmente. Presenta 13 denticulos/mm en la carena distal y 12 denticulos/mm en la carena mesial. Los denticulos están mejor desarrollados en la carena distal (presentan mayor altura que los denticulos mesiales), con forma de cincel y son prácticamente rectos en vista lingual mientras que se aprecian ligeramente inclinados apicalmente en vista labial. En la carena mesial los denticulos están restringidos al tercio apical y están dirigidos apicalmente. La curvatura del ápice y la morfología de los denticulos recuerdan las formas descritas como dientes de velociraptorinos del Barremiense de la Isla de Wight (Sweetman, 2004). En el caso de los dientes de Pochancalo 1, éstos son de menor tamaño y además, a diferencia de los velociraptorinos (Currie *et al.*, 1990), el tamaño de los denticulos mesiales y distales es muy similar. Un carácter importante que presenta el diente de Pochancalo es la curvatura lingual de la carena mesial en la zona media de la corona, descrita en *Dromaeosaurus* (Currie *et al.*, 1990) del Cretácico Superior de Norteamérica, y en dientes del Kimmeridgiense-Tithoniense de Portugal (Malafaia *et al.*, 2010) y del Barremiense de España (Zinke, 1998; Rauhut, 2002; Gómez-Fernández y Canudo, en prensa). En cuanto al Barremiense de España se incluyen dientes del yacimiento turolense de La Cantalera (Formación Blesa) asignados a *Dromaeosaurinae* indet. (Gómez-Fernández y Canudo, en prensa). De entre los diez morfotipos dentales de terópodos descritos en La Cantalera (Canudo *et al.*, 2010), el diente de Pochancalo (Fig. 3M) se asemejan a la morfología descrita en el fragmento de diente CAN1-1058 identificado como *Dromaeosaurinae* indet. 3. En cambio, se diferencia del resto de morfotipos dentales del yacimiento de La Cantalera en uno o más caracteres. Por tanto, los pequeños terópodos derivados de Pochancalo 1 se clasifican en este trabajo como *Dromaeosaurinae?* indet.

### Mamíferos

Los mamíferos están representados por escasos dientes de multituberculados. Uno de estos dientes (Fig. 3 O) se ha asignado tentativamente a la familia Albionbaataridae. Se

TABLA 1. Número de restos de vertebrados en 15 kilogramos de sedimento del yacimiento de Pochancalo 1. Aunque se han distinguido en el conteo, los fragmentos son mayoritarios frente a los elementos más o menos completos. Tortugas, pterosaurios, dinosaurios y mamíferos no se hallan representados en la muestra.

TIPO RESTO	HUESOS	DIENTES	Nº TOTAL RESTOS
CÁSCARA DE HUEVO			53
INIDENTIFICABLES			279
IDENTIFICABLES	81	36	117
Condrictios	1	3	4
Osteictios	61	11	72
Lisanfibios	19	0	19
Crocodilomorfos	0	22	22

trata de la primera cita de este taxón en el Valanginiense-Hauteriviense en Europa y la primera en las asociaciones del Cretácico Inferior en la Península Ibérica (Badiola *et al.*, 2009).

#### Fragmentos de cáscaras de huevo

En cuanto a fragmentos de cáscaras de huevo, se han recuperado unos 200 fragmentos de cáscara mediante el proceso de lavado-tamizado del sedimento. Están representadas las oofamilias Spheroolithidae, Megaloolithidae, Prismatoolithidae y Testudoolithidae (Moreno-Azanza *et al.*, 2009a, 2009b).

#### ASPECTOS TAFONÓMICOS DE LA ASOCIACIÓN FÓSIL DE VERTEBRADOS

Para realizar observaciones tafonómicas se recogieron 15 kg de muestra de Pochancalo 1. Se han evaluado la riqueza y la abundancia relativa de cada grupo de vertebrado mediante un conteo de los restos observados en los concentrados (Tabla 1). Los microvertebrados son el fósil más abundante junto con restos de plantas. Éstas últimas están representadas en los concentrados por fragmentos de cutículas, mientras que en el afloramiento se han identificado restos de troncos de escala métrica. Además están presentes oogonios de carofitas, ostrácodos y gasterópodos de agua dulce. Los macrofósiles son bastante escasos. El número total de restos de microvertebrados ha sido de 450/15 kg de sedimento (30 restos/kg), que incluye huesos y dientes identificables, fragmentos de hueso indeterminados y de cáscaras de huevo. Pochancalo 1 presenta menor riqueza en microvertebrados con respecto a los clásicos yacimientos del Barremiense de Teruel. Esta observación se ha contrastado realizando un conteo

sobre una muestra de control de unos 8 kg de sedimento de Colladico Blanco 2. Se trata de un yacimiento inédito que puede considerarse representativo de los niveles fosilíferos carbonatados barremienses de la Formación El Castellar en Galve (Estes y Sanchiz, 1982; Ruiz-Omeñaca *et al.*, 2004). En Colladico Blanco 2 la concentración es de 338 restos de vertebrados/8 kg (42,2 restos/kg), es decir, del orden de un 40% más de restos por kilogramo que en Pochancalo 1. En Colladico Blanco 2 la proporción de fragmentos de cáscara también es mayor (109 fragmentos de cáscara/8kg). En cuanto a elementos identificables, incluyendo fragmentos de cáscara, la concentración de Pochancalo 1 es de 12 elementos/kg, un valor menor que el de Colladico Blanco 2 (21 elementos por kilogramo), pero semejante a algunos niveles fosilíferos de Buenache de la Sierra con concentraciones desde 10 hasta 33 elementos por kilogramo (Buscalioni *et al.*, 2008). En cuanto a la abundancia relativa de restos óseos (incluidos dientes y escamas) de los diferentes grupos de vertebrados los osteictios (72 restos), especialmente fragmentos de escamas y en menor medida dientes, son el grupo dominante de la muestra, seguidos de los dientes de crocodilomorfos.

Los restos de vertebrados están desarticulados, carecen de evidencias de redondeamiento y de granoselección. La mayoría presentan fracturación irregular producida, al menos en parte, durante el proceso de lavado. Como en el caso de otras asociaciones de vertebrados similares registradas en ambientes lagunares efímeros enmarcados en contextos fluviales y aluviales (Insole y Hutt, 1994; Canudo *et al.*, 2010), los datos sedimentológicos y tafonómicos descartan un transporte significativo para la acumulación de microrrestos de vertebrados en Pochancalo 1. Los restos óseos se acumularon en

(autóctonos) o cerca (parautóctonos) del subambiente de Pochancalo.

Se ha identificado algunos restos de pirita cuyo origen se puede relacionar con la materia orgánica existente en el sedimento como fuente del sulfuro (Sweetman e Insole, 2010). La presencia de pirita en el sedimento, aunque no es extremadamente abundante, es un indicio de condiciones reductoras presentes durante la diagénesis temprana (Canfield y Raiswell, 1991).

## PALEOECOLOGÍA

A la hora de evaluar la paleobiodiversidad de este yacimiento hay que tener en cuenta algunas limitaciones como la relativa pobreza en número de restos, la cantidad de sedimento procesado y la fragmentariedad de los restos que dificultan las asignaciones taxonómicas. Con todos estos condicionantes, no se ha podido llegar a unas determinaciones taxonómicas precisas, aunque los fósiles estudiados aumentan el conocimiento que tenemos sobre las faunas de vertebrados del Valanginiense-Hauteriviense (Cretácico Inferior) de la Península Ibérica, que no es muy amplia debido a la escasez de datos paleontológicos que tenemos sobre este intervalo temporal. La asociación fósil de microvertebrados de Pochancalo 1 está compuesta por condrictios (*Hybodontiformes* indet.), osteictios (*Semionotiformes* indet.), anfibios (*Lissamphibia* indet.), quelonios (*Pleurosternidae* indet.), crocodiliformes (*Atoposauridae* indet., *Goniopholididae* indet., *Bernissartiidae* indet.), pterosaurios (*Istyodactylidae* indet., *Ornithocheiridae?* indet.), dinosaurios (*Allosauroidae?* indet., *Dromaeosaurinae?* indet.) y mamíferos (*Albionbaataridae?* indet.). La presencia de fauna típica de medios acuáticos, entre la que destaca la abundancia de restos de osteictios, y la de los alrededores de dominios fluviales (llanura aluvial) como es el caso de pterosaurios, dinosaurios y mamíferos, interpretamos que la asociación fósil de Pochancalo 1 es endémica.

Una manera de abordar la interpretación paleoecología de la asociación de vertebrados de Pochancalo 1 es compararla con otros yacimientos, como la realizada por Buscalioni *et al.* (2008) para la Formación La Huérguina del Barremiense superior de Cuenca. Van der Valk (2006) propuso un esquema para ecosistemas de tipo humedal en el que los taxones se distribuyen en una asociación faunística compleja distribuidos en una amplia variedad de microhábitats relacionados con la disponibilidad de agua. Siguiendo este esquema, Buscalioni *et al.* (2008) consideran cuatro categorías de especies: obligadas, anfibias, facultativas e incidentales. En este trabajo se utiliza una forma simplificada del modelo y se va a aplicar solo a la asociación de vertebrados, distinguiendo entre especies “acuáticas” (condrictios y osteictios) “anfibias” (lisanfibios, quelonios y crocodilomorfos) y “terrestres” (lacértidos, pterosaurios, dinosaurios y mamíferos). Hay que tener en cuenta que se está asumiendo un grado

de simplificación importante en este método y no es aconsejable establecer conclusiones paleoecológicas de gran alcance. Si vamos al detalle, observamos, por ejemplo, que algunos grupos de crocodilomorfos cretácicos estarían más bien relacionados con hábitat terrestres (Buscalioni y Sanz, 1984). De esta forma, en cuanto a los vertebrados fósiles de Pochancalo 1 se han distinguido 2 formas “acuáticas”, 5 “anfibias” y 5 “terrestres”. En cuanto a la abundancia relativa de los grupos de microvertebrados representados en las muestras estudiadas, las formas acuáticas son las más abundantes (especialmente osteictios) a pesar de ser las menos diversas. Les siguen las formas “anfibias”. En cambio, las formas “terrestres” no aparecen representadas en la muestra de 15 kg de sedimento.

Se ha comparado la estructura de la diversidad de la asociación de Pochancalo 1 con otras asociaciones de vertebrados fósiles del Cretácico Inferior de Teruel y Cuenca (Ruiz-Omeñaca *et al.*, 2004; Buscalioni *et al.*, 2008; Canudo *et al.*, 2010, en prensa). La asociación de la parte inferior de la Formación El Castellar es de edad Valanginiense-Hauteriviense (Canudo *et al.*, en prensa). El resto de asociaciones comparadas tienen edad Barremiense inferior (La Cantalera y Formación El Castellar superior, en Teruel), según Canudo *et al.* (en prensa), y Barremiense superior (Buenache, Uña y Las Hoyas en Cuenca), según Buscalioni *et al.* (2008). Con estos datos se ha realizado un análisis de componentes principales (Hammer *et al.*, 2001) representado en la figura 4. La variabilidad entre asociaciones viene determinada por el número de taxones de cada una de las categorías ecológicas. También están representados los ejes de las tres variables (acuático, anfibio y terrestre) respecto a los dos componentes principales. De esta relación se deduce que gran parte de la variabilidad entre las asociaciones se puede explicar por el número de taxones de “hábito terrestre” frente al número de taxones de las otras dos categorías.

Según muestra el análisis de componentes principales (Tabla 2, Fig. 4), la asociación de Pochancalo 1 guarda mayor grado de similitud con la asociación de la Formación El Castellar inferior. Estas dos asociaciones tienen la misma edad y son las de menor diversidad. Sin embargo, esto puede estar sesgado por la escasez de yacimientos en el Valanginiense y el Hauteriviense. En cuanto al resto de asociaciones destaca la alta proporción de formas “terrestres” en La Cantalera, la elevada paleobiodiversidad de las asociaciones del Barremiense inferior de Teruel y la alta diversidad de formas “acuáticas” en Las Hoyas y en la Formación El Castellar superior. La diferencia notoria entre estas dos últimas es que los condrictios solo están presentes en la asociación turolense. En cuanto a las tres asociaciones de Cuenca, las diferencias existentes, según Buscalioni *et al.* (2008), pueden ser explicadas por causas tafonómicas asociadas con el ambiente particular de cada yacimiento que representan en realidad una estructura



TABLA 2. Datos reflejados en la figura 4.

Yacimiento/hábito	acuático	anfíbio	terrestre	Nº Taxones	Referencias
Pochancalo 1 (Fm Villanueva de Huerva)	2	5	5	12	Este trabajo
La Cantalera (Fm Blesa)	1	7	23	31	Canudo <i>et al.</i> , 2010
Fm Castellar sup.	10	9	20	39	Ruiz-Omeñaca <i>et al.</i> , 2004
Fm Castellar inf.	3	5	6	14	
Buenache (Fm La Huérguina)	7	8	3	18	Buscalioni <i>et al.</i> , 2008
Uña (Fm La Huérguina)	3	8	13	24	
Las Hoyas (Fm La Huérguina)	13	10	8	31	

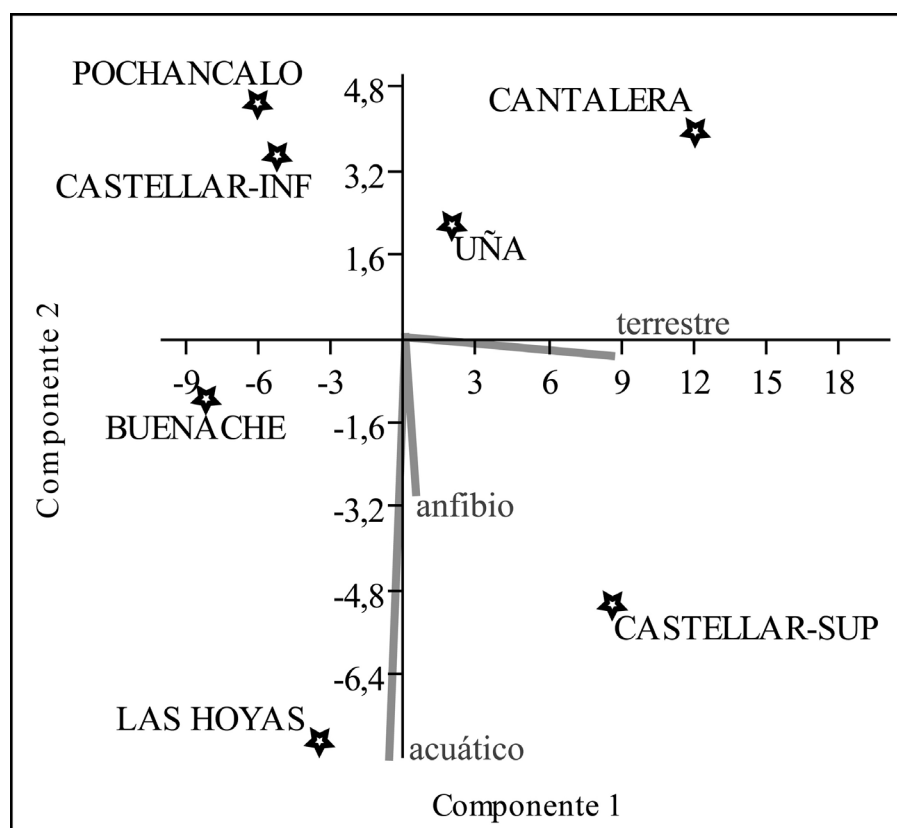


FIGURA 4. Análisis de componentes principales en el que se muestra la variabilidad entre las asociaciones de vertebrados comparadas. Esta variabilidad hace referencia al número de taxones diferentes y la abundancia relativa de formas "acuáticas", "anfíbias" y "terrestres". Se ha utilizado PAST versión 1.75 (Hammer *et al.*, 2001). Los datos representados están reflejados en la tabla 2.

paleoecológica común de un ecosistema léntico de agua dulce.

## CONCLUSIONES

El yacimiento de microvertebrados Pochancalo 1 en Villanueva de Huerva (Zaragoza, España), de edad Valanginiense-Hauteriviense, es un nivel de lutitas grises integrado en un complejo de avulsión (*crevasse splay* y *crevasse channel*) dentro de un sistema fluvial. Corresponde a una acumulación fósil de restos de vertebrados y de plantas que tuvo lugar en una pequeña laguna de carácter efímero enclavada entre facies de llanura aluvial y de margen de canal. Es una asociación fósil compuesta por restos de condriictios, osteictios, quelonios, crocodilomorfos, pterosaurios, dinosaurios y mamíferos. Dentro de los diferentes grupos de vertebrados, los osteictios (Semionotiformes) son los restos más abundantes, mientras que formas de hábitos terrestres (pterosaurios, dinosaurios y mamíferos) son extraordinariamente raras en la asociación. Los restos más abundantes son fragmentos óseos inidentificables. Además de huesos y dientes también se encuentran fragmentos de cáscara de huevo. De cara al estudio y comparación de las asociaciones de vertebrados fósiles del Cretácico Inferior de la Península Ibérica, Pochancalo 1 representa un yacimiento de gran interés al informar sobre un contexto temporal y paleobiogeográfico sin representación, hasta el momento, en la Cordillera Ibérica.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se enmarca en el proyecto CGL2010-16447 del Ministerio de Ciencia e Innovación, y está financiado por los fondos FEDER y Gobierno de Aragón (Grupos Consolidados y la Dirección General de Patrimonio Cultural). J.M.G. está subvencionado por una beca FPI (B064/08B) del Gobierno de Aragón y M.M.A. por una beca FPI (BES-2008-005538) del Ministerio de Ciencia e Innovación. Agradecemos la revisiones de los doctores José Ignacio Ruiz-Omeñaca y Rafael Royo-Torres, que han ayudado a mejorar notablemente el manuscrito. También agradecemos a Pedro Huerta y Fidel Torcida por su labor editorial así como a todo el Colectivo Arqueológico-Paleontológico de Salas (C.A.S.) por hacer posible la publicación de estas actas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcalá, L., Cobos, A., Espílez, E., Luque, L. y Royo-Torres, R. (2005): Yacimientos con dinosaurios en El Castellar (Teruel, España). *Fundamental*, 6: 35-38.
- Badiola, A., Canudo, J. I. y Cuenca-Bescós, G. (2009): New Early Cretaceous multituberculate fossils from the Iberian Peninsula. *Tribute to Charles Darwin to Bernissart iguanodonts: New perspectives on Vertebrate Evolution and Early Cretaceous Ecosystems, Programme, Abstracts and Field Trips Guidebook*, 9-13 February, Brussels, 2009: 16.
- Bermúdez-Rochas, D. D. (2009): New hybodont shark assemblage from the Early Cretaceous of the Basque-Cantabrian Basin. *Geobios*, 42: 675-686.
- Brinkmann, W. (1992): Die Krokodilier-Fauna aus der Unter-Kreide (Ober- Barremium) von Uña (Provinz Cuenca, Spanien). *Berliner Geowissenschaftliche Abhandlungen E*, 5: 1-123.
- Buffetaut, E. y Ford, L. E. (1979): The crocodilian *Bernissartia* in the Wealden of the Isle of Wight. *Palaeontology*, 22 (4): 905-912.
- Buscalioni, A. y Sanz, J. L. (1984): Los arcosaurios (Reptilia) del Jurásico superior-Cretácico inferior de Galve (Teruel, España). *Teruel*, 71: 9-30.
- Buscalioni, A. D., Fregenal, M. A., Bravo, A., Poyato-Ariza, F. J., Sanchíz, B., Báez, A. M., Cambra Moo, O., Martín Closas, C., Evans, S. E. y Marugan Lobón, J. (2008): The vertebrate assemblage of Buenache de la Sierra (Upper Barremian of Serrania de Cuenca, Spain) with insights into its taphonomy and palaeocology. *Cretaceous Research*, 29: 687-710.
- Canfield, D. E. y Raiswell, R. (1991): Pyrite formation and fossil preservation. En: *Allison, P.A., Briggs, D.E.G. (Eds.), Taphonomy: Releasing the Data Locked in the Fossil Record*. Plenum Press, London, 337-387.
- Canudo, J. I., Barco, J. L., Cuenca-Bescós, G. y Ruiz-Omeñaca, J. I. (2005): Presence of two different theropod footprints in the Valanginian-Hauterivian (Lower Cretaceous) of Villanueva de Huerva (Zaragoza, Aragón, Spain). *Abstract Book-International Symposium on dinosaurs and other vertebrates Palaeoichnology* (October 4-8th 2005) Fumanya, Barcelona, 42-43.
- Canudo, J. I., Gasca, J. M., Aurell, M., Badiola, A., Blain, H.-A., Cruzado-Caballero, P., Gómez-Fernández, D., Moreno-Azanza, M., Parrilla, J., Rabal-Garcés, R. y Ruiz-Omeñaca, J. I. (2010): La Cantalera: an exceptional window onto the vertebrate biodiversity of the Hauterivian-Barremian transition in the Iberian Peninsula. *Journal of Iberian Geology*, 36 (2): 295-224.
- Canudo, J. I., Gasca, J. M., Aurell, M. y Moreno-Azanza, M. (en prensa): New information about the stratigraphic position and age of the sauropod *Aragosaurus ischiaticus* from the Early Cretaceous of the Iberian Peninsula. *Geological Magazine*.
- Currie, P.J., Rigby, J.K., Sloan, R.E. (1990): Theropod teeth from the Judith River Formation of southern Alberta, Canada. En: *Dinosaurs systematics. Approaches and Perspectives*. Carpenter, K. and Currie, P. J. (eds.). Cambridge University Press, 282-298.
- Diez, J. B., Pons, D., Canudo, J. I., Cuenca, G. y Ferrer, J. (1995): Primeros datos palinológicos del Cretácico

- inferior continental de Pielago, (Galve, Teruel). En: *XI Jornadas de Paleontología*, Trempe, 79-81.
- Dyke, G. J. y Malakhov, D. V. (2004): Abundance and taphonomy of dinosaur teeth and other vertebrate remains from the Bostobynskaya Formation, north-east Aral Sea region, Republic of Kazakhstan. *Cretaceous Research*, 25 (5): 669-674.
- Estes, R. y Sanchiz, B. (1982): Early Cretaceous lower vertebrates from Galve (Teruel), Spain. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 2 (1): 21-39.
- Farrell, K. M. (2001): Geomorphology, facies architecture, and high-resolution, non-marine sequence stratigraphy in avulsion deposits, Cumberland Marshes, Saskatchewan. *Sedimentary Geology*, 139: 93-150.
- Fuentes Vidarte, C., Mejjide Calvo, M., Mejjide Fuentes, F. y Mejjide Fuentes, M. (2005): Fauna de vertebrados del Cretácico Inferior del Yacimiento de "Zorralbo" en Golmayo (Soria, España). *Revista Española de Paleontología*, número extraordinario 10: 83-92.
- Garrison Jr., J. R., Brinkman, D., Nichols, D. J., Layer, P., Burge, D. y Thayne, D. (2007): A multidisciplinary study of the Lower Cretaceous Cedar Mountain Formation, Mussentuchit Wash, Utah: a determination of the paleoenvironment and paleoecology of the *Eolambia caroljonesa* dinosaur quarry. *Cretaceous Research*, 28: 461-494.
- Gasca, J. M., Gómez-Fernández, D., Moreno-Azanza, M. y Canudo, J. I. (2009): Un paseo por los yacimientos del tránsito Hauteriviense - Barremiense (Cretácico Inferior) de Aragón. *Paleolusitana*, 1: 211-219.
- Hammer, O., Harper, D. A. T. y Ryan, P. D. (2001): PAST: Palaeontological Statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1): 9 pp.
- Gómez-Fernández, D. y Canudo, J. I. (en prensa): Dientes de terópodos del tránsito Hauteriviense-Barremiense (Cretácico Inferior) en La Cantalera (Josa, Teruel). *Teruel*.
- Infante, P., Canudo, J. I., Aurell, M., Ruiz-Omeñaca, J. I., Sender, L. M. y Zamora, S. A. (2005): Primeros datos sobre los dinosaurios de Zaragoza (Theropoda, Valanginiense-Hauteriviense, Cretácico Inferior). *XXI Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología. Gestión e Investigación de la Paleontología en el Siglo XXI. Sevilla 4-8 de octubre de 2005. Libro de Resúmenes*. Eds. E. Bernáldez, E. Mayoral y A. Guerreiro dos Santos, 119-120.
- Insole, A. N. y Hutt, S. (1994): The palaeoecology of the dinosaurs of the Wessex Formation (Wealden Group, Early Cretaceous), Isle of Wight, Southern England. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 112: 197-215.
- Ipas, J., Aurell, M., Bádenas, B., Canudo, J. I., Liesa, C., Mas, J. R. y Soria, A.R. (2007): Caracterización de la Formación Villar del Arzobispo al sur de Zaragoza (Titónico, Cordillera Ibérica). *Geogaceta*, 41: 111-114.
- Kim, S. B., Kim, Y.-G., Jo, H. R., Jeong, K. S. y Chough, S. K. (2009): Depositional facies, architecture and environments of the Sihwa Formation (Lower Cretaceous), mid-west Korea with special reference to dinosaur eggs. *Cretaceous Research*, 30: 100-126.
- Kriwet, J. (1995): Elasmobranchian remains from the lower Barremian of north-eastern Spain (province of Teruel): preliminary report. *II International Symposium on Lithographic Limestones, Lleida-Cuenca (Spain), Extended Abstracts*, 99-102.
- Kriwet, J. (1998): Late Jurassic Elasmobranch and Actinopterygian fishes from Portugal and Spain. *Cuadernos de Geología Ibérica*, 24: 241-260.
- Kriwet, J., Nunn, E. V. y Klug, S. (2009): Neoselachians (Chondrichthyes, Elasmobranchii) from the Lower and lower Upper Cretaceous of north-eastern Spain. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 155: 316-347.
- Lapparent de Broin, F. de y Murelaga, X. (1999): Turtles from the Upper Cretaceous of Laño (Iberian Peninsula). *Estudios del Museo de Ciencias Naturales de Álava*, 14 (Número Especial 1): 135-211.
- Malafaia, E., Ortega, F., Escaso, F., Dantas, P., Pimentel, N., Gasulla, J. M., Ribeiro, B., Barriga, F. y Sanz, J. L. (2010): Vertebrate fauna at the *Allosaurus* fossil-site of Andrés (Upper Jurassic), Pombal, Portugal. *Journal of Iberian Geology*, 36 (2): 193-204.
- Mazin, J.-M., Pouech, J. y Raslan-Loubatie, J. (2009): The bernissartids: common European crushing crocodiles. *Tribute to Charles Darwin to Bernissart iguanodonts: New perspectives on Vertebrate Evolution and Early Cretaceous Ecosystems, Programme, Abstracts and Field Trips Guidebook*, 9-13 February, Brussels, 2009, 69.
- Moreno-Azanza, M., Canudo, J. I. y Gasca, J. M. (2009a): Fragmentos de cáscara de huevo de Megaloolithidae en el Cretácico Inferior de la provincia de Zaragoza (Formación Villanueva de Hueva, España). *Actas de las IV Jornadas Internacionales sobre Paleontología de Dinosaurios y su Entorno*. Salas de los Infantes, Burgos, 253-262.
- Moreno-Azanza, M., Gasca, J. M. y Canudo, J. I. (2009b): New data on the Valanginian-Hauterivan reptile ootaxa of the Iberian Range (NE of Spain). *Tribute to Charles Darwin to Bernissart iguanodonts: New perspectives on Vertebrate Evolution and Early Cretaceous Ecosystems, Programme, Abstracts and Field Trips Guidebook*, 9-13 February, Brussels, 2009: 72.
- Norell, M. A. y Makovicky, P. J. (2004): Dromaeosauridae. En: *The Dinosauria*, ed. D.B. Weishampel, P. Dodson & H. Osmólska. University of California Press, Berkeley, 196-209.
- Ortega, F., Escaso, F., Gasulla, J. M., Dantas, P. y Sanz, J. L., (2006): Dinosaurios de las Península Ibérica. *Estudios geológicos*, 62: 219-240.
- Pérez-Lorente, F. (2010): Experiencias del estudio de icnitas de dinosaurio en La Rioja. En: Moreno-Azanza, M., Díaz-Martínez, I., Gasca, J.M., Melero-Rubio, M.,



- Rabal-Garcés, R., Sauqué, V. (coords.). *Cidaris, VIII Encuentro de Jóvenes Investigadores en Paleontología*, 30: 27-36.
- Pérez García, A. (2009): Revisión histórica y sistemática de las primeras citas de quelonios del Cretácico español. *Revista Española de Paleontología*, 24: 93-104.
- Rauhut, O. W. M. (2002): Dinosaur teeth from the Barremian of Uña, Province of Cuenca, Spain. *Cretaceous Research*, 23 (2): 255-263.
- Ruiz-Omeñaca, J. I., Canudo, J. I. y Cuenca Bescós, G. (1998): Primeros restos de reptiles voladores (Pterosauria: Pterodactyloidea) en el Barremiense superior (Cretácico Inferior) de Vallipón (Castellote, Teruel). *Mas de las Matas*, 17: 225-249.
- Ruiz-Omeñaca, J. I. y Canudo, J. I. (2003): Dinosaurios (Saurischia, Ornithischia) en el Barremiense (Cretácico Inferior) de la Península Ibérica. En: *Dinosaurios y otros reptiles mesozoicos de España*. Ed. Félix Pérez-Lorente. Instituto de Estudios Riojanos. Logroño 26-29 Noviembre 2002, 26: 269-312.
- Ruiz-Omeñaca, J. I., Canudo, J. I., Aurell, M., Badenas, B., Cuenca-Bescós, G. y Ipas, J. (2004): Estado de las investigaciones sobre los vertebrados del Jurásico superior y el Cretácico inferior de Galve (Teruel). *Estudios geológicos*, 60: 179-202.
- Ruiz-Omeñaca, J. I., Piñuela, L., García-Ramos, J. C. y Canudo, J. I. (2009): Dientes de dinosaurios carnívoros (Saurischia: Theropoda) del Jurásico Superior de Asturias. *Actas de las IV Jornadas Internacionales sobre Paleontología de Dinosaurios y su Entorno*. Salas de los Infantes, Burgos, 273-291.
- Salas, R., Guimerà, J., Más, R., Martín-Closas, C., Meléndez, A. y Alonso, A. (2001): Evolution of the Mesozoic central Iberian Rift System and its Cainozoic inversion (Iberian Chain). *Mémoires du Muséum Nationale de l'Histoire Naturelle* 186: 145-185.
- Sander, P. M. (1989): Early Permian depositional environments and pond bonebeds in Central Archer County, Texas. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 69: 1-21.
- Sanz, J. L. (1985): Nouveaux gisements de dinosaures dans le Crétacé espagnol. *Les Dinosauriens de la Chine a la France*, Museum d'Histoire Naturelle de Toulouse, 81-88.
- Soria de Miguel, A. R. (1997): *La sedimentación en las cuencas marginales del Surco Ibérico durante el Cretácico Inferior y su contorno estructural*. Tesis doctoral, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Zaragoza (Departamento de Ciencias de la Tierra, Estratigrafía), Zaragoza, 363 pp.
- Soria, A. R., Muñoz, A., Liesa, C. L., Luzón, A., Meléndez, A., Meléndez, M. N. y Soto, R. (2008): Ciclicidad climática en una unidad lacustre cretácica: la Fm. Villanueva de Huerva en la Subcuenca de Aguilón (Cordillera Ibérica). *Geo-Temas*, 10: 1487-1490.
- Suñer, M., Poza, B., Vila, B. y Santos-Cubedo, A. (2008): Síntesis del registro fósil de dinosaurios en el Este de la Península Ibérica. *Palaeontologica Nova. SEPAZ*, 2008, 8: 397-420.
- Sweetman, S. C. (2004): The first record of velociraptorine dinosaurs (Saurischia, Theropoda) from the Wealden (Early Cretaceous, Barremian) of southern England. *Cretaceous Research*, 25, 3: 353-364.
- Sweetman, S. C. e Insole, A. N. (2010): The plant debris beds of the Early Cretaceous (Barremian) Wessex Formation of the Isle of Wight, southern England: their genesis and palaeontological significance. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 292, (3-4): 409-424.
- Torcida Fernández-Baldor, F. (2006): Restos directos de dinosaurios en Burgos (Sistema Ibérico): un balance provisional. *Actas de las III Jornadas Internacionales sobre Paleontología de Dinosaurios y su Entorno*. Ed. Colectivo Arqueológico y Paleontológico de Salas. Salas de los Infantes, 105-128.
- Van der Valk, A. G., (2006): *The biology of freshwater wetlands*. Oxford University Press, Oxford, 173 pp.
- Vullo, R., Buscalioni, A., Marugán-Lobón, J., Moratalla, J. J. (2009): First pterosaur remains from the Early Cretaceous Lagerstätte of Las Hoyas, Spain: palaeoecological significance. *Geological Magazine*, 146: 931-936.
- Wellnhofer, P. (1971): Die Atoposauridae (Crocodylia, Mesosuchia) der oberjura-Plattenkalke Bayerns. *Palaeontographica Abteilung A*, 138: 133-165.
- Wellnhofer, P., Buffetaut, E. (1999): Pterosaur remains from the Cretaceous of Morocco. *Paläontologische Zeitschrift*, 73: 133-142.
- Zinke, J. (1998): Small theropod teeth from the Upper Jurassic coal mine of Guimarota (Portugal). *Paläontologische Zeitschrift*, 72: 179-189.