

# Nuevo trilobites asáfido con conservación de apéndices en la Biota de Fezouata (Ordovícico Inferior de Marruecos)

*An additional asaphid trilobite with preserved appendages from the Fezouata Biota (Lower Ordovician of Morocco)*

Juan Carlos Gutiérrez-Marco<sup>1</sup>, Isabel Rábano<sup>2</sup>, Artur A. Sá<sup>3</sup>, Juan A. Poblador<sup>4</sup> y Diego C. García-Bellido<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Geociencias (CSIC, UCM) y Área de Paleontología GEOESPAL, Facultad CC. Geológicas UCM, José Antonio Novais 12-2ª pl., 28040 Madrid. [jcgrapto@ucm.es](mailto:jcgrapto@ucm.es)

<sup>2</sup>Instituto Geológico y Minero de España (IGME, CSIC), Ríos Rosas 23, 28003 Madrid. [i.rabano@igme.es](mailto:i.rabano@igme.es)

<sup>3</sup>Departamento de Geologia e Polo do Centro de Geociências (CGeo), Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Quinta de Prados, 5000-801 Vila Real, Portugal. [asa@utad.pt](mailto:asa@utad.pt)

<sup>4</sup>Torres Quevedo 30, 03013 Alicante. [juan.a.poblador@jurassic-dreams.com](mailto:juan.a.poblador@jurassic-dreams.com)

<sup>5</sup>School of Biological Sciences, University of Adelaide, South Australia 5005, Australia, y South Australian Museum, Adelaide, South Australia 5000, Australia.

[diego.garcia-bellido@adelaide.edu.au](mailto:diego.garcia-bellido@adelaide.edu.au)

## ABSTRACT

A third specimen of *Megistaspis* (*Ekeraspis*) cf. *hammondi* is described from the most important Ordovician Burgess Shale-type Fossil-Lagerstätte in Morocco. The trilobite specimens with soft-part preservation are located in late Tremadocian levels within the Fezouata Formation, but are very rare. The studied specimen preserves the right antenna, and nine appendages under the right side of the exoskeleton, only evident when a break in the rock released part of the exoskeleton and revealed the underlying biramous appendages. These mostly consist of endopods, but also at least a couple of exopods, recognizable by their long lamellae. The first endopod seems to correspond to the distal tip of the third cephalic appendage, while the rest are thoracic appendages. The features of the preserved antenna indicate that most such appendages in other specimens from the same area are created or enhanced during preparation. Besides the studied asaphid, soft-part preservation of digestive tract and appendages are known from four coeval species, totalling about fifty published specimens. But it is quite possible that, like in the present specimen, biramous appendages may be preserved under the carapace of other specimens with antennae.

**Keywords:** Fossil-Lagerstätten, Fezouata Biota, Tremadocian, Morocco, Trilobite appendages.

## RESUMEN

Se presenta el tercer ejemplar del trilobites asáfido *Megistaspis* (*Ekeraspis*) cf. *hammondi* con conservación excepcional de apéndices, procedente del Fossil-Lagerstätte ordovícico de tipo Burgess Shale más importante del mundo, localizado en Marruecos. Los trilobites con apéndices o partes blandas se detectan en niveles del Tremadociense superior dentro de la Formación de Fezouata, pero son fósiles muy raros. El ejemplar estudiado conserva la antena derecha y nueve apéndices situados bajo el exoesqueleto, localizados en la parte derecha del cuerpo. Se trata principalmente de endópodos, pero al menos en dos apéndices se reconocen partes de los exópodos porque conservan sus largas lamelas. El primer endópodo parece corresponder al extremo distal del tercer apéndice cefálico, y el resto son apéndices torácicos. Las antenas observadas en ejemplares comerciales de la misma especie suelen estar manipuladas por los preparadores y son poco fiables. Además del asáfido estudiado, la conservación de partes blandas y apéndices se conoce en otras cuatro especies coetáneas, totalizando medio centenar de ejemplares publicados. Pero es muy posible que existan muchos más casos en los que los apéndices de aquellos ejemplares que conserven las antenas permanezcan en realidad ocultos bajo el caparazón dorsal.

**Palabras clave:** Fossil-Lagerstätten, Biota de Fezouata, Tremadociense, Marruecos, Apéndices de trilobites

*Geogaceta*, 71 (2022), 11-14  
ISSN (versión impresa): 0213-683X  
ISSN (Internet): 2173-6545

Fecha de recepción: 15/07/2021  
Fecha de revisión: 29/10/2021  
Fecha de aceptación: 26/11/2021

## Introducción

El yacimiento de conservación excepcional (*Fossil-Lagerstätte*) de Fezouata se localiza en el Anti-Atlas central de Marruecos, en torno al valle del Draa (región de Souss Massa Draa) y en un radio de 25 km al norte y sureste de la ciudad de Zagora (capital de la provincia homónima), al sureste del país. Los primeros fósiles de cuerpo blando se descubrieron en la década de 2000, y pronto pasaron a caracterizar una biota dominada por artrópodos, cuya constitución es relativamente similar a la de Burgess Shale del Cámbrico canadiense, pero que en este caso es más reciente y corresponde a la Formación

Fezouata del Ordovícico Inferior (Van Roy *et al.*, 2010, 2015). Además de radiodontos gigantes de varios tipos, aglaspídidos, marrellomorfos, lobópodos, canadaspídidos, naraoiíidos, cheloniélidos, chamataspídidos y otros grupos de artrópodos que se consideraban típicos del Cámbrico, la Biota de Fezouata incluye xifosuros, filocáridos, trilobites, metazoos problemáticos, conodontos, microfósiles de pared orgánica, poríferos, cnidarios, anélidos, priapúlidos, braquiópodos, moluscos y graptolitos, junto a fósiles excepcionales de hyolítidos y distintos grupos de equinodermos, que se conservan articulados e incluso con partes blandas (Lefebvre *et al.*, 2016, 2019). Con todo, el registro de

trilobites con preservación excepcional de apéndices o estructuras digestivas es relativamente raro y se limita de momento a cinco géneros del Tremadociense superior, razón por la cual creemos interesante reportar el hallazgo del tercer ejemplar de asáfido que conserva los apéndices, a fin de contribuir también al conocimiento de la especie.

## Trilobites con apéndices

El mecanismo de preservación de partes blandas en metazoos y específicamente en trilobites u otros artrópodos de Fezouata, con apéndices y caparazones débilmente biomineralizados, ha sido

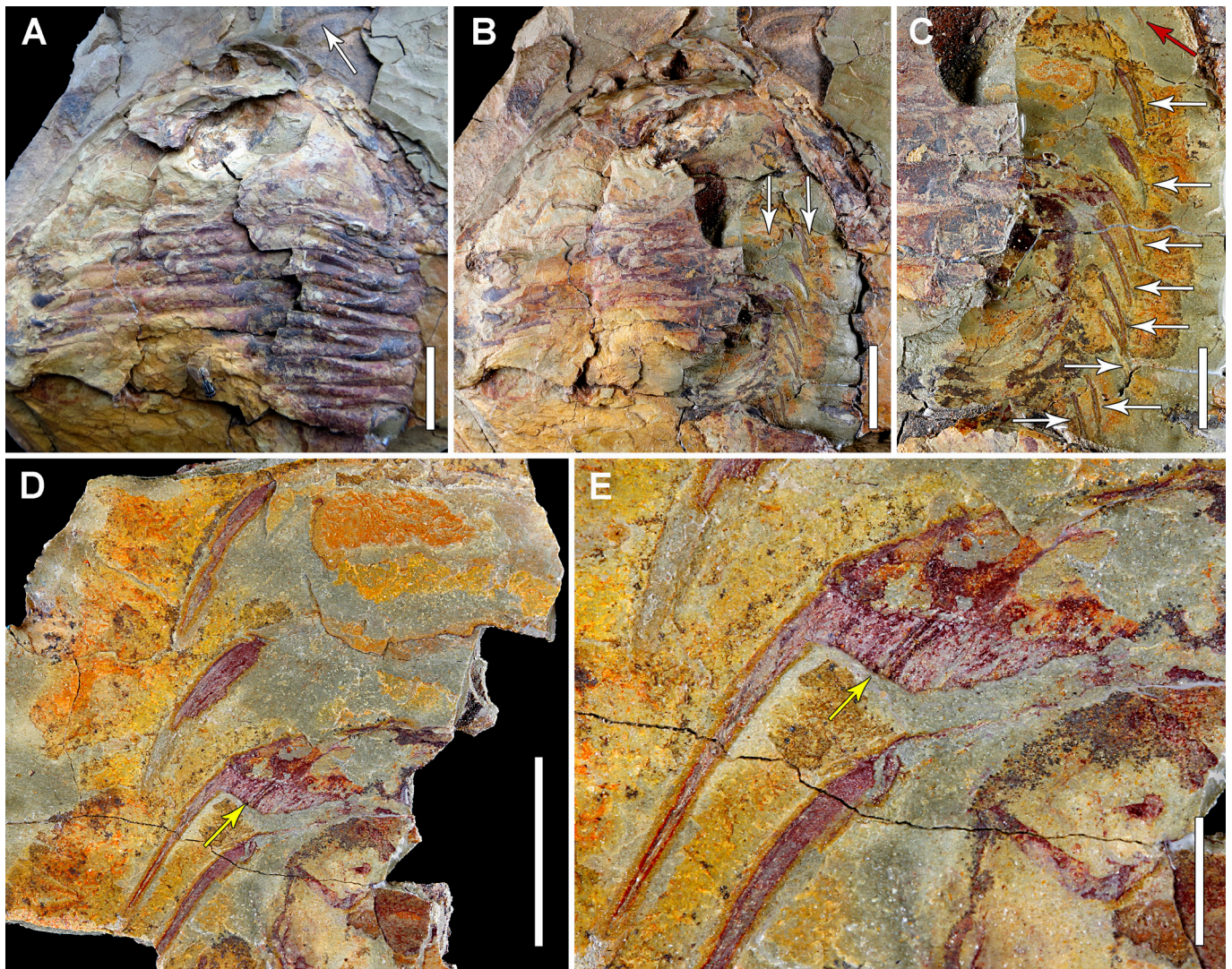


descrito detalladamente por Saleh *et al.* (2021a, b), apreciándose un importante sesgo tafonómico con respecto a otras biotas paleozoicas (Saleh *et al.*, 2019b, 2020) e incluso un posible control orbital del mismo (Saleh *et al.*, 2019a). La preservación en las limolitas arcillosas de grano muy fino de Fezouata normalmente implica una piritización temprana, seguida de la alteración a óxidos de hierro que les brindan el color pardo-amarillento característico, y todo ello en una plataforma marina abierta, en torno al nivel de base del oleaje de tormenta (Martin *et al.*, 2016a).

La preservación de apéndices en trilobites se registra exclusivamente en los niveles de conservación excepcional del Tremadociense superior (Biozona de *Sagenograptus murrayi* de graptolitos), y por lo general se limita a aquellos ejemplares que han perdido parte del exoesqueleto dorsal durante su extracción en el yacimiento. El caso más común ocurre cuando de un fósil concreto, llegan a desprenderse por causas mecánicas parte de las mejillas, pleuras torácicas o pigidio, dejando al descubierto los apéndices que hasta entonces permanecían ocultos bajo el caparazón dorsal (Fig. 1A-B).

Budil y Fatka (2021) recopilaron todos los artículos donde se citan o ilustran trilobites del yacimiento de Fezouata con preservación de apéndices o partes blandas, llegando a la conclusión de que no alcanzan el medio centenar de ejemplares, incluso una vez sumados los de la reciente contribución de Pérez-Peris *et al.* (2021). En cambio, los trilobites que conservan las antenas (Fig. 2) son mucho más numerosos, y con cierta frecuencia salen a la venta en comercios, sitios de internet y ferias de todo el mundo.

De la veintena de especies de trilobites inventariadas en los niveles del Tremado-



**Fig. 1.- *Megistaspis (Ekeraspis) cf. hammondi* Corbacho y Vela. Biota de Fezouata, Tremadociense superior del norte de Zagora (Marruecos). Ejemplar MGM-7569X, que conserva parte de los apéndices. A, Aspecto dorsal del caparazón con la antena derecha incompleta (flecha). B, el mismo ejemplar con remoción de parte de la pleura torácica derecha (flechas), que descubre una parte de los apéndices. C, detalle de la fotografía anterior, con los extremos de un endopodito cefálico (flecha roja) y los ocho torácicos (flechas blancas). D, vista ventral de una parte del fragmento pleural derecho del fósil (contraparte de la mitad anterior de C), con uno de los exópodos (flecha amarilla). E, detalle del segundo apéndice torácico que conserva parte del exópodo con sus finas lamelas (flecha amarilla) y varios podómeros distales de su endópodo. Escala gráfica: 20 mm (A-B), 10 mm (C-D) y 3 mm (E).**

*Fig. 1.- Megistaspis (Ekeraspis) cf. hammondi* Corbacho and Vela. Fezouata Biota, upper Tremadocian, north of Zagora (Morocco). Specimen MGM-7569X, preserving some cephalic and thoracic appendages. A, Dorsal view of carapace with incomplete right antenna (arrow). B, Same specimen with partial removal of right thoracic pleura (arrows), revealing underlying appendages. C, Detail of B, showing one cephalic endopod (red arrow) and the eight thoracic endopods (white arrows). D, Ventral view of right pleural fragment (counterpart of part illustrated in C) showing an exopod (yellow arrow). E, Detail of the second thoracic appendage preserving the exopod flap and part of its fine lamellae (yellow arrow) and several distal podomeres of the endopod. Scale bars: 20 mm (A-B), 10 mm (C-D) and 3 mm (E).



ciense superior de la Formación Fezouata (Van Roy *et al.*, 2015; Martin *et al.*, 2016b), tan sólo cinco concentran los casos de conservación excepcional de apéndices y antenas: los facópidos *Anacheirurus adserai* (Vela y Corbacho) (con seis formas sinónimas), *Bavarilla zemmourensis* Des Tombes y *Prionocheilus* sp., más el nileido *Symphysurus ebbestadi* Gutiérrez-Marco, Rábano y García Bellido, y el asáfido *Megistaspis (Ekeraspis)* cf. *hammondi* Corbacho y Vela (Van Roy *et al.*, 2010; Lefebvre *et al.*, 2018; Pérez-Peris *et al.*, 2021).

## El nuevo ejemplar

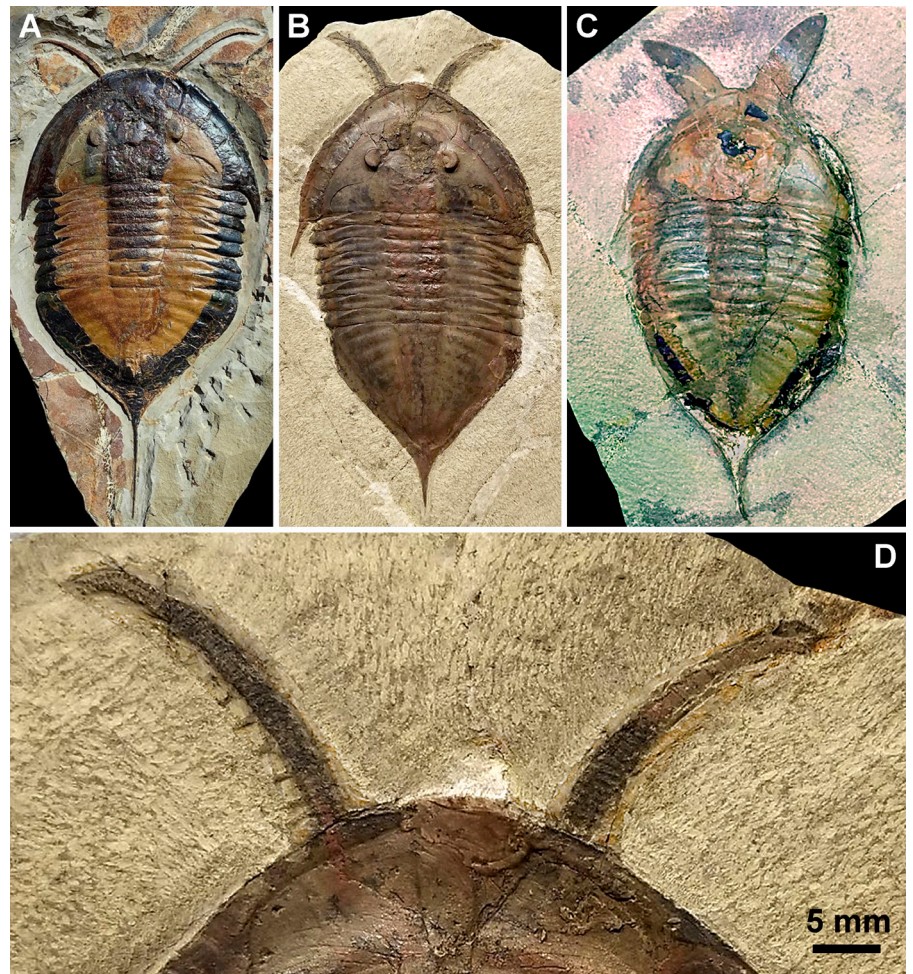
En esta nota presentamos un fragmento de asáfido (Fig. 1) derivado de un ejemplar completo y articulado, que sufrió daños y perdió el pigidio durante el proceso de extracción, por hallarse en la zona alterada y fracturada próxima a la superficie del afloramiento. Fue encontrado en octubre de 2018 por la familia Ben Moula, los célebres prospectores de la Biota de Fezouata (Lefebvre *et al.*, 2016), quienes nos aportaron algunos detalles de las circunstancias del hallazgo, excepto su localización precisa. No obstante, es probable que nuestro ejemplar proceda de la misma zona (trincheras de Bou Izargane, unos 19 km al norte de Zagora) que los ejemplares de la misma especie recolectados también por ellos y estudiados por Gutiérrez-Marco *et al.* (2017). Estos últimos comprenden tres ejemplares de la especie *Megistaspis (Ekeraspis) hammondi* [= *M. (E.)* cf. *filacovi* (Bergeron) según Martin *et al.*, 2016b] depositados, como el aquí estudiado, en el Museo Geominero de Madrid. Dos de ellos conservan los apéndices: el primero está fosilizado por su cara ventral y tiene todos los endópodos cefálicos a pigidiales del lado derecho (MGM-6756X), de los cuales los tres pares anteriores son mucho más robustos y presentan enditos o espinas ventrales. El segundo ejemplar (MGM-6757X) conserva un aspecto dorsal de los exópodos cefálicos, torácicos y pigidiales, los dos últimos restringidos a la pleura derecha, donde muestran la densa disposición de sus finas lamelas exopodales.

El ejemplar estudiado, identificado como *Megistaspis (Ekeraspis)* cf. *hammondi* por la falta de los elementos pigidiales que permitan confirmar la identidad específica, consiste en un cefalón+tórax articulado carente de ojos y espinas genales (Fig. 1A). Durante la extracción, la parte pleural derecha se

desprendió espontáneamente (Fig. 1B), dejando ver por debajo parte de los endópodos junto a dos vestigios exopodales. Todos ellos corresponden a aspectos distales, pues los protopoditos y la parte proximal de los apéndices quedarían situados bajo la región axial, que permanece en su lugar sin desprenderse. De la serie derecha se observa el extremo distal del último apéndice cefálico, más los ocho apéndices torácicos (Fig. 1C), si bien la conservación no es lo suficientemente detallada como para poder precisar el número de podómeros en la parte distal

de cada apéndice. Por su morfología y dimensiones, estos endópodos estrechos y alargados (> 20 mm de longitud y de unos 2 mm de anchura) son comparables con los apéndices torácicos descritos e ilustrados para el ejemplar MGM-6756X de Fezouata por Gutiérrez-Marco *et al.* (2017, fig. 1e).

En lo que respecta a los exópodos, merece destacar el del segundo apéndice torácico que conserva parte del lóbulo subtriangular y sus finas lamelas, junto a varios podómeros distales de su endópodo (Fig. 1C-E). Las lamelas de los exópo-



**Fig. 2.- *Megistaspis (Ekeraspis) hammondi* Corbacho y Vela. Biota de Fezouata, Tremadociense superior del norte de Zagora (Marruecos). Ejemplares observados a la venta en circuitos comerciales y sitios de internet. A, ejemplar con caparazón bien conservado, y con la doblez ventral contorneada en negro por su posible concentración en materia orgánica; las antenas son largas y estrechas, la de la derecha tiene más de 45 podómeros desiguales y sus bordes laterales están tallados en la roca. B, ejemplar con puntas genales y pigidio esculpido en su parte posterior; las antenas son notablemente más gruesas, con 30-35 podómeros rectangulares, algunos con espinas abaxiales (detalle en D). C, ejemplar con la antena izquierda (línea clara) conservada en el seno de una "oreja de gato" como las que algunos preparadores tallan en esta especie.**

*Fig. 2.- Megistaspis (Ekeraspis) cf. hammondi* Corbacho and Vela. Fezouata Biota, upper Tremadocian, north of Zagora (Morocco). Specimens found for sale in commercial circles and internet sites. A, Specimen with well-preserved carapace, and darkened ventral doublure, possibly due to a concentration of organic matter; long and narrow antennae, the right one has over 45 unequal podomeres and the edges are carved in the rock. B, Specimen with genal tips and posterior end of pygidium carved in the rock; antennae notably wider, with 35-45 rectangular podomeres, some with abaxial spines (detail in D). C, Specimen with its left antenna (light line) preserved in the centre of a "cat's ear", like those that some fossil-prepping specialists carve in this species.

dos de trilobites como *Olenoides serratus* de la Biota de Burgess Shale (Whittington, 1980, lám. 20, fig. 5; Whittington, 1997, fig. 85) a menudo se conservan sobre el endópodo (Fig. 2C).

Por último, del arco cefálico anterior del ejemplar se proyecta, en vista dorsal, la parte proximal de la antena derecha, que destaca por su diferente coloración (Fig. 1A, en color en la versión electrónica). Los márgenes de los podómeros no se hallan muy bien definidos, pero los más basales son rectangulares y bastante gruesos (3 mm de anchura y 1–1,3 mm de longitud). No obstante, entre el material de Fezouata examinado en los circuitos comerciales, es común encontrar ejemplares de *M. (E.) hammondi* que conservan las antenas, si bien éstas suelen mostrar distintos grados de "retoques estéticos" realizados en origen por los preparadores y vendedores marroquíes. Las posibles modificaciones incluyen el añadido de podómeros artificiales para incrementar la longitud de las antenas, o la generación de notorias espinas adaxiales (Fig. 2A–B), que en su conjunto hacen poco fiable el conocimiento de estas estructuras a través del material comercial observado hasta la fecha. Un "estilo de preparación", puesto de moda en los últimos años, consiste en siluetear la roca matriz en torno a las antenas, como si fueran *orejas de gato* que surgen de la parte anterior cefálica del trilobites (Fig. 2C).

## Conclusiones

Se presenta el tercer caso de conservación de apéndices (endópodos y exópodos) en el trilobites asáfido *Megistaspis (Ekeraspis) cf. hammondi* Corbacho y Vela, procedente del *Fossil-Lagerstätte* de Fezouata (Ordovícico Inferior de Marruecos), considerado como el yacimiento ordovícico de conservación excepcional, de tipo Burgess Shale, más importante del mundo (Van Roy *et al.*, 2010, 2015; Lefebvre *et al.*, 2016). El nuevo ejemplar concuerda en sus características ventrales con lo previamente descrito por Gutiérrez-Marco *et al.* (2017), aportando un caso interesante de conservación de las dos ramas de un mismo apéndice, que puede dar lugar a diferentes interpretaciones según se estudie la superficie dorsal del fósil (con el exópodo en posición

anatómica sobre el endópodo) o bien la contraparte desprendida del mismo (con el exópodo doblado bajo el endópodo). Se analizan también las escasas garantías que, en el momento presente, tienen los ejemplares con antenas de la especie que se ofrecen en los circuitos comerciales.

## Contribución de los autores

Todos los autores han contribuido en la misma medida al desarrollo de esta publicación. JAP fue quien consiguió, además, la donación del trilobites para estudio.

## Agradecimientos y financiación

A Carlos Alonso (Universidad Complutense de Madrid) por las fotografías y a Fran Pérez-Peris (Universidad de Lausana) por brindarnos informaciones inéditas sobre la anatomía de *Anacheirurus*. A Julio Martín (Collado Mediano) por la detección temprana y fotografías de los asáfidos con *orejas de gato*. A los revisores científicos Dres. Rodolfo Gozalo (Univ. de Valencia) y Emilio Vaccari (CONICET-Univ. Nacional de Córdoba, Argentina), por sus observaciones y sugerencias. El presente trabajo es una contribución a los proyectos CGL2017-87631-P del MICINN y 735 del PICG (IUGS-UNESCO), habiendo recibido financiación en especie de la empresa Jurassic Dreams (Alicante). AAS es beneficiario de fondos de investigación portugueses de la FCT – Fundação para a Ciência e Tecnologia, I.P. (ref. UIDB/00073/2020), en el ámbito de la Unidad de I&D Centro de Geociências (CGEO).

## Referencias

Budil, P. y Fatka, O. (2021). *Geological Society, London, Special Publications* 485, doi: 10.1144/SP485-2019-152.  
 Gutiérrez-Marco, J.C., García-Bellido, D.C., Rábano, I. y Sá, A.A. (2017). *Scientific Reports* 7, 39728, 7 p.  
 Lefebvre, B., Lerosey-Aubril, R., Servais, T. y Van Roy, P., Eds. (2016). The Fezouata Biota: an exceptional window on the Cambro-Ordovician faunal transition. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 460, 178 p.  
 Lefebvre, B., Guensburg, T.E., Martin,

E.L.O., Mooi, R., Nardin, E., Nohejlová, M., Saleh, F., Kouraiß, K., El Hariri, K. y David, B. (2019). *Geobios* 52, 27-36.  
 Lefebvre, B., Lerosey-Aubril, R., Martin, E., Gutiérrez-Marco, J. C., García-Bellido, D.C., Rábano, I., Saleh, F., Vidal, M. y Van Roy, P. (2018). In: The Fossil Week, Abstract book to the 5th International Palaeontological Congress, Paris, p. 862.  
 Martin, E.L.O., Pittet, B., Gutiérrez-Marco, J.C., Vannier, J., El Hariri, K., Lerosey-Aubril, R., Masrour, M., Nowak, H., Servais, T., Vandembroucke, T.R.A., Van Roy, P., Vaucher, D. y Lefebvre, B. (2016a). *Gondwana Research* 34, 274-283.  
 Martin, E.L.O., Vidal, M., Vizcaino, D., Vaucher, D., Sansjofre, P., Lefebvre, B. y Destombes, J. (2016b). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 460, 142-154.  
 Pérez-Peris, F., Laibl, L., Vidal, M. y Daley, A.C. (2021). *Acta Palaeontologica Polonica* 66, 857-877.  
 Saleh, F., Pittet, B., Perrillat, J.P. y Lefebvre, B. (2019a). *Geology* 47, 103-106.  
 Saleh, F., Pittet, B., Sansjofre, P., Guériau, P., Lalonde, S., Perrillat, J.P., Vidal, M., Lucas, V., El Hariri, K., Kouraiß, K. y Lefebvre, B. (2019b). *Geobios* 60, 99-115.  
 Saleh, F., Antcliffe, J.B., Lefebvre, B., Pittet, B., Laibl, L., Peris, F.P., Lustri, L., Guériau, P. y Daley, A.C. 2020. *Earth and Planetary Science Letters* 529, 115873, 6 p.  
 Saleh, F., Bath-Enright, O., Daley, A.C., Lefebvre, B., Pittet, B., Vite, A., Ma, X., Mángano, M.G., Buatois, L.A. y Antcliffe, J.B. (2021a). *Earth and Planetary Science Letters* 569, 117061, 9 p.  
 Saleh, F., Vaucher, R., Antcliffe, J.B., Daley, A.C., El Hariri, K., Kouraiß, K., Lefebvre, B., Martin, E.L., Perrillat, J.P., Sansjofre, P. y Vidal, M. (2021b). *Earth-Science Reviews* 213, 103464, 12 p.  
 Van Roy, P.H.J., Orr, P.J., Botting, J.P., Muir, L.A., Vinther, J., Lefebvre, B., El Hariri, K. y Briggs, D.E.G. (2010). *Nature* 465, 215-218.  
 Van Roy, P.H.J., Briggs, D.E.G. y Gaines, R.R. (2015). *Journal of the Geological Society, London* 172, 541-549.  
 Whittington, H.B. (1980). *Palaeontology* 23, 171-204.  
 Whittington, H.B. (1997). In: *Treatise on Invertebrate Paleontology: Arthropoda 1, Trilobita, Revised. Part O*. Geological Society of America, Boulder – Colorado, 87-135.