



## Paleohistological approach of ornithopod dinosaurs from Cantalera-1 (Blesa Formation, Barremian, Teruel)

### Aproximación paleohistológica de los dinosaurios ornitópodos de la Cantalera-1 (Formación Blesa, Barremiense, Teruel)

M. Alegre-Esteve<sup>1</sup>, A. Mayayo-Lainez<sup>1</sup>, B. Bauluz<sup>1</sup> & J. I. Canudo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Grupo Aragosaurus-IUCA Departamento de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza. Pedro Cerbuna 12, 5009 Zaragoza, Spain.

#### Corresponding author:

M. Alegre Esteve  
teruelmaria97@gmail.com

#### Journal webpage:

<http://cienciasdaterra.novaidfct.pt/>

#### Copyright:

© 2021 M. Alegre Esteve *et al.* This is an open access article distributed under the terms and conditions of the [Creative Commons Attribution License \(CC BY\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

#### Abstract

The work has focused on making a paleohistological approach to the remains of different ornithopod dinosaurs found at the La Cantalera-1 site located in the lower part of the Blesa Formation (Lower Barremiense) in Teruel.

The study has been carried out by observing thin section with petrographic microscopy. With the results obtained, it is concluded that the ornithopod fossils studied never reached advanced ontogenetic stages, therefore the whole structure of the population is not conserved and the adult individuals are missing. These results are consistent with previous proposals that suggest Cantalera-1 was a sporadic feeding area for these dinosaurs.

**Keywords:** Paleohistological approach, ornithopod, ontogenetic stage, La Cantalera.

#### Resumen

El trabajo se ha focalizado en realizar una aproximación paleohistológica de los restos de diferentes dinosaurios ornitópodos hallados en el yacimiento La Cantalera-1 localizado en la parte inferior de la Formación Blesa (Barremiense Inferior) en Teruel. El estudio se ha llevado a cabo mediante la observación de laminas delgadas con microscopía petrográfica.

Con los resultados obtenidos se concluye que los fósiles de ornitópodos estudiados, en ningún caso llegaron a etapas ontogenéticas avanzadas y, por tanto, no se conserva toda la estructura de la población faltando los individuos adultos. Estos resultados, son coherentes con propuestas anteriores que sugerían a la Cantalera-1 como un área de alimentación esporádica de estos dinosaurios.

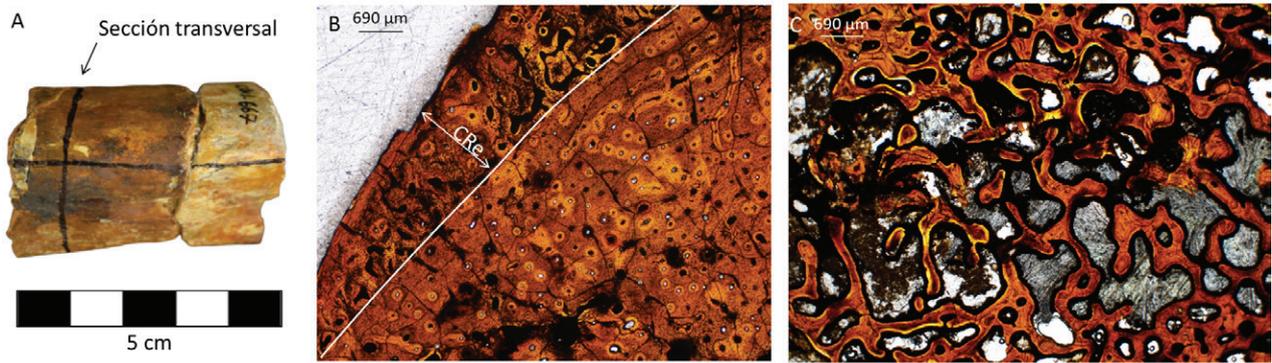
**Palabras clave:** Aproximación paleohistológica, ornitópodo, estadio ontogenético, La Cantalera.

ISSN: 0254 - 055X  
eISSN: 2183 - 4431

## 1. Introducción

Los ornitópodos son un grupo de dinosaurios herbívoros muy diversos y abundantes en el Cretácico Inferior de Europa. Un buen ejemplo es el yacimiento de la Cantalera-1 (Josa, Teruel) donde podría haber representados hasta cinco taxones diferentes (Canudo *et al.*, 2010). Interpretaciones paleoecológicas sugieren que este yacimiento se corresponde con un área de alimentación, propuesta sugerida a partir de la excepcional riqueza de dientes mudados de este yacimiento, además de otros datos geológicos (Ruiz-Omeñaca *et al.*, 1997). Geológicamente La

Cantalera-1 (CAN-1) se sitúa en la Secuencia Blesa inferior de la Formación Blesa (Aurell *et al.*, 2018). En general son facies palustres-lacustres con una gran cantidad de restos de vertebrados continentales, dinosaurios ornitópodos, anquilosaurios, saurópodos y terópodos, crocodilomorfos, quelonios, lacértidos, anfibios, además de cáscaras de huevo (Canudo *et al.*, 2010). El yacimiento CAN-1 tiene una edad Barremiense inferior por su contenido en carofitas (Ruiz-Omeñaca *et al.*, 1997). El objetivo de este trabajo es inferir la edad de muerte de varios especímenes de ornitópodos de CAN-1 a partir de estudios paleohistológicos.



**Fig. 1.** -Ornithopoda indet. incomplete rib (CAN1/667). A- Original bone with marked section orientation; B- Thin section of the compact bone showing primary osteons organised in reticular channels (CRE) and secondary osteons; C- Thin section of the large trabeculae forming the trabecular tissue.

**Fig. 1.** -Costilla incompleta de Ornitópedo indet. (CAN1/667). A- Hueso original con la orientación de la sección marcada. B- Sección delgada del hueso compacto que muestra osteonas primarias organizadas en canales reticulares (CRE) y osteonas secundarias. C- Lámina delgada de las grandes trabéculas que forman el tejido trabecular.

## 2. Material y métodos

Se ha realizado el análisis paleohistológico de 5 huesos de la colección del Museo de Ciencias Naturales de la Universidad de Zaragoza (Canudo, 2018) identificados como Ornithopoda indet., distinguiéndose los de pequeño y mayor tamaño. Se han realizado láminas delgadas de las secciones escogidas de los restos (perpendicular y paralelamente al eje largo de hueso) con un grosor de 100 μm para poder observar las estructuras paleohistológicas con claridad siguiendo la metodología y nomenclatura de Padian & Lamm (2013).

Además se han llevado a cabo análisis composicionales de las muestras mediante FESEM.

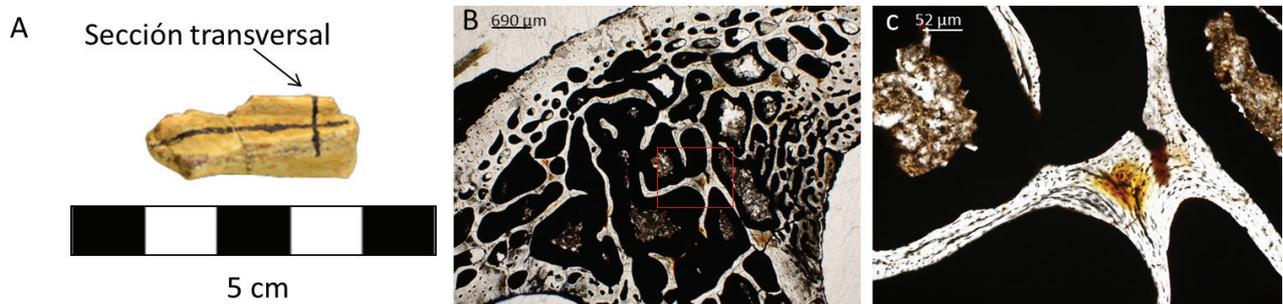
## 3. Resultados

En líneas generales las secciones de los huesos muestran una buena conservación donde es posible identificar las estructuras paleohistológicas. Mineralógicamente están compuestos por fluorapatito y rellenos por cemento carbonatado tanto de

tamaño esparita como micrita. Además, en todos ellos es notable la presencia de óxidos de hierro tapizando las paredes trabeculares del tejido esponjoso. Estos resultados son similares a los obtenidos por Perales-Gogenola *et al.* (2019).

CAN1/667: Corresponde a un fragmento de costilla (Fig. 1). En corte transversal se ve un buen desarrollo del tejido esponjoso y un buen desarrollo también del tejido compacto. En el tejido compacto se diferencian osteonas secundarias en la parte más cercana al tejido esponjoso y osteonas primarias organizadas en canales reticulares en la parte más externa del hueso, finalmente en la figura 1B se puede observar que el tejido es fibrolamelar.

CAN1-1003: Esta muestra es un fragmento de costilla de dinosaurio ornitopodo pequeño. En sección transversal se diferencia tejido esponjoso y tejido compacto. Sin embargo, en este caso el tejido esponjoso tiene un desarrollo mucho mayor que el tejido compacto. El tejido esponjoso presenta grandes trabéculas rellenas por cemento carbonatado y óxidos de hierro, éstos últimos tapizando la pared



**Fig. 2.** -Ornithopoda indet. of small size incomplete rib (CAN1-456). A- Original bone; B- Thin section showing the great proportion of trabecular tissue; C- Lamellar trabecular tissue.

**Fig. 2.** -Costilla incompleta de Ornithopoda indet. de pequeño tamaño (CAN1-456). A- Hueso original; B- Lámina delgada donde se muestra la gran proporción del tejido trabecular; C- Tejido trabecular laminar.

trabecular. En el tejido compacto se observan osteonas secundarias organizadas en tejido haversiano laxo y denso (desde el exterior hacia el interior del hueso).

CAN1-1001: Fragmento de arco hemal. La proporción de tejido compacto y esponjoso es similar. El tejido esponjoso presenta osteonas secundarias superpuestas unas sobre otras en la parte más cercana al tejido compacto (tejido haversiano denso) y osteonas secundarias organizadas en tejido haversiano laxo conforme más alejadas se sitúan del tejido esponjoso, finalmente en la parte más externa del hueso se observan osteonas primarias.

CAN1-1061: Fragmento de cuerpo vertebral. La sección está compuesta mayoritariamente por tejido esponjoso con grandes trabéculas, en este caso en el tejido compacto (compuesto por osteonas primarias) pueden diferenciarse zonas de distinto color, pero con misma composición, debidas a cambios en la velocidad de crecimiento del individuo.

CAN1-456: Fragmento de costilla de ornitópodo pequeño (Fig. 2A). En la sección transversal puede observarse que la mayor parte del hueso está formada por tejido esponjoso con grandes trabéculas (Fig. 2B) y que en la parte más externa dónde se diferencia tejido con un grado de vascularización bajo.

#### 4. Discusión y conclusiones

En este trabajo se han estudiado muestras que interpretamos, a modo de hipótesis, que pertenecen a cinco individuos diferentes.

Para deducir las etapas ontogenéticas nos hemos basado en que un individuo que posee madurez debe tener al menos una combinación de tres o más de las siguientes características:

i) Amplia remodelación de la corteza primaria por el hueso haversiano denso; ii) presencia de una capa externa de hueso primario muy organizado, de crecimiento lento, poco vascular, con osteonas primarias maduras; iii) presencia de anillos de crecimiento que denotan que el animal alcanzó la madurez sexual y vivió durante años; iv) presencia de un sistema fundamental externo no vascularizado (EFS) en la superficie perióstica, y v) presencia de una cavidad medular muy expandida revestida de hueso endosteal (Chinsamy & Hillenius, 2004; Chinsamy-Turan, 2005; Reid, 2012).

La muestra CAN1/667 presenta buen desarrollo de tejido esponjoso y de tejido compacto. A su vez, el tejido compacto presenta osteonas secundarias (que indican remodelación del hueso) y osteonas primarias organizadas en canales reticulares. Dadas

estas características histológicas el individuo se encontraría en un estado de inmadurez.

La muestra CAN1-1003 posee un buen desarrollo de tejido esponjoso y compacto. En el tejido compacto las osteonas secundarias se organizan en tejido haversiano denso (indicativo de remodelación intensa) y tejido haversiano laxo (también indica remodelación pero menos intensa que el tejido haversiano denso). A partir de estas estructuras se deduce que el individuo era inmaduro aunque con cierto crecimiento ya que presenta remodelación ósea.

La muestra CAN1-1001 presenta iguales proporciones de tejido esponjoso y compacto. En el tejido compacto se diferencian osteonas secundarias organizadas en tejido haversiano denso (remodelación intensa) y laxo (remodelación), además presenta osteonas primarias en la parte más externa que indican la formación del hueso. Dadas estas características el individuo era inmaduro aunque también con cierto crecimiento ya que posee remodelación ósea.

La muestra CAN1-1061 presenta escasez de tejido compacto, en éste se observan osteonas primarias y zonas de distinta coloración que indican etapas de crecimiento a distintas velocidades. Estas características indican que el individuo era inmaduro.

La muestra CAN1-456 presenta casi totalidad de tejido esponjoso y el tejido compacto tiene una densidad muy baja de osteonas, lo que indica que al individuo a penas le dio tiempo a crecer. La etapa ontogenética de este individuo es perinatal.

En ninguno de los casos los individuos son maduros ya que en ninguna muestra se observan al menos tres de las cinco premisas redactadas al principio del apartado.

Las deducciones y conclusiones obtenidas respecto a las etapas ontogenéticas de los dinosaurios ornitópodos concuerdan con las obtenidas en Perales-Gongenola *et al.* (2019).

Se concluye que los huesos de los ornitópodos de la Cantalera-1 presentan una buena conservación de su estructura interna que permite realizar estudios paleohistológicos. La composición del hueso es flúor-apatito, sin embargo en origen era hidroxapatito, posteriormente el hidrógeno sale de la estructura y entra el flúor desde los sedimentos en los cuales están enterrados los restos, formándose así el flúor-apatito.

El estudio paleohistológico indica que ninguno de los individuos analizados tenía edades avanzadas y en ningún caso llegan a la madurez total. El yacimiento de La Cantalera-1 se ha interpretado como un área

de alimentación de los dinosaurios ornitópodos en un ambiente palustre con lámina de agua fluctuante. Los resultados del estudio indican que la mortandad sería mayor en esta área para los individuos juveniles, quizás relacionado con la predación selectiva de los terópodos en ejemplares de menor tamaño.

## Agradecimientos

Se agradece al Museo de Ciencias Naturales de la Universidad de Zaragoza por ceder el material para el estudio paleohistológico así como al Servicio de Preparación de Rocas y Minerales, Servicio de Apoyo a la Investigación (SAI) por la realización de las láminas. Este trabajo forma parte del proyecto CGL2017-85038-P del Ministerio de Economía y Competitividad-FEDER y a los grupos de Referencia del Gobierno de Aragón Aragosaurus: reconstrucciones paleoambientales y recursos geológicos.

## Referencias

- Aurell M., Soria A. R., Bádenas B., Liesa C. L., Canudo J. I., Gasca J. M., Moreno-Azanza M., Medrano-Aguado E. & Meléndez A. (2018) - Barremian synrift depositional sequence evolution in continental to restricted bay environments with high diversity of vertebrates (Blesa Formation, Oliete sub-basin, NE Spain). *J. Iber. Geol.* 44(2), 285–308.
- Canudo J. I., Gasca J. M., Aurell M., Badiola A., Blain H.-A., Gómez-Fernández D., Moreno-Azanza M., Parrilla J., Rabal R., Ruiz-Omeñaca J. I. (2010) - La Cantalera: an exceptional window onto the vertebrate biodiversity of the Hauterivian-Barremian transition in the Iberian Peninsula. *J. Iber. Geol.* 36(2), 205–224.
- Canudo J. I. (2018) - The collection of type fossils of the Natural Science Museum of the University of Zaragoza (Spain). *Geoheritage* 10, 385–392.
- Chinsamy-Turan A. (2005) - *The microstructure of dinosaur bone: deciphering biology with fine-scale techniques*. Johns Hopkins University Press, Baltimore, 216 p.
- Chinsamy A. & Hillenius W. J. (2004) - Physiology of nonavian dinosaurs. In: Weishampel D. B., Dodson P. & Osmólska H. (Eds.), *The Dinosauria, 2nd edition*. University of California Press, Berkeley, 643–659.
- Padian K. & Lamm E. T. (2013) - *Bone histology of fossil tetrapods: Advancing methods, analysis and interpretation*. University of California Press, Berkeley, Los Angeles y Londres, 285 p.
- Perales-Gogenola L., Elorza J., Canudo J. I. & Pereda-Superbiola X. (2019) - Taphonomy and palaeohistology of ornithischian dinosaur remains from the Lower Cretaceous bonebed of La Cantalera (Teruel, Spain). *Cretac. Res.* 98(3), 16–334.
- Reid R. E. H. (2012) - How dinosaurs grew. In: Brett-Surman M.K., Holtz Jr. T.R. & Farlow J.O. (Eds.), *The Complete Dinosaur, 2nd edition*. Indiana University Press, Bloomington, 621–635.
- Ruiz-Omeñaca J. I., Canudo J.I., Cuenca-Bescós G. (1997) - Primera evidencia de un área de alimentación de dinosaurios herbívoros en el Cretácico Inferior de España (Teruel). *Monografías de la Academia de Ciencias Exactas, Físicas, Químicas y Naturales de Zaragoza* 10, 1–48.