

Primeros datos magnetoestratigráficos y nuevos yacimientos del Maastrichtiense superior en Huesca (sector noroccidental de la Cuenca de Tremp)

First magnetostratigraphic data and new paleontological sites from the upper Maastrichtian of Huesca (northwestern sector of the Tremp Basin)

E. Puértolas-Pascual¹, P. Calvín-Ballester², J.I. Canudo¹, L. Ezquerro³, X. Pereda-Suberbiola⁴, E. Sánchez² y J.J. Villalaín²

1 Grupo Aragosaurus-IUCA, Área de Paleontología, Dpto. Ciencias de la Tierra, Universidad de Zaragoza, 50009 Zaragoza. puertola@unizar.es
jicanudo@unizar.es

2 Dpto. de Física, Facultad de Ciencias, Universidad de Burgos, 09001 Burgos. elemsanchez@ubu.es pcalvin@ubu.es villa@ubu.es

3 Grupo GEOTRANSFER, Área de Estratigrafía, Dpto. Ciencias de la Tierra, Universidad de Zaragoza, 50009 Zaragoza. lope@unizar.es

4 Universidad del País Vasco/EHU, Dpto. Estratigrafía y Paleontología, Apdo. 644, 48080 Bilbao, xabier.pereda@ehu.eus

Resumen: Las facies continentales de la Cuenca de Tremp contienen uno de los abundantes registros con vertebrados continentales del final del Cretácico en Europa. Esta área de los Pirineos es un lugar excepcional para estudiar la extinción de los vertebrados continentales en el límite Cretácico-Paleógeno (K-Pg) al ser uno de los pocos lugares de Europa con un registro sedimentario continuo de depósitos continentales del Campaniense superior al Daniense. En el entorno de Serraduy, localizado en el flanco noroeste del sinclinal de Tremp, se han recuperado abundantes restos de vertebrados en los últimos años, destacando la presencia de dinosaurios hadrosáuridos y crocodylomorfos eusuquios. Sin embargo, aunque provisionalmente estos yacimientos se han situado en el Maastrichtiense superior, nunca habían sido datados con métodos absolutos o relativos. En este trabajo se exponen por primera vez los resultados preliminares de datación magnetoestratigráfica en este sector, permitiendo asignar estos yacimientos a una edad Maastrichtiense superior dentro de los crones C30n y C29r. Estos resultados confirmarían que los yacimientos de vertebrados del área de Serraduy son unos de los más modernos del Cretácico Superior de Europa estando muy cercanos al límite K-Pg.

Palabras clave: Límite K-Pg, magnetoestratigrafía, vertebrados, Pirineos.

Abstract: *The continental facies of the Tremp Basin contain one of the best continental vertebrate record from the Upper Cretaceous of Europe. Therefore, this area of the Pyrenees is an exceptional place to study the extinction of continental vertebrates across the Cretaceous-Paleogene boundary (K-Pg) being one of the few places in Europe that has a continuous record of continental deposits ranging from the upper Campanian to Danian. The area of Serraduy, located on the northwest flank of the Tremp syncline, has reported abundant vertebrate remains in recent years, highlighting the presence of hadrosaurid dinosaurs and eusuchian crocodylomorphs. Nevertheless, although these deposits have been provisionally assigned as Maastrichtian, they never had been dated with absolute or relative methods. This paper presents for the first time the preliminary magnetostratigraphic dating results in this sector, allowing to assign these vertebrate sites to a late Maastrichtian age within the polarity chrons C30n and C29r. These results confirm that the vertebrate sites of the Serraduy area are among the most modern in the Upper Cretaceous of Europe, being very close to the K-Pg boundary.*

Key words: *K-Pg boundary, magnetostratigraphy, vertebrates, Pyrenees.*

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años se ha incrementado el esfuerzo de trabajo paleontológico en los yacimientos de vertebrados del Maastrichtiense superior de los Pirineos oscenses, lo que ha permitido la descripción de varias especies nuevas, entre las que destacan dinosaurios hadrosáuridos como *Arenysaurus* y *Blasisaurus* (Pereda-Suberbiola et al., 2009; Cruzado-Caballero et al., 2010) y crocodylomorfos eusuquios como *Arenysuchus* y *Allodaposuchus* (Puértolas-Pascual et al., 2016). Sin embargo, el registro de vertebrados continentales en Europa está todavía lejos de ser tan detallado y de estar tan bien datado como,

por ejemplo, el de América del Norte. Esto es debido a que muchos de los yacimientos finicretácicos de Europa no están datados con precisión ya que los afloramientos son escasos, discontinuos y suelen presentar hiatos estratigráficos. El sector de los Pirineos estudiado en este trabajo es un lugar excepcional para estudiar la extinción de vertebrados continentales en el límite K-Pg ya que es uno de los pocos lugares de Europa que tiene un registro continental bastante continuo desde el Campaniense superior al Daniense (Puértolas-Pascual et al., 2016).

Probablemente, junto con algunos sectores del sur de Francia como La Provenza o El Alto Valle del Aude (noreste de los Pirineos) (Fondevilla et al., 2016), el

Cretácico Superior continental del sureste de los Pirineos (Galbrun et al., 1993; Oms et al., 2007; Vila et al., 2012) es uno de los mejores datados y con un mayor control magnetoestratigráfico de Europa. Sin embargo, la edad de los depósitos continentales del Cretácico Superior de los sectores más noroccidentales de la cuenca de Tremp, presumiblemente los más modernos, no han sido estudiados con tanto detalle salvo en la zona de Arén (Pereda-Suberbiola et al., 2009) y Campo (Canudo et al., 2016). Debido a la gran cantidad de yacimientos con restos de vertebrados descubiertos en el sector de Serraduy, se ha decidido realizar un estudio magnetoestratigráfico con el fin de aportar nuevos datos cronológicos sobre las faunas finicretácicas de Europa.

CONTEXTO GEOGRÁFICO Y GEOLÓGICO

Los yacimientos de vertebrados estudiados se encuentran situados al noreste de la Península Ibérica dentro de los Pirineos (Fig. 1A). Concretamente, se localizan al noroeste de la localidad ribagorzana de Serraduy (Fig. 1B), perteneciente al municipio de Isábena (Huesca). La zona de estudio puede ser dividida en dos sectores (Fig. 1B). El primer sector se encuentra al oeste de la carretera A-1605 en la margen derecha del río Isábena y se han descubierto yacimientos nuevos durante las últimas campañas de 2015. El segundo sector, donde se ha realizado la magnetoestratigrafía, se encuentra al este de la carretera A-1605 en la margen izquierda del río Isábena.

Geológicamente, los yacimientos de Serraduy están localizados en el flanco Norte del sinclinal de Tremp, que forma parte de la Cuenca de Tremp, dentro de la Unidad Surpirenaica Central (USC) (Fig. 1A). Todos los yacimientos de esta área afloran en la Fm. Arén y en la Fm. Tremp, la cual forma parte de las informalmente conocidas facies *Garum* del Cretácico Superior-Paleoceno. Estratigráficamente, la mayoría de los yacimientos y restos de vertebrados han sido recuperados en la Fm. Tremp. Esta formación ha sido dividida en unidad gris y unidad roja inferior, con edades de Campaniense superior a Daniense inferior, siendo las unidades donde se han recuperado la mayoría de los restos de vertebrados; y las calizas de Vallecebre (y equivalentes laterales) y unidad roja superior, que tienen edades de Daniense superior a Paleoceno Superior (Galbrun et al., 1993; Rosell et al., 2001).

REGISTRO PALEONTOLÓGICO

Durante los años 2014 y 2015 se han realizado varias campañas de prospección paleontológica que han aumentado la colección recuperada en campañas previas (Company et al., 2015; Puértolas-Pascual et al., 2016). En estas últimas campañas destacaron restos de quelonios, dinosaurios hadrosáuridos, terópodos

indeterminados y posiblemente aves, así como restos de crocodylomorfos eusuquios. La última campaña, realizada en 2015, fue en la que más fósiles se recuperaron. Se descubrieron varios yacimientos nuevos (Larra 1, 2, 3, 4, 5 y 6) localizados en la parte media de la unidad roja inferior de la Fm. Tremp. Los restos recuperados corresponden principalmente a huesos largos (fragmentos de fémures y tibias) y abundantes vértebras de hadrosáuridos (la mayoría de pequeño tamaño). Además, también se recuperaron placas de quelonios y una vértebra dorsal de crocodylomorfo eusuquio.

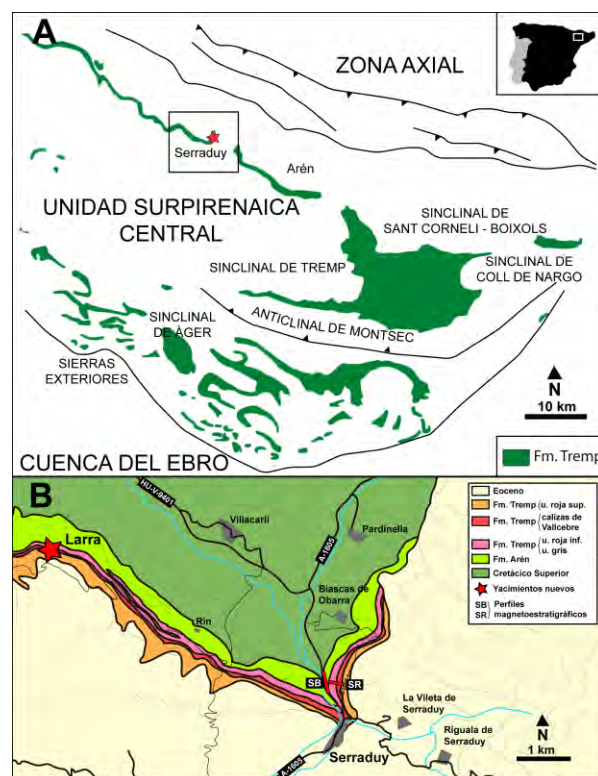


FIGURA 1 A. Mapa de los afloramientos de la Fm. Tremp en la Unidad Surpirenaica Central. B. Localización geográfica y geológica de los perfiles magnetoestratigráficos y de los nuevos yacimientos paleontológicos en el sector de Serraduy (Huesca).

MAGNETOESTRATIGRAFÍA

Se muestrearon dos perfiles (SB y SR), ambos localizados en el sector este del área de Serraduy (Fig. 1B). Para cada nivel considerado (cada metro aproximadamente en la Fm. Tremp) se obtuvieron un mínimo de 2 muestras abarcando un total de 115 niveles. Toda la desmagnetización y experimentos se realizaron en el Laboratorio de Paleomagnetismo de la Universidad de Burgos.

En el análisis de la NRM se observa que la mayoría de las muestras presentan dos componentes, una componente viscosa que suele llegar hasta 250 °C, y una componente de media a alta temperatura, definiendo polaridades normales e inversas, que suele llegar hasta los 450 °C y que se ha identificado como la

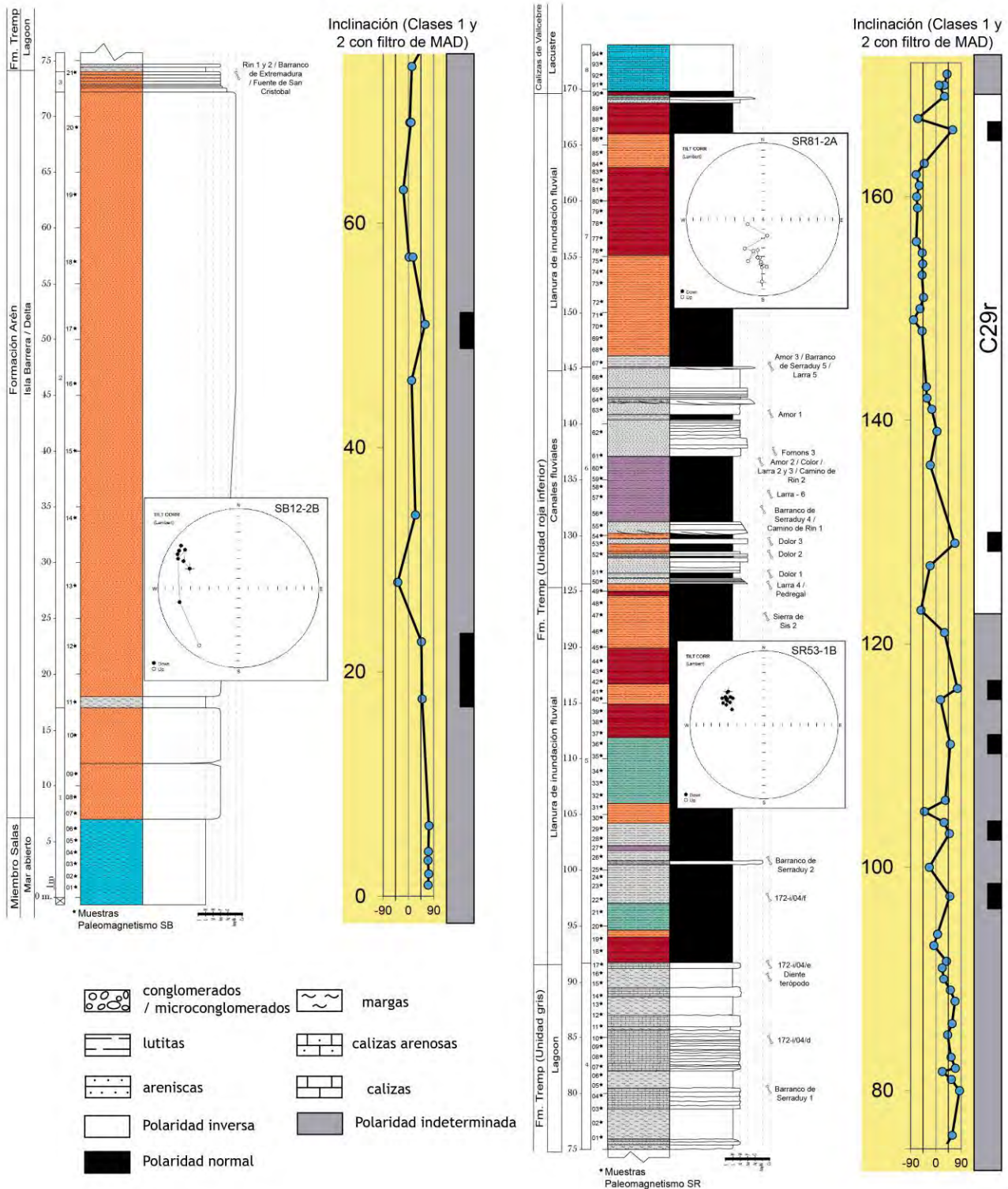


FIGURA 2 Sección de Serraduy (Huesca) con la posición estratigráfica de los yacimientos paleontológicos y la magnetoestratigrafía propuesta.

componente característica (ChRM). Además, en la totalidad de las muestras, el crecimiento de minerales magnéticos durante el calentamiento impide las observaciones por encima de 550-600 °C. Sin embargo, dependiendo de la litología, el comportamiento de la NRM es variable. La litología más estable se corresponde con las lutitas, con valores de

magnetización inicial de $200-600 \times 10^{-6}$ A/m, y en la que ha podido aislarse una componente en el rango de temperaturas de 300-450 °C que presenta tanto polaridades normales como inversas. Las areniscas, cuyos valores de magnetización inicial son del orden de $100-300 \times 10^{-6}$ A/m, presentan un comportamiento muy heterogéneo, con numerosos solapamientos, y no

es posible definir con certeza una polaridad, si bien las areniscas de la Fm. Arén parecen presentar polaridad normal. Por último, las margas del Miembro Salás y de la base de la Fm. Tremp presentan valores elevados de magnetización inicial ($\sim 1.3 \times 10^{-3}$ A/m), contrastando con el resto de materiales analizados. Estas muestras presentan una componente muy bien definida en torno a 300-450 °C, con dirección NNE e inclinación intermedia que solapa una componente de alta temperatura, con dirección NNW e inclinación negativa, que no puede ser aislada y podría corresponderse con la componente primaria.

En definitiva, se observa un cambio de polaridad de normal a inverso en la parte media de la Fm. Tremp, aproximadamente en la zona basal de los yacimientos conocidos actualmente en el sector (Fig. 2). Por otro lado, la parte basal de dicha formación (mitad inferior de la unidad gris) podría corresponderse con un tramo de polaridad inversa, pero los resultados son demasiado ambiguos como para poder definirlo claramente. En cuanto a la Fm. Arén, la mala señal de las areniscas impide nuevamente definir claramente la polaridad, si bien parece presentar polaridad normal por encima del metro 20, y polaridad inversa en la parte inferior.

CONCLUSIONES

Las prospecciones realizadas en el área de Serraduy han permitido descubrir nuevos yacimientos y recuperar una rica y diversa asociación de vertebrados fósiles del Maastrichtense superior compuesta por quelonios, crocodylomorfos, dinosaurios saurisquios y ornitisquios.

Gracias al estudio magnetoestratigráfico de las secciones SB y SR de Serraduy se propone por primera vez una datación para estos yacimientos. Los datos paleomagnéticos han permitido identificar con seguridad un cambio de polaridad de normal a inversa dentro de la unidad roja inferior de la Fm. Tremp. Teniendo en cuenta la escala global de polaridad y otras secciones magnetoestratigráficas estudiadas en áreas cercanas (ej., Arén y Campo), se ha podido correlacionar este cambio como el paso del cron C30n al C29r, confirmando una edad Maastrichtense superior para estos yacimientos. La posición de la mayoría de los yacimientos dentro del cron C29r sitúa a los vertebrados continentales recuperados en Serraduy como unos de los más modernos de Europa antes de la extinción del K-Pg. Debido a la baja calidad de la señal obtenida en las muestras, la polaridad de la base del perfil aparece como indeterminada; sin embargo, la posibilidad de un cambio de cron de inverso a normal (C30r a C30n) no es descartable y deberá ser comprobada en futuras investigaciones.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo realizado con los proyectos CGL2014-53548-P y CGL2013-47521-P subvencionados por el Ministerio de Economía y Competitividad, el Gobierno de Aragón y el Gobierno Vasco. Joxeba Larrañaga y Gorka Martín han sido los descubridores de los yacimientos Larra.

REFERENCIAS

- Canudo, J.I. et al. (2016): The upper Maastrichtian dinosaur fossil record from the southern Pyrenees and its contribution to the topic of the Cretaceous–Palaeogene mass extinction event. *Cretaceous Research*, 57: 540-551.
- Company, J., Cruzado-Caballero, P. y Canudo, J.I. (2015): Presence of diminutive hadrosaurids (Dinosauria: Ornithomimidae) in the Maastrichtian of the south-central Pyrenees (Spain). *Journal of Iberian Geology*, 41(1): 71.
- Cruzado-Caballero, P., Pereda-Suberbiola, X. y Ruiz-Omeñaca, J.I. (2010): *Blasisaurus canudo* 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.
- Fondevilla, V. et al. (2016): Magnetostratigraphy of the Maastrichtian continental record in the Upper Aude Valley (northern Pyrenees, France): Placing age constraints on the succession of dinosaur-bearing sites. *Cretaceous Research*, 57: 457-472.
- Galbrun, B. et al. (1993): Magnetostratigraphy and biostratigraphy of Cretaceous-Tertiary continental deposits, Ager basin, province of Lerida, Spain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 102(1): 41-52.
- Oms, O. et al. (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(1): 35-47.
- Pereda-Suberbiola, X. et al. (2009): The last hadrosaurid dinosaurs of Europe: a new lambeosaurine from the uppermost Cretaceous of Arén (Huesca, Spain). *Comptes Rendus Palevol*, 8(6): 559-572.
- Puértolas-Pascual, E. et al. (2016): Review of the Late Cretaceous-early Paleogene crocodylomorphs of Europe: Extinction patterns across the K-PG boundary. *Cretaceous Research*, 57: 565-590.
- Rosell, J., Linares, R. y Llompart, C. (2001): El “Garumniense” prepirenaico. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 14(1-2): 47-56.
- Vila, B. et al. (2012): The diversity of sauropod dinosaurs and their first taxonomic succession from the latest Cretaceous of southwestern Europe: clues to demise and extinction. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 350: 19-38.