



Using computed tomography for the apparatus reconstruction of *Pseudofurnishius murcianus* Van den Boogaard (Middle Triassic)

Uso de la tomografía computarizada para la reconstrucción del aparato de *Pseudofurnishius murcianus* Van den Boogaard (Triásico Medio)

Corresponding author:

C. Armañanzas-Alpuente
aralcas@alumni.uv.es

Journal webpage:

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

Copyright:

© 2021 C. Armañanzas-Alpuente, *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.

C. Armañanzas-Alpuente¹, T. Kolar-Jurkovšek², B. Jurkovšek², P. C. J. Donoghue³ & C. Martínez-Pérez^{3,4}

¹ Departamento de Botánica y Geología, Universitat de València. C/Dr. Moliner 50, Burjassot, 46100 Valencia, Spain.

² Geološki zavod Slovenije, SI-1000 Ljubljana, Dimičeva ulica 14, Slovenia.

³ School of Earth Sciences, University of Bristol. Life Sciences Building, 24 Tyndall Avenue, Bristol, BS8 1TQ, United Kingdom.

⁴ Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología Evolutiva, Universitat de València. C/Catedrático José Beltrán Martínez 2, 46980 Paterna (Valencia), Spain.

Abstract

The study of conodont clusters and bedding plane assemblages provide useful information about the composition of the conodont apparatus. However, they have been vaguely used due to their fragility and difficult manipulation, which complicates the description of their elements. Currently, the development of non-destructive techniques such as the high-resolution tomographic microscopy has allowed the study of these conodont associations in detail. In this work, the reconstruction of the apparatus of the species *Pseudofurnishius murcianus* (Middle Triassic) has been achieved by means of the study of several exceptionally well-preserved clusters and bedding plane assemblages found in the locality of Prikrnica (Slovenia). Using Synchrotron X-Ray tomography microscope (Paul Scherrer Institute, Switzerland), the analysis of the 3D models derived from the tomographic data suggests that the apparatus of *P. murcianus* is an octomembrate type, thus confirming the apparatus composition stability within the order Ozarkodinida.

Keywords: Conodont apparatus, tomographic microscopy, Middle Triassic, Slovenia.

Resumen

El estudio de los clústeres y agrupaciones naturales de conodontos proporciona información esencial sobre la composición del aparato conodontal. Sin embargo, estos han sido ignorados debido a su fragilidad y difícil manipulación, lo que complica la descripción de sus elementos. En los últimos años, el desarrollo de nuevas técnicas no destructivas como la microscopía tomográfica de alta resolución ha permitido estudiar detalladamente estas asociaciones conodontales. En este trabajo se presenta la reconstrucción del aparato de la especie *Pseudofurnishius murcianus* (Triásico Medio), realizada mediante el estudio de varios clústeres y asociaciones naturales excepcionalmente conservados encontrados en la localidad de Prikrnica (Eslovenia). Utilizando la Microscopía Tomográfica de Rayos X de fuente Sincrotrón (Paul Scherrer Institute, Suiza), el análisis de los modelos 3D obtenidos sugiere que el aparato de *P. murcianus* es de tipo octomembrate, confirmando la estabilidad de la estructura del aparato dentro del orden de los Ozarkodínidos..

Palabras clave: Aparato conodontal, microscopía tomográfica, Triásico Medio, Eslovenia.

ISSN: 0254 - 055X
eISSN: 2183 - 4431

1. Introducción

La clase Conodonta constituye un grupo extinto de vertebrados marinos sin mandíbula, caracterizados por unas piezas dentales de naturaleza

fosfática denominadas elementos conodontales. Estos elementos conforman el denominado aparato conodontal, una compleja estructura relacionada tradicionalmente con la captación del alimento, cuya

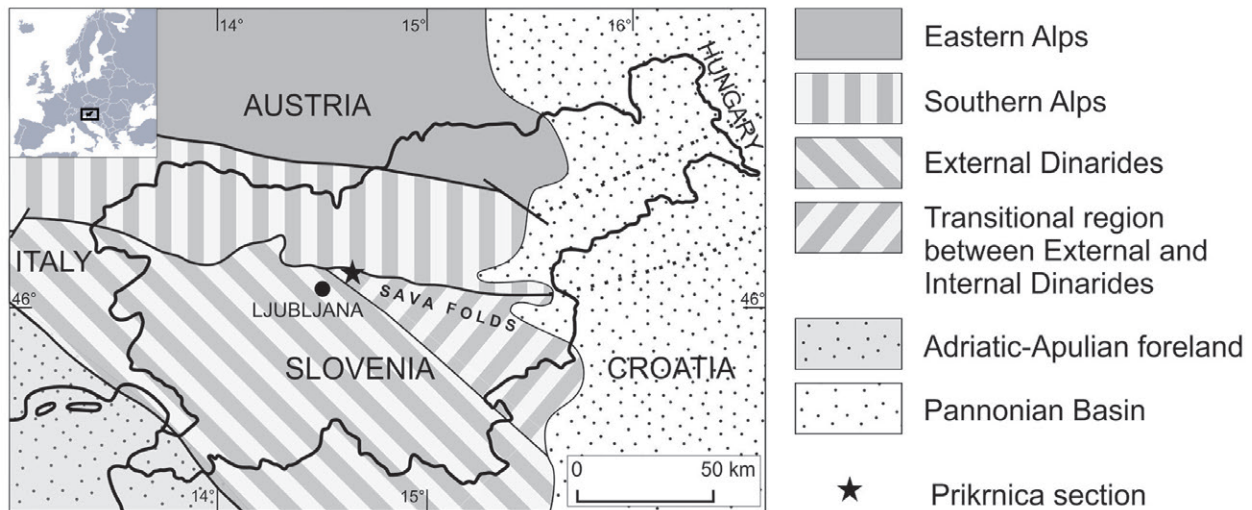


Fig. 1. -Location of the Prikrnica section, Slovenia, where the studied conodont associations were recovered. Retrieved from Kolar-Jurkovšek *et al.* (2018).

composición y arquitectura es conocida en detalle en pocos taxones (Sweet, 1988; Purnell & Donoghue, 1997; Orchard, 2005). Estas reconstrucciones se han basado principalmente en el estudio de numerosas colecciones de elementos desarticulados y, en contadas ocasiones, de clústeres y asociaciones naturales o *Bedding Plane Assemblages* (BPA), los cuales suelen contener dos o más elementos del aparato conodontal de un mismo animal, estando preservada, en muchos casos, su disposición topológica. Estos restos, aunque de gran potencial para comprender la estructura y composición del aparato, resultan muy complicados de estudiar debido a su fragilidad y difícil manipulación, lo que tradicionalmente ha derivado en su estudio superficial, teniendo en cuenta que la morfología y disposición de los diferentes elementos conodontales queda normalmente enmascarada por los diferentes elementos que componen el propio aparato o por la propia matriz. En este sentido, cobra especial interés la aplicación de técnicas no destructivas como la tomografía computarizada, que permite visualizar y reconstruir el aparato conodontal de una manera mucho más clara y precisa (Goudemand *et al.*, 2011). Esta novedosa técnica ya ha comenzado a utilizarse en el estudio del aparato conodontal mediante el análisis tomográfico de clústeres y BPA, aunque todavía son muy pocos los taxones descritos (Goudemand *et al.*, 2011, 2012; Agematsu *et al.*, 2017; Suttner *et al.*, 2018; Huang *et al.*, 2019).

Dado el potencial de estas técnicas tomográficas para reconstruir el aparato conodontal, en este trabajo se describe el aparato del taxón triásico *Pseudofurnishius murcianus*, basado en el estudio

tomográfico del excepcional registro fósil de conodontos recientemente descritos en la localidad de Prikrnica, Eslovenia (Kolar-Jurkovšek *et al.*, 2018).

2. Material y métodos

Las muestras estudiadas corresponden a clústeres y BPA (*bedding plane assemblages*) del taxón *Pseudofurnishius murcianus* Van den Boogaard, 1966 del Triásico Medio de Eslovenia, procedentes de diferentes niveles de la localidad de Prikrnica, en el centro norte de Dole pri Krašcah, en el municipio de Moravče, a 27,2 km de la capital de Eslovenia, Liubliana (ver Kolar-Jurkovšek *et al.*, 2018) (Fig. 1). Los clústeres fueron obtenidos tras la disolución de las calizas muestreadas con ácido acético al 5%, mientras que los BPA se obtuvieron mediante el estudio superficial de las superficies de estratificación con ayuda de una lupa binocular. Los restos seleccionados para su estudio tomográfico fueron escaneados mediante Microscopía Tomográfica de Rayos X de fuente Sincrotrón en el Instituto Paul Scherrer de Suiza, extrayéndose los diferentes elementos mediante la segmentación de los tomogramas generados con ayuda del programa Avizo Lite 9 (FEI Visualization Sciences Group).

3. Resultados y discusión

Tras la segmentación de los diferentes restos, se obtuvieron los modelos tridimensionales de los distintos elementos que componen el aparato de *P. murcianus* (Fig. 2). El estudio de estos modelos nos ha permitido identificar un total de 15 elementos conodontales en el aparato conodontal de *P.*

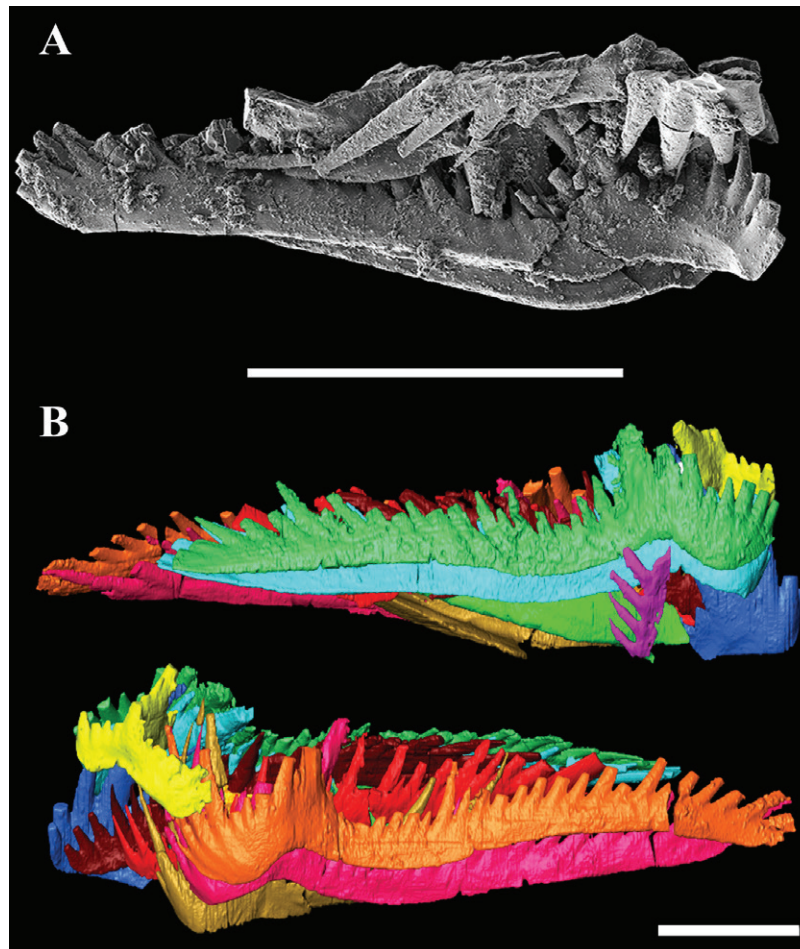


Fig. 2. -A- One of *P. murcianus* clusters from Prikrnica section. Modified from Kolar-Jurkovšek *et al.* (2018). Scale bar = 300 μ m; B- 3D model of a cluster (lateral views) elaborated with the tomographic data, where the individualized S elements can be appreciated. Modified from Kolar-Jurkovšek & Jurkovšek (2019). Scale bar = 200 μ m.

murcianus, siendo estos un elemento impar S_0 y pares de elementos P_1 , P_2 , M, S_1 , S_2 , S_3 y S_4 , siguiendo la terminología de Purnell *et al.* (2000). La serie de elementos S_1 , S_2 , S_3 y S_4 (S_1 - S_4) se dispone imbricada en forma de *chevron* con una serie simétrica a cada lado del eje antero-posterior y formando un ángulo de 60° con respecto a este eje. Los S_4 se sitúan en la parte más exterior, mientras que los S_1 en la parte más interior. El elemento S_0 se encuentra en el centro del aparato, entre ambas series S_1 - S_4 , paralelo al eje antero-posterior, ligeramente más adelantado. Los elementos M se disponen casi perpendicularmente respecto de la serie S_1 - S_4 , ubicados parcialmente sobre la parte medio-posterior de los elementos S_3 y S_4 y situados hacia el exterior. Por otra parte, los pares de elementos P se encuentran separados del conjunto principal compuesto por los otros tipos de elementos (S y M), y se disponen perpendiculares al eje rostro-caudal, coincidiendo con el plano en el que se sitúa el S_0 . El par de elementos P_2 queda por debajo del conjunto de elementos S, mientras que los elementos P_1 se sitúan por detrás del par de elementos P_2 , en su

mismo plano y a una distancia de este equivalente a la mitad de la longitud del elemento S_4 .

Así pues, nuestro análisis preliminar del aparato de *P. murcianus* indica que éste está compuesto por 15 elementos, constituyendo un aparato de tipo *octomembrate* con una distribución de $2P_1$, $2P_2$, $2M$, $1S_0$, $2S_1$, $2S_2$, $2S_3$ y $2S_4$. Esta composición difiere de las propuestas realizadas por Ramovs (1977) a partir de clústeres procedentes de la misma localidad, donde se reconstruye el aparato conodontal como una estructura tipo *septimembrate* formado por 13 elementos en el que además no se identifican todos los elementos que lo componen. Posteriormente, Ochard (2005), mediante el estudio de colecciones de elementos desarticulados, propuso un aparato tipo *octomembrate*, basándose en la pertenencia de *P. murcianus* al Orden Ozarkodinida. Sin embargo, no describe y/o figura ningún elemento de su aparato. Finalmente, Plasencia (2009), basándose en material de la Península Ibérica, propone un aparato con 13 elementos tipo *septimembrate*, no pudiendo distinguir entre los elementos S_4 y S_3 por tener una morfología

similar. Aunque la estructura del aparato propuesta en este último trabajo coincide por lo general con la nuestra, los autores identifican erróneamente los elementos S₁, S₂ y M, demostrando la dificultad de este tipo de aproximaciones basadas en elementos desarticulados.

4. Conclusiones

Nuestro trabajo nos ha permitido reconstruir, con un gran nivel de detalle, el aparato conodontal de *P. murcianus*, siendo éste un aparato de tipo *octomembrate* compuesto por 15 elementos conodontales (2P₁, 2P₂, 2M, 1S₀, 2S₁, 2S₂, 2S₃ y 2S₄), con una estructura, morfología y disposición típica de los ozarkodínidos. Este conjunto está formado por una serie principal de elementos S y M en posición más rostral, separado de los elementos P, los cuales se sitúan en una disposición más caudal. La descripción completa de un nuevo representante del orden más importante de conodontos demuestra que el aparato conodontal presenta una gran estabilidad (morfológica y topológica) a lo largo de su evolución (Purnell & Donoghue, 1998), centrándose la mayor parte del cambio morfológico en los elementos P₁.

Agradecimientos

A los revisores Samuel Zamora y Josep Fortuny por sus comentarios y propuestas para mejorar el presente trabajo

Referencias

- Agematsu S., Uesugi K., Sano H. & Sashida K. (2017) - Reconstruction of the multielement apparatus of the earliest Triassic conodont, *Hindeodus parvus*, using synchrotron radiation X-ray micro-tomography. *J. Paleontol.* 91, 1220–1227.
- Goudemand N., Orchard M. J., Urdy S., Bucher H. & Tafforeau P. (2011) - Synchrotron-aided reconstruction of the conodont feeding apparatus and implications for the mouth of the first vertebrates. *PNAS* 108, 8720–8724.
- Goudemand N., Orchard M. J., Tafforeau P., Urdy S., Brühwiler T., Brayard A., Galfetti T. & Bucher H. (2012) - Early Triassic conodont clusters from South China: revision of the architecture of the 15 element apparatuses of the superfamily Gondolelloidea. *Palaeontology* 55, 1021–1034.
- Huang J., Hu S., Zhang Q., Donoghue P. C. J., Benton M. J., Zhou C., Martínez-Pérez C., Wen W., Xie T., Chen Z.-Q., Luo M., Yhao H. & Zhang K. (2019) - Gondolelloid multielement conodont apparatus (*Nicoraella*) from the Middle Triassic of Yunnan Province, southwestern China. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 522, 98–110.
- Kolar-Jurkovšek T., Martínez-Pérez C., Jurkovšek B. & Aljinović D. (2018) - New clusters of *Pseudofurnishius murcianus* from the Middle Triassic of Slovenia (Dinarides). *Bulletins of American Paleontology* 395–396, 149–163.
- Kolar-Jurkovšek T. & Jurkovšek B. (2019) - *Conodonts from Slovenia*. Geological Survey of Slovenia, 259 p.
- Orchard M. J. (2005) - Multielement conodont apparatuses of Triassic Gondolelloidea. *Spec. Pap. Palaeontol.* 73, 73–101.
- Plasencia P. (2009) - *Bioestratigrafía y paleobiología de conodontos del triásico medio del sector oriental de la Península Ibérica*. PhD Thesis, Universidad de Valencia, 422 p.
- Purnell M. A. & Donoghue P. C. J. (1997) - Architecture and functional morphology of the skeletal apparatus of ozarkodinid conodonts. *Philos. T. Roy. Soc. B* 352, 1545–1564.
- Purnell M. A. & Donoghue P. C. J. (1998) - Skeletal architecture, homologies and taphonomy of ozarkodinid conodonts. *Palaeontology* 41, 57–102.
- Purnell M. A., Donoghue P. C. J. & Aldridge R. J. (2000) - Orientation and anatomical notation in conodonts. *J. Paleontol.* 74, 113–122.
- Ramovš A. (1977) - Skelettapparat von *Pseudofurnishius murcianus* (Conodontophorida) in der Mitteltrias Sloweniens (NW Jugoslawien). *Neues Jahrb. Geol. P.- A.* 153, 361–399.
- Suttner T. J., Kido E. & Briguglio A. (2018) - A new icriodontid conodont cluster with specific mesowear supports an alternative apparatus motion model for Icriodontidae. *J. Syst. Palaeontol.* 16, 909–926.
- Sweet W.C. (1988) - *The Conodonta: Morphology, Taxonomy, Paleocology and Evolutionary History of a Long-Extinct Animal Phylum*. Oxford University Press, 224 p.