



First approach to the paleohistology of the sauropod *Galvesaurus* (Kimmeridgian, Galve, Spain)

Aproximación paleohistológica del saurópodo *Galvesaurus* (Kimmeridgiense, Galve, España)

C. Jurado¹, B. Bauluz¹ & J. I. Canudo^{1,2}

¹Aragosaurus: Recursos geológicos y paleoambientales-IUCA, Departamento de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza. c/Pedro Cerbuna 12, 50009, Zaragoza, Spain.

²Museo de Ciencias Naturales de la Universidad de Zaragoza. Basilio Paraíso, 50004 Zaragoza, Spain.

Corresponding author:

C. Jurado
celia.jbello@gmail.com

Journal webpage:

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

Copyright:

© 2021 C. Jurado *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.

ISSN: 0254 - 055X

eISSN: 2183 - 4431

Abstract

In this work a paleohistological analysis have been performed to a sauropod specimen from the Upper Jurassic of the Galve subbasin, in Maestrazgo basin (Teruel). Histological observations of several skeletal remains were made. These observations were made from the thin sections in an optical microscope and they have allowed to determine the ontogenetic stage of *Galvesaurus* at the time of its death: it was an adult specimen. Moreover, some ontogenetic observations were made.

Keywords: Paleohistology, *Galvesaurus*, Jurassic, Galve subbasin, ontogeny.

1. Introducción

El estudio de la microestructura de los huesos aplicada en restos fósiles permite estudiar diferentes aspectos paleoecológicos de los vertebrados extintos (Padian & Lamm, 2013, Bailleul *et al.*, 2019). Este tipo de análisis permite inferir información paleoecológica como la ontogenia, velocidad de crecimiento y sexo, así como los procesos fosildiagenéticos (Chinsamy-Turan, 2005; Bailleul *et al.*, 2019). Entre los trabajos recientes realizados en esta materia destacan aquellos cuyo objetivo principal es establecer el estadio ontogenético de los dinosaurios en el momento de su enterramiento (Mitchell *et al.*, 2017; Woodward, 2019; Perales-Gogenola *et al.*, 2019). Se han descrito varios taxones de saurópodos en la Cordillera Ibérica en el intervalo de tiempo geológico Kimmeridgiense-Valanginiense, entre los que destacan *Aragosaurus* (Sanz *et al.*, 1987), *Losillasaurus* (Casanovas *et al.*, 2001), *Galvesaurus* (Barco *et al.*, 2005) y *Turiasaurus* (Royo-Torres *et al.*, 2006), además de los restos de otros taxones sin describir (Royo-Torres *et al.*, 2007). Los fósiles utilizados para este trabajo pertenecen a *Galvesaurus herreroi* (Barco *et al.*, 2005), teniendo como principal objetivo realizar una aproximación

paleohistológica de este saurópodo, planteando por primera vez conocer su edad de muerte y desarrollo ontogenético.

Galvesaurus proviene del yacimiento de Cuesta Lonsal, situado en el término municipal de Galve (provincia de Teruel), en la Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica. Geológicamente, el yacimiento se sitúa en la subcuenca de Galve en la Cuenca del Maestrazgo (Aurell *et al.*, 2016). Los fósiles se recuperaron en la parte baja de la Formación Cedrillas (Aurell *et al.*, 2019). Esta formación se compone de una alternancia de calizas, arcillas y areniscas de carácter transicional. Los restos de *Galvesaurus* se recuperaron en los niveles terrígenos de la parte baja de la formación, compuesta por paquetes lenticulares de areniscas de grano medio a grueso que lateralmente pasan a formar sets de estratificación cruzada. Estos niveles se interpretan como facies de llanura deltaica dominada por el oleaje (Díaz-Molina & Yébenes, 1987; Val *et al.*, 2019). Una reciente datación con la curva de isótopos de estroncio situaría a Cuesta Lonsal posiblemente en el Kimmeridgiense superior (Val *et al.*, 2019). La posición filogenética de *Galvesaurus* ha sido discutida, pero recientemente Pérez-Pueyo *et al.*

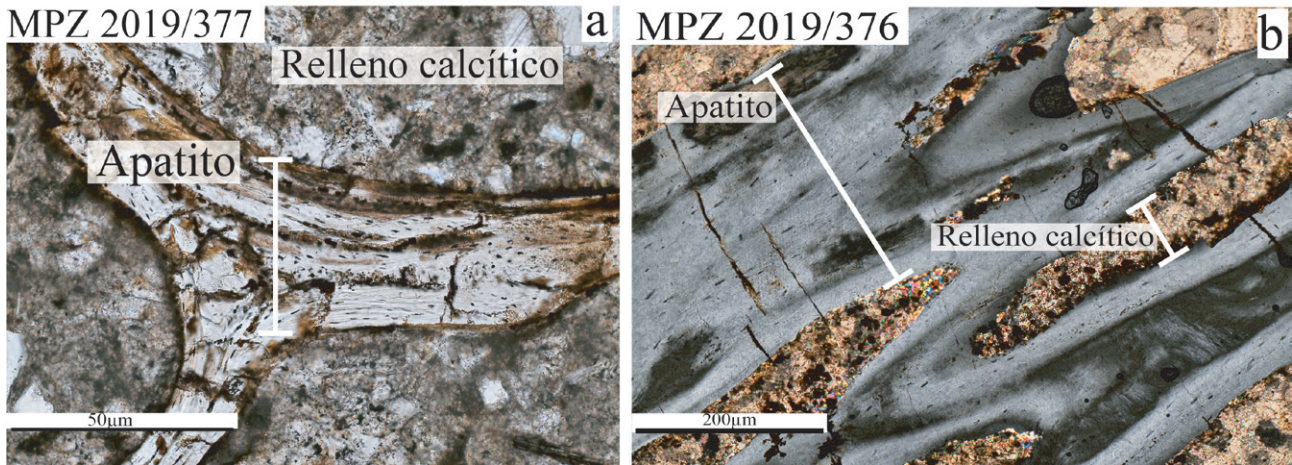


Fig. 1. -Photomicrograph of MPZ 2019/377 (A) and MPZ 2019/376 (B). A- Detail of a fragmented trabeculae in which osteocytes and parallel fiber matrix are recognised; B- Detail of the spongy bone and calcitic fillings of the vascular cavities in an oblique cut to a vertebra fragment. Crossed nicols.

(2019), realizan una revisión de todos los elementos del holotipo, y lo identifican como un representante de Titanosauriformes, posiblemente un braquiosáurido.

2. Material y métodos

Se han seleccionado restos óseos a partir de las colecciones del Museo de Ciencias Naturales de la Universidad de Zaragoza (MPZ; Canudo, 2018). Los fragmentos de hueso utilizados fueron recogidos en la campaña de excavación del yacimiento en 1994 (MPZ 2019/376, MPZ 2019/377, MPZ 2019/378, MPZ 2019/379, MPZ 2019/380, corresponden a fragmentos de vértebra) y en superficie durante una prospección en el año 2017 (MPZ 2019/381, MPZ 2019/382, corresponden a esquirlas). Teniendo en cuenta el material disponible se seleccionaron varios fragmentos indeterminados y esquirlas. Las muestras fueron procesadas por el Servicio de Preparación de Rocas y Materiales Duros de la Universidad de

Zaragoza. Se obtuvieron un total de siete láminas delgadas con un grosor de 100 µm siguiendo la metodología de Padiam & Lamm (2013), realizando cortes transversales al eje largo del hueso, excepto en el caso de MPZ 2019/376 en el que se realizó un corte longitudinal. Las observaciones histológicas y del relleno de las cavidades vasculares de los huesos se realizaron en el Servicio de Microscopía Óptica e Imagen de la Universidad de Zaragoza, utilizando un microscopio Olympus AX70-TF, que tiene acoplada una cámara Olympus CAMEDIA C-7070 de 7,1 megapíxeles. Se tomaron fotografías de las muestras a través del programa a Cam2Com®, a una distancia focal de 17,3 milímetros. Las imágenes fueron tratadas con Adobe Photoshop CC y Adobe Illustrator CC.

3. Resultados

En las secciones histológicas de este saurópodo se

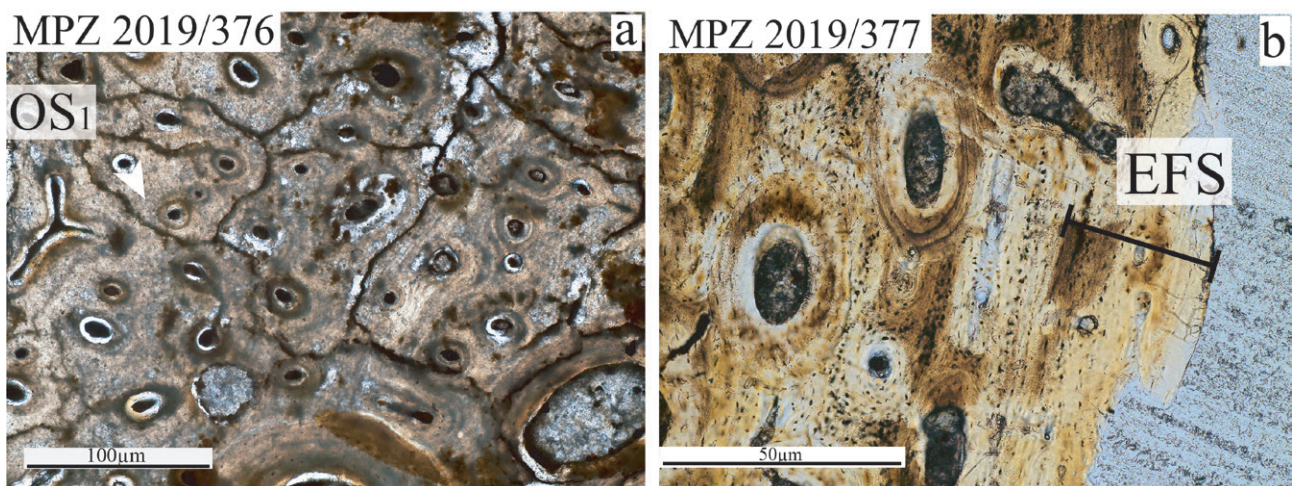


Fig. 2. -Photomicrographs of MPZ 2019/376 and MPZ 2019/377. A-Primary bone in the compact part, formed by primary osteons (OS1). B- Detail of the external fundamental system (EFS) in the superficial area of the bone.

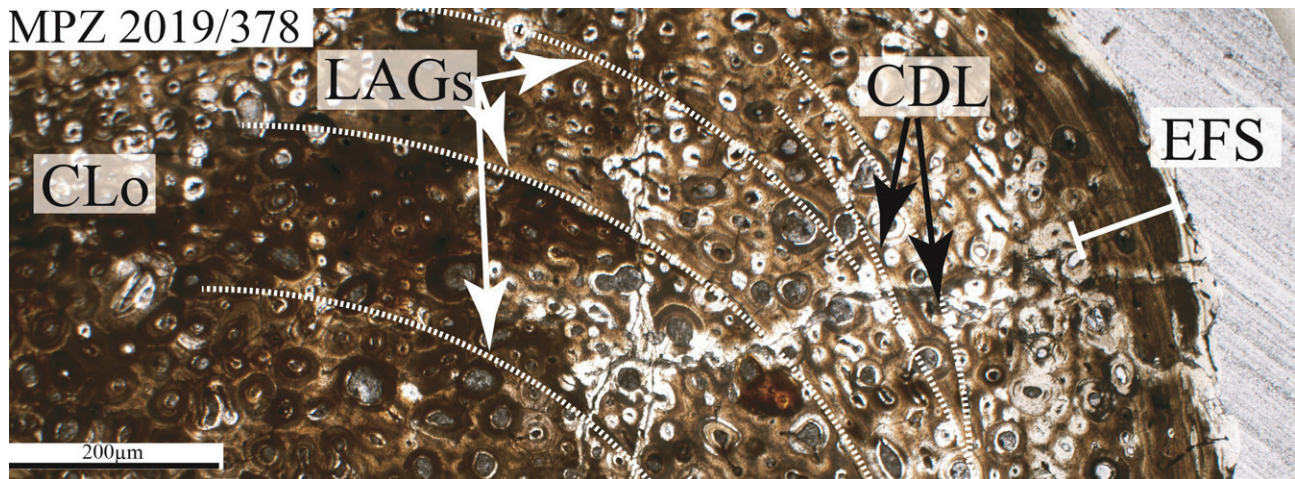


Fig. 3. -Photomicrograph of MPZ 2019/378. Compact bone is observed. CLo, longitudinal vascular channel orientation. CDL, cortical derivative lines. EFS, external fundamental system. LAGs, line of arrested growth

reconoce hueso esponjoso (Fig. 1) y hueso compacto (Fig. 2). En las porciones de las muestras en las que aparece tejido esponjoso se observan trabéculas óseas que han sido fragmentadas durante la fosilización (Fig. 1A). En el corte longitudinal (MPZ 2019/376) se reconoce un bandeo en el apatito y los rellenos calcícos de las cavidades vasculares y grietas, más evidentes en microscopía óptica trabajando con nicoles cruzados (Fig. 1B). En las trabéculas óseas se reconocen abundantes osteocitos y lagunas osteocíticas, con una matriz ósea de fibras paralelas (Fig. 1A).

En las porciones de hueso compacto se reconoce hueso primario, formado por osteonas primarias y matriz ósea de fibras paralelas visible entre éstas (tejido haversiano laxo; Fig. 2A), y hueso secundario, formado por osteonas secundarias (limitadas por una línea de cemento) con cierto grado de remodelación ósea (tejido haversiano denso; Fig. 2B). La orientación de los canales vasculares es longitudinal en todos los casos (Figs. 2 y 3). En la parte externa del hueso se reconoce el sistema fundamental externo (EFS; Comarck, 1987; fig. 2B y 3). En las secciones aparecen marcas de crecimiento concéntricas al eje largo del hueso, LAGs, *annulis* y zonas. Además de éstas, aparecen marcas de crecimiento no concéntricas al eje largo del hueso, las denominadas líneas de deriva cortical (CDL; Fig. 3).

4. Discusión y conclusiones

La paleohistología permite realizar inferencias imposibles de hacer solo con la morfología de los huesos (Chinsamy-Turan, 2005). En el caso de *Galvesaurus herreroi* se han utilizado fragmentos del esqueleto axial del ejemplar hallado en las proximidades de Galve, provincia de Teruel. Las secciones de

hueso compacto muestran cierta remodelación ósea con tejido haversiano laxo y denso. En las zonas externas del hueso aparecen distintos tipos de marcas de crecimiento, LAGs, *annulis*, y zonas. Las dos primeras se corresponden con deceleraciones o incluso paradas en el crecimiento, se expresan como líneas oscuras (Fig. 3). Por el contrario, las zonas se corresponden con líneas claras e indican episodios de crecimiento rápido (Castanet, 1994), lo que implica variaciones en la tasa de crecimiento del saurópodo a lo largo de su desarrollo ontogenético. La orientación longitudinal de los canales vasculares supone una tasa de crecimiento lenta, entre 3 y 16µm por día (Padian & Lamm, 2013). Las características histológicas mencionadas (orientación longitudinal de canales, presencia de EFS y tejido haversiano denso) implican tejidos de tipo F y G según los estandarizados por Klein & Sander (2008), situando a este saurópodo en un HOS-13 (estadio histológico ontogenético), de un máximo de 14 HOS establecidos (Stein *et al.*, 2010). Se contabilizan un máximo de cinco generaciones de osteonas secundarias, lo que sitúa al ejemplar en un RS-13/ RS-14 (Mitchell *et al.*, 2017). Este conjunto de caracteres histológicos permite concluir que *Galvesaurus herreroi* era sexual y somáticamente maduro en el momento de su muerte, tratándose de un ejemplar adulto, no senil.

Agradecimientos

Esta investigación ha sido financiada por medio del Ministerio de Economía y Competitividad (CGL2017-85038-P, MINECO/FEDER, UE) y el Fondo Europeo para el desarrollo regional y el Gobierno de Aragón por medio del Grupo de Referencia Aragosaurus: Recursos geológicos y paleoambientes. Los autores desean agradecer la colaboración del Servicio de Apoyo de la Investigación-SAI, Universidad de Zaragoza.

Referencias

- Aurell M., Badenas B., Canudo J. I., Castanera D., García Penas A., Gasca J. M., Martín-Closas C., Moliner L., Moreno-Azanza M., Rosales I. & Sequero C. (2019) - Kimmeridgian-lower Valanginian stratigraphy and sedimentary evolution of the central Iberian Rift System (NE Spain). *Cretac. Res.* 103, 104153.
- Aurell M., Bádenas B., Gasca J. M., Canudo J. I., Liesa C. L., Soria A. R., Moreno-Azanza M. & Najes L. (2016) - Stratigraphy and evolution of the Galve sub-basin (Spain) in the middle Tithonian-early Barremian: Implications for the setting and age of some dinosaur fossil sites. *Cretac. Res.* 65, 138–162.
- Bailleul A. M., O'Connor J. & Schweitzer M. H. (2019) - Dinosaur paleohistology: review, trends and new avenues of investigation. *PeerJ* 7, e7764.
- Barco J. L., Canudo J. I., Cuenca-Bescós G. & Ruiz-Omeñaca J. I. (2005) - Un nuevo dinosaurio saurópodo *Galvesaurus herreroi* gen. nov., sp. nov., del tránsito Jurásico-Cretácico en Galve (Teruel, NE de España). *Naturaleza Aragonesa* 15, 4–17.
- Canudo J. I. (2018) - The collection of type fossils of the Natural Science Museum of the University of Zaragoza (Spain). *Geoheritage* 10, 385–392.
- Casanovas M. L., Santafé J. V. & Sanz J. (2001) - *Losillasaurus giganteus*, un nuevo saurópodo del tránsito Jurásico - Cretácico de la cuenca de “Los Serranos” (Valencia, España). *Paleontología i Evolució* 32–33, 99–122.
- Castanet J. (1994) - Age estimation and longevity in reptiles. *Gerontology* 40, 174–192.
- Chinsamy-Turan A. (2005) - The Microstructure of dinosaur bone: Deciphering Biology with Fine-Scale Techniques. *J. Vertebr. Paleontol.* 26(1), 233–234.
- Cormack D. (1987) - *Ham's Histology*. Lippincott. Philadelphia, 732 p.
- Díaz-Molina M. & Yébenes A. (1987) - La sedimentación litoral y continental durante el Cretácico Inferior. Sinclinal de Galve, Teruel. *Estudios Geológicos, volumen extraordinario Galve-Tremp*, 3–21.
- Klein N. & Sander M. (2008) - Ontogenetic stages in the long bone histology of sauropod dinosaurs. *Paleobiology* 34(2), 247–263.
- Mitchell J., Sander P. M. & Stein K. (2017) - Can secondary osteons be used as ontogenetic indicators in sauropods? Extending the histological ontogenetic stages into senescence. *Paleobiology* 43(2), 321–342.
- Padian K. & Lamm E. T. (2013) - *Bone histology of fossil tetrapods: Advancing methods, analysis and interpretation*. University of California Press, Berkeley, Los Angeles & London, 285 p.
- Perales-Gogenola L., Elorza J., Canudo J. I. & Pereda-Suberbiola X. (2019) - Taphonomy and palaeohistology of ornithischian dinosaur remains from the Lower Cretaceous bonebed of La Cantalera (Teruel, Spain). *Cretac. Res.* 98, 316–334.
- Pérez-Pueyo M., Moreno-Azanza M., Barco J. L. & Canudo J. I. (2019) - New contributions to the phylogenetic position of the sauropod *Galvesaurus herreroi* from the Tithonian (Jurassic) of Spain (Teruel). *Boletín Geológico y Minero*, 130(3), 375–392.
- Royo-Torres R., Cobos A. & Alcalá L. (2006) - A giant european dinosaur and a new sauropod clade. *Science* 314, 1925–1927.
- Royo-Torres R., Cobos A., Aberasturi A., Espilez E., Fierro I., González A., Luque L., Mampel L. & Alcalá L. (2007) - Riodeva sites (Teruel, Spain) shedding light to european sauropod phylogeny. *Geogaceta* 41, 183–186.
- Sanz J. L., Buscalioni A. D., Casanovas M. L. & Santafé J. V. (1987) - Dinosaurios del Cretácico Inferior de Galve (Teruel, España). *Estudios geológicos, volumen extraordinario Galve – Tremp*, 45–64.
- Stein K., Csiki Z., Rogers K. C., Weishampel D. B., Redelstorff R., Carballido J. L. & Sander P. M. (2010) - Small body size and extreme cortical bone remodeling indicate phyletic dwarfism in *Magyarosaurus dacus* (Sauropoda: Titanosauria). *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 107, 9258–9263.
- Val J., Aurell M., Bádenas B., Castanera D. & Subías S. (2019) - Cyclic carbonate-siliciclastic sedimentation in a shallow marine to coastal environment (latest Kimmeridgian-early Tithonian, Galve sub basin, Spain). *J. Iber. Geol.* 45, 195–222.
- Woodward H. N. (2019) - *Maiasaura* (Dinosauria: Hadrosauridae) tibia osteohistology reveals non-annual cortical vascular rings in young of the year. *Frontiers in Earth Sciences* 7, 50.