

# LA EXTINCIÓN DE LOS DINOSAURIOS EN LOS PIRINEOS DE HUESCA

**José Ignacio CANUDO**

Aragosaurus–IUCA, Paleontología, Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza, 50009, Zaragoza, jicanudo@unizar.es

**RESUMEN:** los pirineos oscenses conservan un registro de vertebrados continentales del Cretácico más moderno y del comienzo del Paleógeno único en el mundo. Hemos descrito restos de dinosaurios hadrosauridos, titanosaurios y terópodos. Son relativamente abundantes en el magnetocron C29R para desaparecer de manera brusca en el garumniense rojo inferior, muy cerca o coincidente con el límite Cretácico-Paleógeno.

**ABSTRACT:** Huesca Pyrenees provides an expanded continental record of the uppermost Cretaceous and lowermost Palaeogene. In the sites with dinosaur remains have been identified hadrosaurid ornithopods, titanosaurid sauropods and theropods. Fossil remains of dinosaurs are abundant in magnetochron C29R, disappearing abruptly near the top of the “Lower Red Garumnian” unit of the Tremp Formation, very close or coinciding with K-Pg Boundary.

**Palabras clave:** Pirineos. Huesca. Extinción Dinosaurios. Límite Cretácico-Paleógeno.

**Key Words:** Pyrenees. Huesca. Dinosaur Extinction. K-Pg Boundary

## 1. INTRODUCCIÓN

Al final del Cretácico se han documentado una serie de eventos dramáticos, como son cambios climáticos globales y regionales, caídas del nivel del mar, o el impacto de un enorme objeto extraterrestre. Además hay que añadir una enorme actividad volcánica en el subcontinente indico con la erupción de miles de kilómetros cúbicos de material volcánico. Todos estos eventos han sido propuestos como la causa de la extinción en masa del límite Cretácico-Paleógeno). En la actualidad no existe unanimidad sobre cual fue el principal agente asesino, ni tan siquiera si fue uno solo, o fue una combinación de varios. A pesar de lo cual existe un consenso más o menos general que la causa más probable de la extinción fue el impacto de un objeto extraterrestre hace 66

millones de años (McLeod et al., 1997; Archibald et al., 2010; Brusatte et al., 2015)

Los investigadores analizamos los patrones de extinción y de supervivencia de los organismos e intentamos cuantificar cual de estos eventos les afectaron y sobre todo cuales les extinguieron. Un buen ejemplo son los foraminíferos planctónicos, los típicos taxones del Maastrichtense superior desaparecen del registro geológico prácticamente a la vez que el nivel con las evidencias de impacto. Esta sincronización es la base de la teoría impactista) propuesta a partir del estudio en las secciones geológicas de Gubbio en Italia y Caravaca en Murcia (Alvarez et al., 1980; Smit y Hertongen, 1980). Sin embargo, hay la posibilidad que existan otros factores que influyeran en la extinción?, o ¿Por qué la extinción de los fora-



Fig. 1: museo de los últimos dinosaurios de Arén (Huesca). Ilustración de Raúl Martín que se puede ver en el Museo donde se ilustra la caza de unos pequeños terópodos sobre unos hadrosauridos.

miníferos se tuvo que producir a la vez que la de los dinosaurios?, cuando son organismos sistemática y ecológicamente muy diferentes. Desde que se propuso la hipótesis de la extinción de los dinosaurios por los efectos de la caída de un objeto extraterrestre, los paleontólogos de vertebrados han hecho un gran esfuerzo en documentar la relación entre los dos hechos. Hoy en día conocemos que la extinción de la mayoría de los dinosaurios (excepto las aves) se produjo en un periodo de tiempo muy corto, y solamente documentado en algunas áreas terrestres (Brusatte et al., 2015). Hay un amplio debate sobre si la diversidad de los dinosaurios disminuyó antes de la caída del meteorito, de manera que se trata de conocer si el agente asesino fue únicamente el impacto, o si el resto de los eventos registrados pudieron tener un papel significativo. En resumen, los investigadores seguimos debatiendo o obteniendo evidencias que nos permita afirmar que la extinción fue gradual o instantánea.

Lo instantáneo en Geología es una medida inexacta medida del tiempo, sobre todo en medios continentales, donde los hiatos son la norma, no la excepción. Los paleontólogos de vertebrados no pueden resolver intervalos temporales de menos de 10.000 años en rocas de hace 66 millones de años. Podemos tener el mismo registro paleontológico tanto

si la extinción se produjo en pocos minutos o a lo largo de 10.000 años. En ambos casos tendríamos una extinción geológicamente instantánea, pero su origen sería bien diferente. Poder conocer el patrón de extinción lo más preciso posible es fundamental para responder a la pregunta, si la extinción se produjo en días o se produjo a lo largo de miles de años. Los dinosaurios no avianos desaparecen del registro fósil en todos los continentes al final del Cretácico cerca o coincidiendo con el límite con el Paleógeno. Esta desaparición es un fenómeno global y es tan evidente que la ausencia de fósiles de dinosaurios ha sido usado de manera usual para datar las rocas como Cenozoico. Sin embargo, hay pocos lugares del mundo donde hay un buen registro fósil de los últimos dinosaurios del Maastrichtiense superior, es decir entre los 69 y 66 millones de años. Para documentar la extinción a nivel global necesitamos tener un registro lo más global posible, lo que implica tener secuencias estratigráficas completas a lo largo del tránsito entre el Cretácico y el Paleógeno. El "Western Interior" de Norteamérica es el área donde mejor se conocer la biodiversidad de los dinosaurios del final del Maastrichtiense. La Formación Hell Creek en EE.UU. es uno de los pocos lugares del mundo donde hay un secuencia continua y además se ha encontrado el pico de enriquecimiento de iridio que marca el límite (Clemens y Hartman, 2014).

La segunda región mejor a nivel global para estudiar la extinción de los dinosaurios es el suroeste de Europa, en particular el sur de los Pirineos donde hay amplio registro geológico de la parte más alta del Cretácico y de la parte inferior del Paleógeno (Oms et al., 2007; Riera et al., 2009). En los últimos 15 años una investigación intensiva de varios grupos ha permitido tener un amplio conocimiento de la biodiversidad de vertebrados (incluyendo dinosaurios) y el paleoambiente y biocronología asociados en los últimos años del Maastrichtiense pirenaico. Los primeros restos de dinosaurios del pirineo oscense se encontraron a mitad de la década de los 1990. Desde ese momento el grupo de investigación *Aragosaurus* ha mantenido una investigación continuada que ha permitido recuperar un registro desconocido hasta el momento y servir de base para un proyecto de divulgación con puesta de valor de yacimientos y la creación el museo de los últimos dinosaurios de Europa (Canudo, 2014). Junto con otras iniciativas desarrolladas en el Pirineo francés y catalán, los Pirineos orientales podrían considerarse como un gran espacio museístico sobre los vertebrados del final del Cretácico, especialmente los dinosaurios (Galobart Lorente, 2010).

El objetivo de este trabajo es precisamente hacer una puesta al día del conocimiento de los dinosaurios del Maastrichtiense superior del Pirineo en Huesca y ponerlos en valor en relación con los acontecimientos que sucedieron en el límite Cretácico-Paleógeno.

## 2. SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y GEO-LÓGICA

Los trabajos iniciales de investigación sobre los dinosaurios de Huesca se centraron en los yacimientos de Blasi en el término municipal de Arén (López-Martínez et al., 2001). En los últimos años se han realizado nuevos descubrimientos en los entornos de Serraduy y Beranuy (Cruzado-Caballero et al., 2012; Puértollas-Pascual et al., 2012; Vila et al., 2014). En sus términos municipales situados al Noroes-

te de la provincia aflora una estrecha franja de afloramientos donde se han encontrado los fósiles de dinosaurios del Maastrichtiense. Tradicionalmente se ha usado el termino facies garumnienses para referirse a los sedimentos lagunares y terrestres depositados al final del Cretácico y al comienzo del Paleógeno del Pirineo. Mey (1968) definió la formación Tresp para estas facies que afloran casi 100 kilómetros desde la provincia de Barcelona a Huesca. Esta formación pasa lateralmente a la formación Arén en el denominado sinclinal de Tresp. El límite entre estas dos formaciones es diacrónico, ya que se depositaron durante un evento regresivo en el cual la línea de costa se fue desplazándose hacia el oeste. La formación Tresp en el sinclinal de Tresp se puede dividir de manera informal de la base al techo en garumniense gris, garumniense rojo inferior, calizas de Suterranya y equivalentes laterales y garumniense rojo superior (Rosell et al., 2001; Riera et al., 2009; Canudo et al., 2015).

El garumniense gris está compuesto mayoritariamente por margas grises con intercalaciones de carbón y areniscas interpretadas como depósitos de estuarios o de laguna costera. Es una unidad que contiene restos fósiles marinos como foraminíferos, moluscos, rudistas, corales y peces condriictios, así como organismos de agua dulce como ostrácodos, carofitas, plantas vasculares y tetrápodos continentales como lisanfibios, escamosos, quelonios, crocodilomorfos y dinosaurios. El garumniense rojo inferior es una sucesión de arcillas bioturbadas y areniscas depositadas en medios marinos con influencia marina (Díez-Canseco et al., 2014). Se han descrito organismos marinos como foraminíferos planctónicos que han sido transportados a sedimentos de aguas dulces donde coinciden con ostrácodos continentales y carofitas. En cuanto a tetrápodos continentales se han descrito quelonios crocodilomorfos y dinosaurios. La caliza de Suterranya se sitúa encima del garumniense rojo inferior. Son calizas lacustres y palustres con abundantes carofitas, moluscos, ostrácodos y foraminíferos. Esta uni-

dad se ha interpretado como depositados en lagos costeros de aguas dulces y salobres. Su edad es claramente Paleógeno, por lo que el límite Cretácico-Paleógeno se encuentra por debajo de esta unidad ; (López-Martínez et al., 2001; Oms et al., 2007; Riera et al., 2009, Canudo et al., 2015).

### 3. DINOSAURIOS DEL MAASTRICHTIENSE SUPERIOR DE HUESCA

Los restos fósiles de dinosaurios son especialmente abundantes en el techo de la Formación Arén y en el garumniense gris y en garumniense rojo inferior de la Formación Tremp. Se conocen más de 150 yacimientos en los Pirineos (Canudo et al., 2015), de los cuales una treintena son del Pirineo oscense. Se han descrito restos fósiles de tres grupos de dinosaurios: ornitópodos hadrosáuridos, saurópodos titanosaurios y terópodos (Pere-

da-Suberbiola et al., 2009a, b; Cruzado-Caballero et al., 2010a, b; Vila et al., 2012; Torices et al., 2015).

#### *Hadrosauridae:*

Los fósiles de tetrápodos más abundantes en el Maastrichtiense de Huesca son los de dinosaurios hadrosauridos. Los primeros fósiles se recuperaron en los yacimientos Blasi 1 y 3 de Arén (López-Martínez et al., 2001). Por primera vez se reconocieron lambeosaurinos en los Pirineos y una biodiversidad inusitada de hadrosauridos (Pereda-Suberbiola et al., 2009a, b). La buena conservación del material y las claras diferencias morfológicas con los taxones conocidos s en Europa permitió definir dos nuevos taxones. En Blasi 3 se describió el lambeosaurino *Arenysaurus ardevoli* representado por la mayor parte del cráneo, excepto los nasales y elementos del esque-

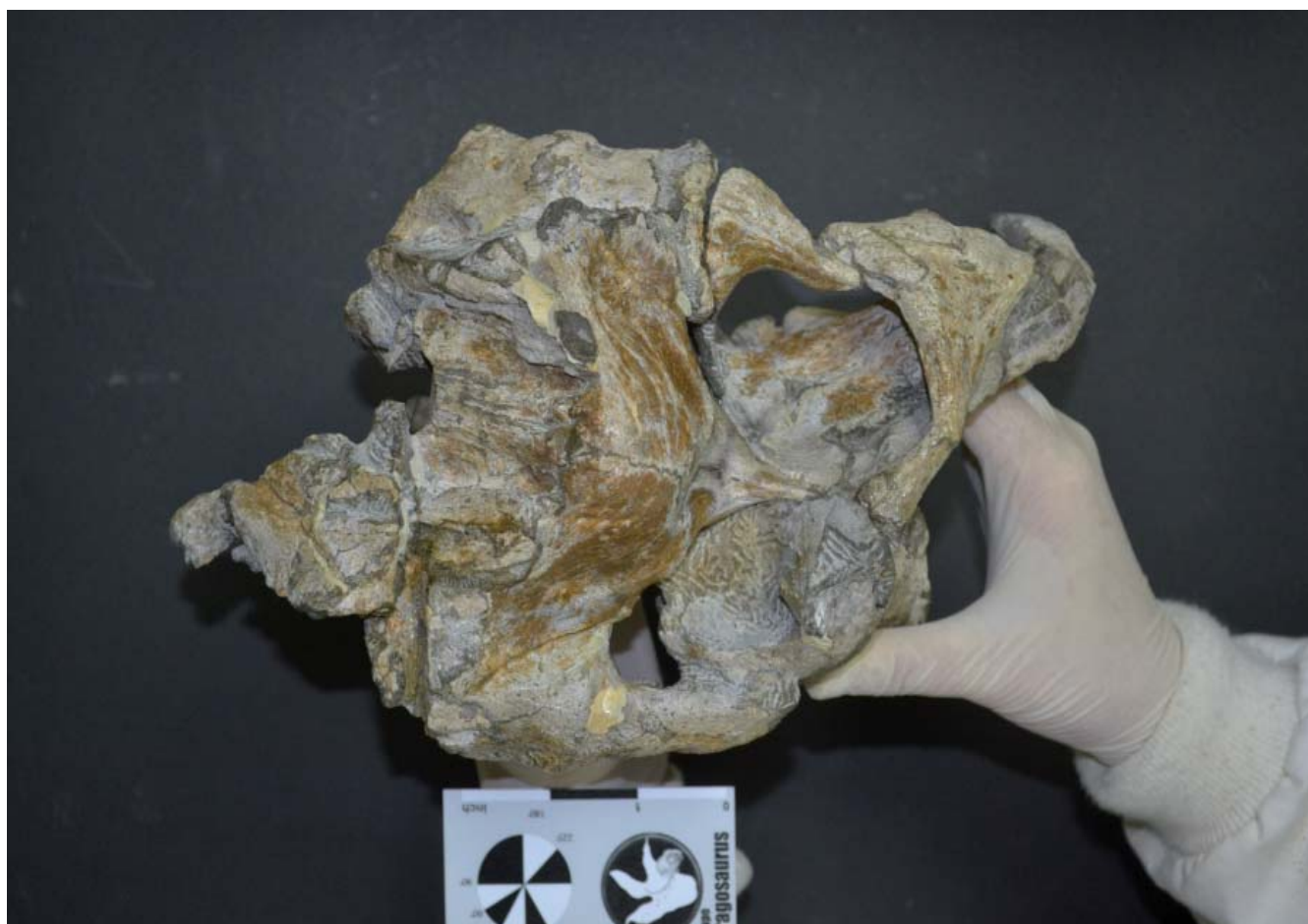


Fig. 2: cráneo del lambeosaurino *Arenysaurus ardevoli* en vista dorsal. Maastrichtiense superior de Blasi 3 en Arén, Huesca.

leto axial y apendicular (Pereda-Suberbiola et al., 2009b; Cruzado-Caballero et al., 2023, 2015). El segundo taxón descrito es *Blasisaurus canudoi* en Blasi 1 (Formación Arén), es decir un poco más antiguo que *Arenysaurus* (Cruzado-Caballero et al., 2010b). Además se ha descrito material de un hadrosaurino en Blasi 5 (Cruzado-Caballero et al., 2010a), teniendo en cuenta que los hadrosaurinos no han sido descritos en otras partes de Europa y que el material fragmentario hay que considerar esta identificación como tentativa. Hay dos taxones más identificados, uno a partir de una mandíbula aislada diferente de las de *Blasisaurus* y *Arenysaurus* (Cruzado-Caballero et al., 2014). Recientemente Company et al (2005) ha descrito los restos de un diminuto hadrosáurido adulto de un tamaño mucho menor que los descritos. Por el momento, el material es demasiado fragmentario para realizar otras precisiones.

El garumniense rojo inferior de la Formación Tremp es significativamente rico en icnitas de

hadrosaurios en el Pirineo de Huesca (Vila et al., 2013). En la mayoría de los casos se conservan como contramoldes en los cuales se observa con gran detalle la disposición de los dedos de estos dinosaurios (Vila et al., 2013). En la provincia de Huesca solo hay un yacimiento donde se conservan las huellas reales (Barco et al., 2001). Este yacimiento puede ser visitado cerca del núcleo urbano de Arén. La excelente conservación de algunas icnitas, como las recuperadas en Serraduy y en Isclés (Arén) ha permitido incluirlas en el icnogénero *Hadrosauropodus*, de manera similar a otras de Asia y Norteamérica (Vila et al., 2013).

### Sauropoda

Los saurópodos son dinosaurios saurisquios cuadrúpedos caracterizados por poseer un largo cuello y una larga cola. Entre ellos se encuentran los mayores animales terrestres encontrados en el registro fósil. Los saurópodos son relativamente frecuentes en el



Fig. 3: icnita de hadrosáurido asignada a *Hadrosauropus*. Maastrichtiense superior de Serraduy (Huesca). El ejemplar está conservado como contramolde pudiendo observarse la disposición de los metápodos del individuo.

Campaniense-Maastrichtiense inferior de los Pirineos, pero son muy escasos en el Maastrichtiense superior (Vila et al., 2012). De hecho durante un tiempo se consideró que se extinguían en el tránsito Maastrichtiense inferior-superior. Los fósiles de saurópodos encontrados en Huesca son escasos, pero de gran interés científico. Uno de ellos es un fragmento proximal de un fémur de un titanosáurido de gran tamaño recuperado cerca de Serraduy (Canudo, 2001). Su descubrimiento demuestra la presencia de este grupo hasta el final del Cretácico, así Vila et al. (2012) los sitúa unos pocos miles de años antes del límite y representa el registro europeo más moderno de Sauropoda. Recientemente Puértolas-Pascual et al. (2012) citan la presencia de una vértebra caudal de Sauropoda en el yacimiento Barranco Serraduy 4 que por el momento se encuentra sin estudiar. Son niveles estratigráficamente cercanos al nivel donde se encontró el fémur.

Las cáscaras de huevo y huevos completos de saurópodo son muy abundantes en la formación Aren y Trep en el Pirineo catalán, sin embargo están ausentes en el Pirineo aragonés. Se han citado cáscaras de huevo asignadas a aff. Megaloolithidae en el yacimiento de Blasi 2 (López-Martínez et al., 1999). La oofamilia Megaloolithidae ha sido relacionado con los saurópodos titanosaurios. Moreno-Azanza et al. (2014) han demostrado que la estructura de estas cáscaras son las de un crocodylomorfo, descartando por el momento la presencia de cáscaras de huevo de saurópodo en este yacimiento.

### *Theropoda*

Los dinosaurios carnívoros se agrupan en el orden Theropoda. Hasta el momento su registro en el Maastrichtiense superior del Pirineo oscense es fragmentario y compuesto por dientes aislados (López-Martínez et al., 2001; Torices et al., 2015). También se han descrito evidencias de predación sobre huesos de hadrosaurios (Canudo et al., 2005), incluyendo un raro ejemplo en el registro fósil de interac-

ción entre predador-presa interpretada como una estrategia de caza de los terópodos similar a la que hacen los grandes lagartos como *Varanus komodoensis* (Canudo, 2004).

Los dientes de terópodos nos permite conocer su paleobiodiversidad. Se han recuperado una veintena dientes de terópodos del Maastrichtiense de Huesca. Éstos provienen exclusivamente de tres yacimientos (Bla-1, 2 y 3). La mayoría de los dientes de Bla-2 son de pequeño tamaño y se recuperaron por el método del tamizado-levigado (López-Martínez et al., 2001). Los de mayor tamaño se han recogido en prospecciones superficiales o durante las campañas de excavación. Los dientes de terópodos suelen ser bastante pliomórficos, manteniendo los caracteres primitivos para los dinosaurios como puede ser el aplastamiento latero-medial o la presencia de carenas en sus bordes mesial y distal. Están representados entre 4 y 8 taxones a partir de sus dientes: Neoceratosauria indet., Maniraptoriformes indet. (cf *Richardoestesia* de Torices et al., 2015), Dromaeosauridae indet. y cf. *Euronychodon* sp. (Canudo et al., 2005).

La presencia de un terópodo de tamaño medio-grande (Neoceratosauria indet.) está documentada, sin embargo su posición sistemática es dudosa. Son dientes con carenas mesial y distal y sin caracteres diagnósticos (Torices et al., 2015). El resto de terópodos son de pequeño tamaño y representa a taxones de celurosaurios derivados de difícil clasificación debido a la ausencia de restos más completos. Por esto se ha usado la nomenclatura abierta de taxones norteamericanos donde si hay un buen registro osteológico. Los dientes asignados a Dromaeosauridae presentan 5 morfologías diferentes (morfotipos A-E), por lo que en el caso de ser taxones diferentes daría un número máximo de 8 taxones distintos. Sin embargo, no hay que descartar que algunos de estos morfotipos sean resultado de heterodoncia. En este sentido, Torices et al. (2015) identifica dos taxones con esta morfología y los asigna a cf. Dromaeosauridae y cf *Pyroraptor olympus*.

## 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los Pirineos oscenses contienen un registro de dinosaurios del Maastrichtense superior de gran interés para reconocer como fue su patrón de extinción. Se trata de un registro que presenta una sorprendente biodiversidad de dinosaurios compuesta por saurópodos, terópodos y hadrosauridos. Su abundante presencia en la parte más moderna del magnetocron C30n y la parte más antigua del C29r indica la presencia en los ecosistemas terrestres del Pirineo en los últimos 200.000 últimos años del Cretácico y por tanto no desaparecen con anterioridad. Otra cuestión diferente es relacionar exactamente la extinción con el límite, en efecto el principal problema al estudiar la extinción de los dinosaurios en la Formación Tremp en los Pirineos (y también en Huesca) es situar el nivel exacto donde se sitúa el límite Cretácico-Paleógeno. Por el momento no se ha encontrado las evidencias de origen extraterrestre (Iridio, microtectitas...) que marcan el límite a nivel global. Sin embargo tenemos bien situado el intervalo en el que desaparecen los restos de dinosaurios que sería la parte inferior del C29r, lo que significa que es muy cercano, sino coincidente con el límite Cretácico-Paleógeno (Canudo et al., 2015). Nuestra investigación continúa para poder relacionar los dos eventos, extinción y nivel de impacto. Las dos evidencias parecen estar muy cerca en el tiempo, pero en esta discusión unos miles de años es fundamental para demostrar que el impacto meteorítico es el único agente asesino de los dinosaurios o pudieron afectar otros eventos.

## 5. AGRADECIMIENTOS

Esta publicación forma parte del proyecto CGL2014-53548-P, financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad, el fondo europeo de desarrollo, el fondo social europeo, la Universidad de Zaragoza y el Gobierno de Aragón (Grupos Consolidados y Dirección General de Patrimonio Cultural).

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- ARCHIBALD, J.D., CLEMENS, W.A., PADIAN, K., ROWE, T., MACLEOD, N., BARRETT, P.M., GALE, A., HOLROYD, P., SUES, H.-D., ARENS, N.C., HORNER, J.R., WILSON, G.P., GOODWIN, M.B., BROCHU, C.A., LOFGREN, D.L. (2010): *Cretaceous extinctions: multiple causes*. Science 328, 973.
- ALVAREZ, L.W., ALVAREZ, W., ASARO, F., MICHEL, H.V. (1980): *Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary extinction*. Science 208, 1095–1108.
- BARCO, J.L. ARDÈVOL, LL., CANUDO, J.I. (2001): *Descripción de los primeros rastros asignados a Hadrosauridae (Ornithopoda, Dinosaurio) del Maastrichtense de la Península Ibérica (Arény, Huesca)*. Geogaceta 30, 235–238.
- BRUSATTE, S.L., BUTLER, R.J., BARRETT, P.M., CARRANO, M.T., EVANS, D.C., LLOYD, G.T., MANNION, P.D., NORRELLA, M.A., PEPPE, D.J., UPCHURCH, P., WILLIAMSON, T.E., 2015. *The extinction of the dinosaurs*. Biological Reviews 90 (2), 628–642.
- CANUDO, J.I. (2004): *El caso del dinosaurio hadrosaurio de Arén (Huesca): ¿muerte accidental o asesinato?* Naturaleza Aragonesa 13, 4–14.
- CANUDO, J.I. (2014): *Dinosaurios y tetrápodos asociados del Maastrichtense superior (Cretácico Superior) de la Provincia de Huesca*. Lucas Mallada 16, 17–34.
- CANUDO, J.I., BARCO, J.L., CRUZADO-CABALLERO, P., CUENCA-BESCÓS, G., ROYO-TORRES, R., RUIZ-OMEÑACA, J.I. (2005): *Evidencias de predación de dinosaurios terópodos en el Maastrichtense superior, Cretácico superior de Arén (Huesca)*. Lucas Mallada 12, 25–53.
- CANUDO, J.I., OMS, O., VILA, B., GALOBART, A., FONDEVILLA, V., PUÉRTOLAS-PASCUAL, E., SELLÉS, A.G., CRUZADO-CABALLERO, P., DINARÈS-TURRELL, J., VICENS, E., CASTANERA, D., COMPANY, J., BURREL, L., ESTRADA, R., MARMI, J., BLANCO, A. (2015): *The late Maastrichtian dinosaur fossil record from the southern Pyrenees and its contribution to the topic of the Cretaceous–Palaeogene mass extinction event*. Cretaceous Research, en prensa.
- CLEMENS, W.A., HARTMAN, J.H. (2014): *From Tyrannosaurus rex to asteroid impact: Early studies (1901–1980) of the Hell Creek Formation in its type area*. The Geological Society of America Special Paper 503, 1–87.
- COMPANY, J., CRUZADO-CABALLERO, P., CANUDO, J.I., (2015): *Presence of diminutive hadrosaurids (Dinosauria: Ornithopoda) from the Maastrichtian of the south-central Pyrenees (Spain)*. Journal of Iberian Geology 41 (1), 71–81.
- CRUZADO-CABALLERO, P., CANUDO, J.I., MORENO-AZANZA, M., RUIZ-OMEÑACA, J.I., (2013): *Arenysaurus ardevoli, a lambeosaurine dinosaur from the Latest Maastrichtian of Arén (North Spain)*. Journal of Vertebrate Paleontology 33 (6), 1367–1384.
- CRUZADO-CABALLERO, P., FORTUNY, J., LLACER, S., CANUDO, J.I., (2015): *Paleoneuroanatomy of the european lambeosaurine dinosaur Arenysaurus ardevoli*. PeerJ 3, e802.

- CRUZADO-CABALLERO, P., PEREDA-SUBERBIOLA, X., RUIZ-OMEÑACA, J.I. (2010): *Blasisaurus canudoii gen. et sp. nov., a new lambeosaurine dinosaur (Hadrosauridae) from the latest Cretaceous of Arén (Huesca, Spain)*. Canadian Journal of Earth Sciences, 47(12): 1507-1517.
- CRUZADO-CABALLERO, P., PUÉRTOLAS-PASCUAL, E., CANUDO, J.I., CASTANERA, D., GASCA, J.M., MORENO-AZANZA, M., (2012): *New hadrosaur remains from the Late Maastrichtian of Huesca (NE Spain)*. Fundamental 20, 45–48.
- CRUZADO-CABALLERO, P., RUIZ-OMEÑACA, J.I., CANUDO, J.I., (2010b): *Evidencias de la coexistencia de hadrosaurinos y lambeosaurinos en el Maastrichtiano superior de la Península Ibérica (Arén, Huesca, España)*. Ameghiniana 47 (2), 153–164.
- CRUZADO-CABALLERO, P., RUIZ-OMEÑACA, J.I., GAETE, R., RIERA, V., OMS, O., CANUDO, J.I., (2014): *A new hadrosaurid dentary from the latest Maastrichtian of the Pyrenees (north Spain) and the high diversity of the duck-billed dinosaurs of the Ibero-Armorican Realm at the very end of the Cretaceous*. Historical Biology 26 (5), 619–630.
- DÍEZ-CANSECO, D., ARZ, J.A., BENITO, M.I., DÍAZ-MOLINA, M., ARENILLAS, I., (2014): *Tidal influence in red beds: A palaeoenvironmental and biochronostratigraphic reconstruction of the Lower Tremp Formation (South-Central Pyrenees, Spain) around the Cretaceous/Paleogene boundary*. Sedimentary Geology 312, 31–49.
- GALOBART LORENTE, A. (2010): *El prepirineo concebido como museo paleontológico*. En J.A. Gámez Vintaned (ed.), XI Jornadas Aragonesas de Paleontología “La Paleontología en los museos”. Homenaje al profesor Eladio Liñán Guijarro: 95-109. Institución Fernando el Católico. Zaragoza.
- LÓPEZ-MARTÍNEZ N., CANUDO J.I., CUENCA, G. (1999): *Latest cretaceous eggshells from Arén (Southern pyrenees, Spain)*. En First international symposium on Dinosaur eggs and babies (Isona i Conca Dellà), 35-36.
- LÓPEZ-MARTÍNEZ N., CANUDO J.I., ARDÉVOL L., PEREDA-SUBERBIOLA X., ORUE-ETXEBARRÍA X., CUENCA-BESCÓS G., RUIZ-OMEÑACA J.I., MURELAGA X., FEIST M. (2001): *New dinosaur sites correlated with Upper Maastrichtian pelagic deposits in the Spanish Pyrenees: implications for the dinosaur extinction pattern in Europe*. Cretaceous Research 22, 41–61.
- MACLEOD, N., RAWSON, P.F., FOREY, P.L., BANNER, F.T., BOUDAGHER-FACEL, M.K., BOWN, P.R., BURNETT, J.A., CHAMBERS, P., CULVER, S., EVANS, S.E., JEFFERY, C., RAMINSKI, M.A., LORD, A.R., MILNER, A.C., MILNER, A.R., MORRIS, N., OWEN, E., ROSEN, B.R., SMITH, A.B., TAYLOR, P.D., URQUHART, E., YOUNG, J.R., (1997): *The Cretaceous-Tertiary biotic transition*. Journal of the Geological Society 154, 265–292.
- MEY, P.H.W., NAGTEGAAL, P.J.C., ROBERTI, K.J.A., HARTVELT, J.J.A., (1968): *Lithostratigraphic sub-division of postthercynian deposits in the south central Pyrenees, Spain*. Leidse Geologische Mededelingen 41, 221–228.
- MORENO-AZANZA, M. BAULUZ, B., CANUDO J.I., PUÉRTOLAS-PASCUAL, E., SELLÉS, A.G.A. (2014): *A re-evaluation of aff. Megaloolithidae eggshell fragments from the uppermost Cretaceous of the Pyrenees and implications for crocodylomorph eggshell structure*. Historical Biology 26 (2), 195–205.
- OMS, O., DINARÈS-TURELL, J., VICENS, E., ESTRADA, R., VILA, B., GALOBART, À., BRAVO, A.M., (2007): *Integrated stratigraphy from the Vallcebre Basin (southeastern Pyrenees, Spain); new insights on the continental Cretaceous–Tertiary transition in southwest Europe*. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 255, 35–47.
- PEREDA-SUBERBIOLA X., CANUDO J.I., COMPANY J., CRUZADO-CABALLERO P., RUIZ-OMEÑACA J.I., (2009a): *Hadrosaurids from the latest Cretaceous of the Iberian Peninsula: new interpretations*. Journal of Vertebrate Paleontology 29 (3), 946–951.
- PEREDA SUBERBIOLA X., CANUDO J.I., CRUZADO-CABALLERO P., BARCO J.L., LÓPEZ-MARTÍNEZ N., OMS, O., RUIZ-OMEÑACA J.I. (2009b): *The last hadrosaurid dinosaurs of Europe: a new lambeosaurine from the uppermost Cretaceous of Arén (Huesca, Spain)*. Comptes Rendus Palevol 8, 559–572.
- PUÉRTOLAS-PASCUAL, E., CRUZADO-CABALLERO, P., CANUDO, J.I., GASCA, J.M., MORENO-AZANZA, M., CASTANERA, D., PARRILLA, J., EZQUERRO, L., (2012): *Nuevos yacimientos de vertebrados del Maastrichtiano superior (Cretácico Superior) de Huesca (España)*. Geo-Temas, sin paginar.
- RIERA, V., OMS, O., GAETE, R., GALOBART, À., (2009): *The end-Cretaceous dinosaur succession in Europe: the Tremp Basin record (Spain)*. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 283, 160–171.
- ROSELL, J., LINARES, R., LLOMPART, C., (2001): *El “Garumniense” prepirenaico*. Revista de la Sociedad Geológica de España 14, 47–56.
- SMIT, J., HERTOGEN, J., (1980): *An extraterrestrial event at the Cretaceous-Tertiary boundary*. Nature 285, 198–200.
- TORICES, A., CURRIE, P., CANUDO, J.I., PEREDA SUBERBIOLA, X., (2015): *Theropod dinosaurs from the Upper Cretaceous of the South Pyrenean Zone*. Acta Paleontologica Polonica.
- VILA, B. GALOBART, À., CANUDO, J.I., LE LOEUFF, J., DINARÈS-TURELL, J., RIERA, V., OMS, O., TORTOSA, T., GAETE, R. (2012): *The diversity of sauropod dinosaurs in the latest Cretaceous of Southwest of Europe*. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 350, 19–38.
- VILA, B., OMS, O., FONDEVILLA, V., GAETE, R., GALOBART, À., RIERA, V., CANUDO, J.I., (2013): *The latest succession of dinosaur tracksites in Europe: Hadrosaur ichnology, track production and palaeoenvironments*. PlosOne 8 (9), e72579.