

Ampliació de la distribució estratigràfica d'*Apatopygus garciasanzi* Forner, 2016 (Echinoidea)

Joaquín Segura-Collado ¹, Emili Gombau i Valenzuela ¹, Vicent Gual i Ortí ¹ & Enric Forner i Valls ^{1*} 

1. Ateneu de Natura. Sant Roc, 125 3r 5a 12005 Castelló de la Plana. ateneudenatura@gmail.com. ORCID <https://orcid.org/0000-0002-9367-1318>

* Autor de correspondència: fornervalls@gmail.com

En el treball es constata la presència d'*Apatopygus garciasanzi* Forner, 2016 al Barremià superior, dins la Fm. Xert, la qual cosa té molta importància perquè fa encara més antiga l'aparició d'un caràcter modern, la pèrdua d'un dels dos porus ambulacrals més enllà dels pètals, que es pensava abans de la descripció de l'espècie que no va passar fins al Cenomanià.

Només s'ha disposat d'un exemplar d'aquesta rara espècie, que n'eleva fins a deu el cens mundial conegut.

S'amplia en un milió d'anys, fins a 25, la pèrdua d'un porus ambulacral més enllà dels pètals en els Neognostomata, tret evolutiu que acabarà compartint quasi tot el grup a partir del Terciari. Es confirma que l'espècie no té porus buccals, la qual cosa anul·la la hipòtesi comunament admesa que l'aparició d'aquests és coetània al pas a porus simples enllà dels pètals.

Amb el registre fòssil actual, es confirma que *A. garciasanzi* pot ser l'avantpassat de tots els Neognostomata moderns i que s'han de reformular totes les interpretacions que Kier va fer, als anys 60 del segle passat, sobre el grup.

Mots clau: *Neognothostomata*, *Apatopygidae*, Barremià, formació Xert, *monoporus ambulacral*, conca del Maestrat

Expansion of the stratigraphic distribution of *Apatopygus garciasanzi* Forner, 2016 (Echinoidea)

The paper confirms the presence of *Apatopygus garciasanzi* Forner, 2016 in the Upper Barremian, within the Xert formation. This is a very significant discovery as it makes the development of a modern characteristic, the loss of one of the two ambulacral pores beyond the petals, more ancient than previously thought. Until now this development was considered to have occurred in the Cenomanian.

Only one specimen from the new Barremian site has been obtained bringing the total world census of this rare species to ten.

The loss of the ambulacral pore is pushed back by at least one million years (to 25mn years), an evolutionary feature that will end up being shared by almost the entire group from the Tertiary onwards. It is confirmed that the species does not have oral pores, which invalidates the commonly accepted hypothesis that the appearance of these traits is contemporary with the transition to simple pores beyond the petals.

With the current fossil record, it is confirmed that *A. garciasanzi* could be the ancestor of all modern Neognothostomata and that the interpretations that Kier made in the 1960s about the group must be reformulated.

Keywords: *Neognothostomata*, *Apatopygidae*, Barremian, Xert formation, single pores ambulacra, Maestrat basin.

El neognotostòmat *Apatopygus garciasanzi* Forner, 2016, va ser descrit a l'Aptià inferior de la conca del Maestrat (Salas & Guimerà, 1996, 1997). És un equinoïdeu molt escàs del qual es coneixien només nou exemplars al món (Pastó & Forner, 2017). Fa poc (31/03/2023) se n'ha trobat un altre exemplar del Barremià superior

que amplia la distribució estratigràfica.

A més a més, aquesta espècie presenta un caràcter modern: les plaques ambulacrals, més enllà dels pètals, tenen un porus simple. L'aparició d'aquest caràcter s'avança en 24 milions anys (des de l'Aptià inferior fins a l'inici del Cenomanià) (Forner, 2016a) al que es coneixia

abans de la descripció d'*A. garciasanzi*. Ara amb aquesta troballa: 25 ma. Per contra, el caràcter presumptament associat al porus únic, és a dir, l'aparició dels porus bucals, no es dona en l'espècie nova (Forner, 2016a). Cosa que tampoc es produeix amb els membres actuals del gènere *Apatopygus*. Amb la troballa i descripció d'aquesta espècie, doncs, es posen en dubte (Forner, 2016a; Pastó & Forner, 2017; Forner 2021) algunes de les conclusions formulades per Kier (1962, 1966) després de revisar el conjunt de l'antic ordre Cassiduloïda L. Agassiz & Desor, 1847: primera, les plaques ambulacrals més enllà dels pètals tenen porus dobles en totes les espècies anteriors al Cenomanià, però porus simples en la majoria de les espècies del Cretaci Superior i en totes les del Terciari i, segona, els porus bucals apareixen al mateix temps que els porus passen de dobles a simples

més enllà dels pètals (Kier: 1962: 15).

Per tant sembla que aquesta espècie pot jugar un paper fonamental en les noves hipòtesis sobre l'evolució del neognatostòmats. Resulta, doncs, rellevant datar amb precisió l'inici d'aquesta espècie, que incorpora la novetat evolutiva dels porus simples més enllà dels pètals. Amb aquesta nota es té constància que l'aparició és encara un poc més antiga: del Barremià superior.

Sobre el jaciment del mas de Borràs del Riu, on s'ha trobat l'exemplar estudiat d'*A. garciasanzi*, s'han publicat, fins ara, dos treballs. Un sobre dinàmica poblacional de l'equinid *Heteraster oblongus* (Brongniart, 1821) per Forner & Castany (2010) i un altre que estudia la troballa d'un decàpode, *Mithacites vectensis* Gould, 1859, per Ossó *et al.* (2015).

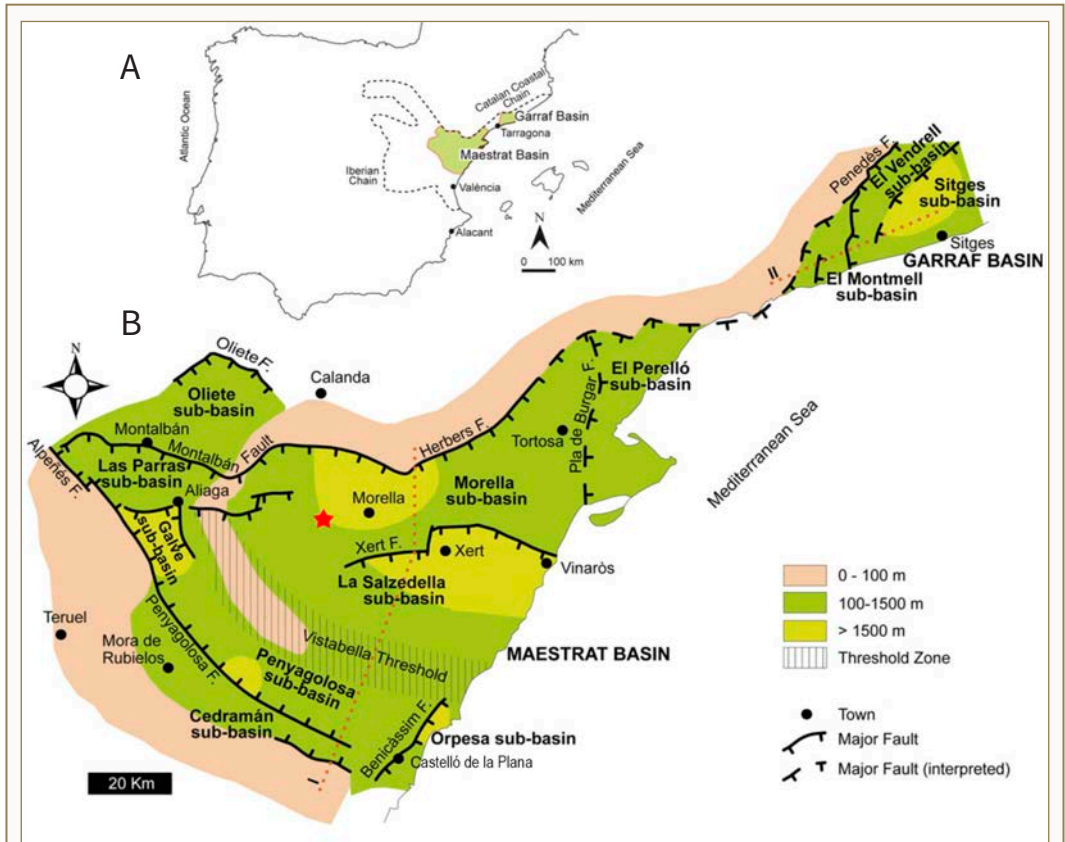


FIGURA 1. Localització del jaciments del mas de Borràs del Riu, Morella (conca del Maestrat). **A:** dins la península Ibèrica. **B:** situació dins la conca del Maestrat, pres de Salas *et al.*, 2019, modificat.

Outcrop location. **A:** within the Iberian Peninsula. **B:** within the Maestrat basin, taken from Salas *et al.*, 2019, modified.

Material i mètode

Marc geogràfic i geològic

El jaciment del mas de Borràs del Riu, està situat al terme de Morella, comarca dels Ports, al nord-oest del País Valencià (Fig. 1 B).

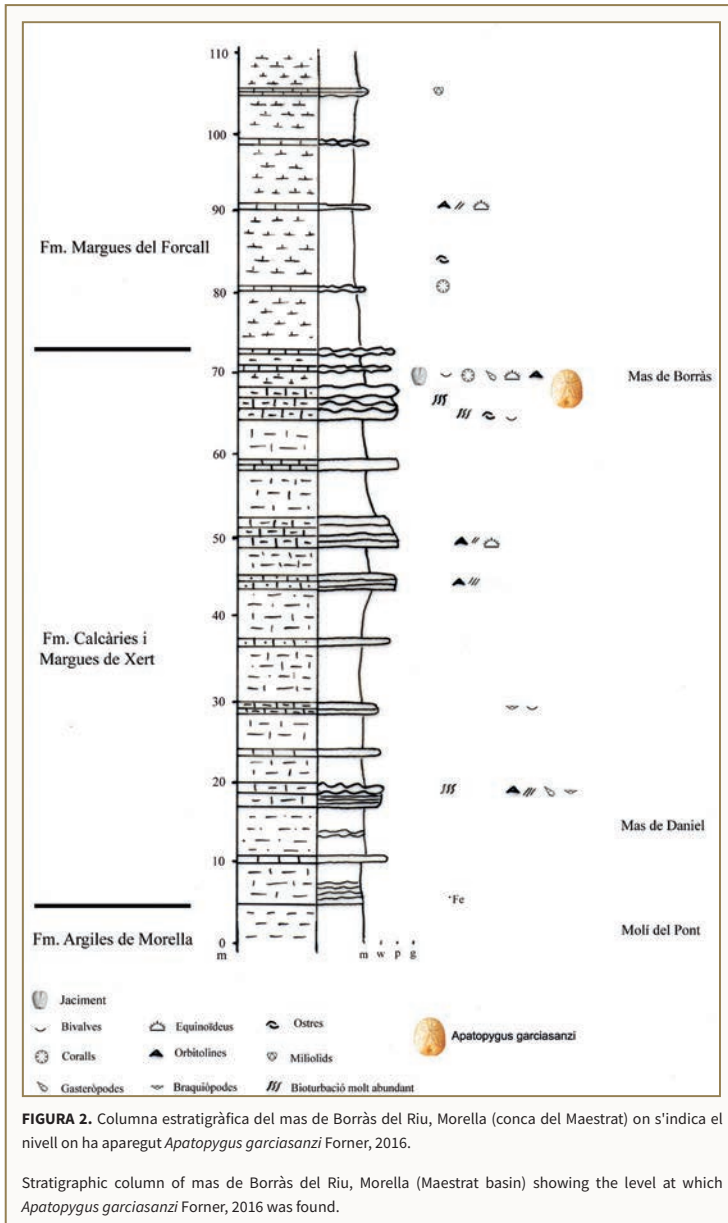
Des del punt de vista geològic, el jaciment està situat dins de la subconca de Morella (Fig. 1), que forma part

de la conca sedimentària del Maestrat (CM), descrita per Salas & Guimerà (1996, 1997); i revisada en temps recents per Salas *et al.* (2019). La CM ocupa la part més oriental de la serralada Ibèrica (Fig. 1 A), d'orientació dominant NO-SE i en el seu marge nord-est entra en contacte amb la serralada Costera Catalana, que és d'orientació NE-SO, espai d'intersecció entre les dues serralades que Guimerà (1984) va denominar "zona d'enllaç".

El nivell on ha aparegut el fòssil estudiat està inclòs a la part superior de la formació marina de les Calcàries i Margues de Xert (Fig. 2), que presenta alternança de margues, i calcàries. És molt característic, en camp, la ràpida successió de barres calcàries de poca potència (decimètrica o, com molt, mètrica). La formació va ser descrita per Canerot (1974) i Canerot *et al.* (1982). El jaciment s'assigna al Barremià, atès que, a la conca, el límit entre el Barremià i l'Aptià ha estat precisat (García *et al.*, 2014; Villanueva-Amadoz *et al.*, 2014) a la part inferior del membre margues de Cap de Vinyet, de la Formació Margues del Forcall, membre que és superior a la Fm Xert. L'edat absoluta de la Fm. Xert segons la datació per estronci $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ és de 124,94 (+0,59/-0,64) milions d'anys segons es desprèn del treball de Bover-Arnal *et al.* (2016).

Material

El nombre d'exemplars coneguts al món d'aquesta rara i important espècie en l'evolució del neognostòmats moderns és molts escàs. Només nou, fins ara. Un exemplar del Museu Geològic del Seminari de Barcelona (MGSB 78044) de l'Aptià



de Vinaròs (el Baix Maestrat), citat per Villalba (1991, 1993, 2003), Forner (2016a) i Pastó & Forner (2017); cinc exemplars del Museu de Geologia - Museu de Ciències Naturals de Barcelona (MGB), l'holotip amb el número MGB 74044 i els paratips MGB 74045 i MGB 74048; un

exemplar del Museu de la Universitat de València d'Història Natural (MUVHN) el paratip amb el número MGUV 3039, de l'Aptià de la conca del Maestrat (Forner, 2016a; Pastó & Forner, 2017); un exemplar procedent d'Allepuz (Terol) publicat per Saura & García (2014: 81)

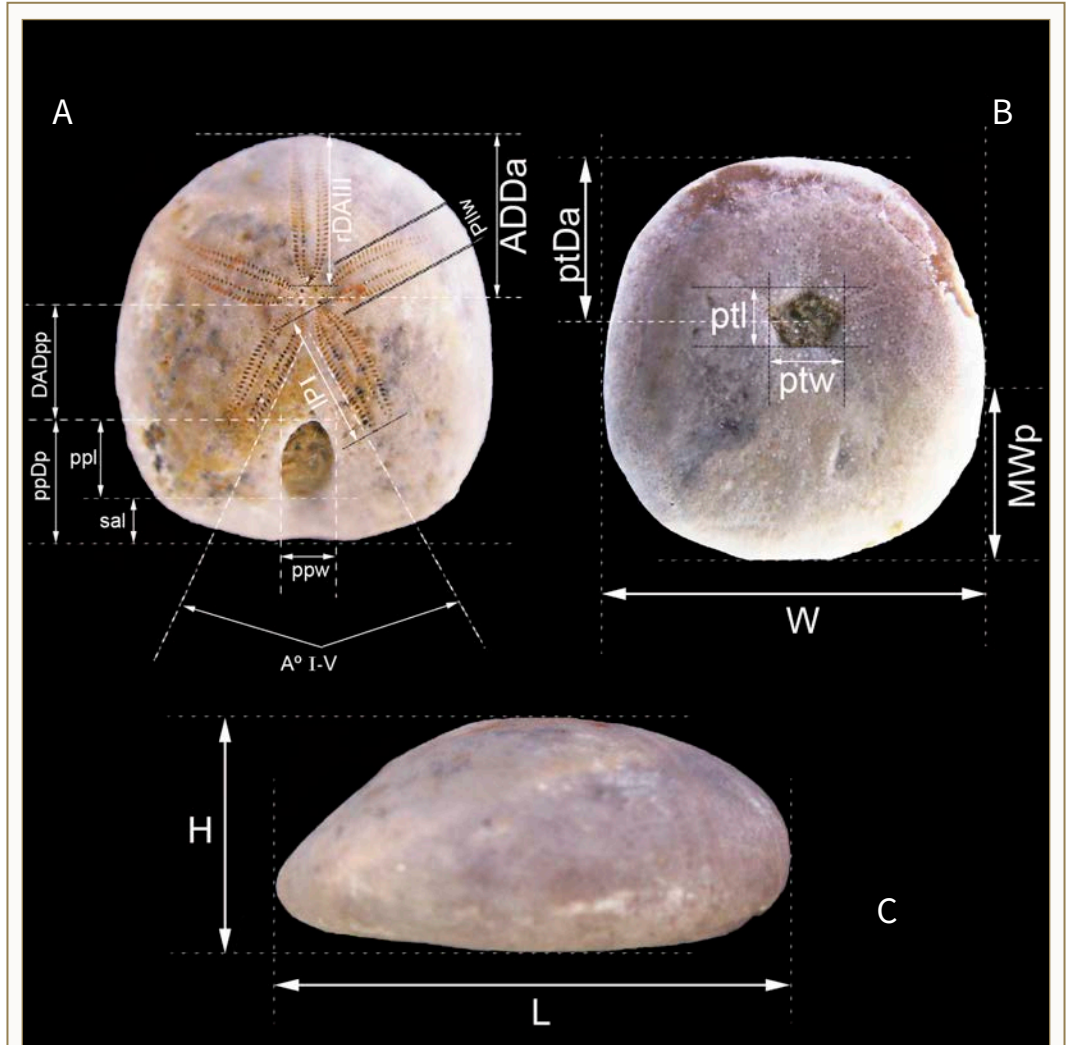


FIGURA 3. Mesures utilitzades en aquest estudi. L: longitud de la corona; W: amplada; H: alçada; MWp: màxima amplada respecte al marge posterior; IPI: longitud del pètal I; ppl: longitud del periprocte; ppw: amplada del periprocte; A° I-V: angle (en graus) que formen els pètals I i V; ptw: amplada del peristoma; ptl: longitud del peristoma; ADDa: distància del centre del sistema apical al marge anterior; rDAIII: distància radial de l'ambulacre III (des de l'apex a l'àmbit); PIIw: amplada màxima del pètal II; ppDp: distància des de l'inici del periprocte fins el marge posterior. DADpp: distància del sistema apical (gonòporus posteriors) al periprocte; ptDa: distància del centre del peristoma al marge anterior; sal: longitud del solc anal. Pres de Forner (2016b).

Dimensions used in this work. L: test length; W: width; H: height; MWp maximum width to the posterior border; IPI: petal I length; ppl: length periproct; ppw: width periproct; A° I-V angle of the petals I and V; ptw: peristome width; ptl: peristome length; ADDa: distance of the apical system centre to the anterior border; rDAIII: radial distance the ambulacrum III, of the apex to the ambitus; PIIw: maximum petal II width; ppDp: distance of the beginning of the periproct to the posterior border; DADpp: distance of apical system (posterior gonopores) to the periproct; ptDa: distance of the peristome centre to the anterior border; sal: anal sulcus length. Taken from Forner (2016b).

de la col·lecció de Joaquín Espilez (CJE), el millor, on s'aprecien les plaques basicoronals, una en cada interambulacre confrontada al peristoma i, potser, l'únic exemplar del qual es podria veure les línies de sutura de les plaques genitals i resoldre la qüestió de si l'espècie és monobasal o tetrabasal, però el propietari no ha autoritzat a fer-ne noves fotos; i un exemplar de la col·lecció de Quim Pastó (CQP), figurat en el treball de Pastó & Forner (2017), de l'Aptià de la subconca del Perelló. Ara cal afegir-hi, el desè, l'exemplar que motiva aquesta nota del Barremià superior de Morella (els Ports), de la col·lecció de Ximo Segura (CXS).

Mètode

En la sistemàtica, s'ha seguit a Kroh & Smith (2010) i s'ha consultat Kier (1962), el *Treatise on Invertebrate Paleontology* (Kier, 1966), i les bases de dades *The Echinoid Directory* (Smith & Kroh, 2023) i *World Echinoidea Database* (Kroh & Mooi, 2023). Pel que fa a la terminologia descriptiva i a l'orientació espacial dels exemplars, s'ha seguit allò que s'estableix, respectivament, als capítols corresponents del *Treatise* (Melville & Durham, 1966; Durham & Wagner, 1966) i de la *Història Natural dels Països Catalans* (Gallemí, 1988) per als termes en català. En els topònims, s'ha seguit l'Acadèmia Valenciana de la Llengua (2023). Els dibuixos s'han fet copiant ampliacions fotogràfiques amb una caixa de llum Huion model L4S. Les mesures, que es donen en mm, s'han pres amb un peu de rei digital, arrodonint-se a dècimes de mil·límetre. Els angles amb un transportador d'angles digital *Powerfix* i es donen en graus sexagesimals. Les mesures s'han pres com s'indica en la Fig. 3, seguint les utilitzades per Forner (2016b).

Resultats

Sistemàtica paleontològica

- Filum ECHINODERMATA Klein, 1778
- Subfilum ECHINOZOA Haeckel in Zittel, 1895
- Classe ECHINOIDEA Leske, 1778
- Subclasse EUECHINOIDEA Bronn, 1860
- Infraclasse IRREGULARIA Latreille, 1825
- Subterclasse NEOGNATHOSTOMATA Smith, 1981
- Família APATOPYGIDAE Kier, 1962
- Gènere *Apatopygus* Hawkins, 1920
- Espècie tipus *Nucleolites recens* Milne Edwards, 1836 per designació original
- Apatopygus? garciasanzi* Forner, 2016

Figs. 4-5.

- 1991 *Nucleolites roberti* A. Gras; Villalba: 279.
- 1993 *Nucleolites roberti* A. Gras; Villalba: 239.
- 2003 *Nucleolites roberti* A. Gras; Villalba: 106.
- 2014 *Nucleolites roberti* A. Gras; Saura & García: 80, lám. 12 1a, 1b i 1c.
- 2016 *Apatopygus? garciasanzi* Forner: 27, fig. 4-10.
- 2017 *Apatopygus? garciasanzi* Forner; Pastó & Forner: 87, figs., 3 i 4.

Per la diagnòsi i descripció, vegeu Forner (2016)

Holotip. està dipositat al Museu de Geologia - Museu de Ciències Naturals de Barcelona (MGB) amb el número de registre MGB 74044.

Localitat tipus. Vinaròs (el Baix Maestrat).

Raó del nom. està dedicat al paleontòleg vinarosenc Manuel Domingo García Sanz.

Estrat tipus. Aptià inferior.

Distribució estratigràfica. fins ara només l'Aptià inferior, des de la part inferior del membre cap de Vinyet (MMF), fins la base de la Fm. Villarroja de lo Pinars. Amb la troballa d'aquest exemplar s'eixampla per la part inferior a la part superior de la Fm. Xert, inequívocament del Barremià. Ara, doncs: Barremià superior - Aptià inferior.

Distribució geogràfica. Aptià de Vinaròs (Villalba, 1991, 1993, 2003; Forner, 2016a). Saura & García (2014) documenten un exemplar de l'Aptià d'Allepuz (Terol). Forner (2016a) registra l'espècie a l'Aptià inferior del Forcall i Morella. Pastó & Forner (2017) reporten l'espècie al Perelló. I aquest treball constata un nou jaciment de l'extens terme municipal de Morella, el mas de Borràs del Riu, on es presenta en el Barremià superior.

Mesures. Les mesures de l'exemplar estudiat (CXS) es recullen a la Taula 1 i es comparen amb les dades de la treball original on es va descriure l'espècie (Forner, 2016a). Les dimensions de l'exemplar encaixen perfectament amb les dades de què es disposava. O bé estan entre el interval o bé modifiquen lleugerament la variabilitat interespecífica d'una mostra reduïda.

Fauna d'acompanyament. L'espècie dominant en biomassa del jaciment, amb molta diferència sobre la resta, és l'equínid *Heteraster oblongus* (Brongniart, 1821). Entre els equínids també apareixen però són molt rars *Leptosalenia prestensis*, Desor, 1856, *Pygaulus desmoulinsii* L. Agassiz in Agassiz & Desor, 1847 i una espècie que no s'ha pogut classificar, del gènere *Tetragramma* Agassiz, 1838, de dimensions menudes. Forner & Castany (2010)

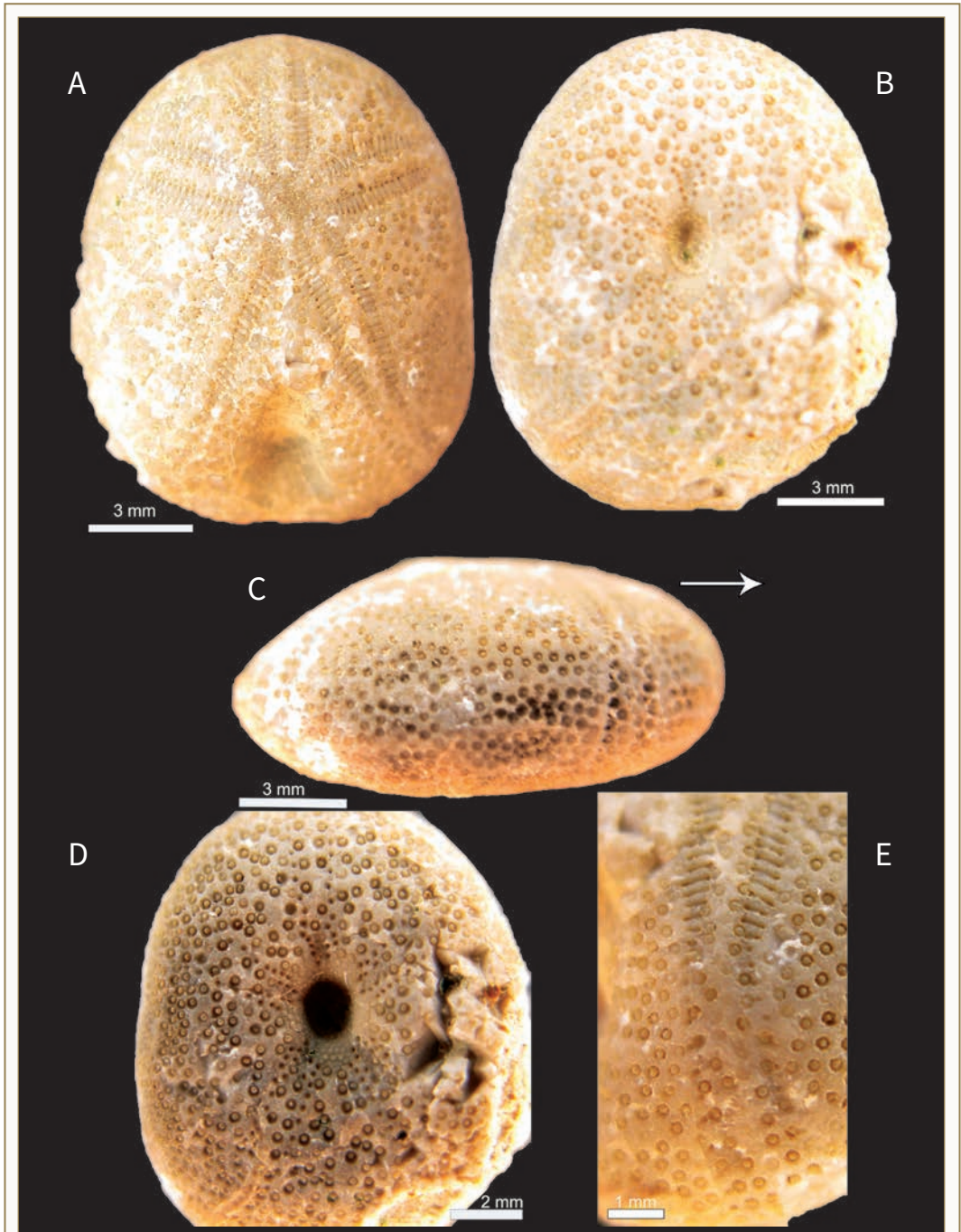


FIGURA 4. *Apatopygus garciasanzi* Forner, 2016 del Barremià de Morella (conca del Maestrat). CXS, **A:** vista apical; **B:** vista oral; **C:** vista lateral, la fletxa indica la part anterior; **D:** detall del peristoma i els fil·lodes; **E:** detall del final del pètal I.

Apatopygus garciasanzi Forner, 2016 from the Barremian of Morella (Maestrat basin). CXS, **A:** apical view; **B:** oral view; **C:** lateral view, the arrow indicates the anterior part; **D:** detail of peristome and phyllodes. **E:** detail of the end of petal I.

Mesures Dimensions	CXS	Holotip Holotype	Mitjana Mean	SD	Màxim Maximum	Mínim Minimum	n
L	15,5	14,20	14,58	2,99	18,00	10,90	6
W	12,9	11,80	11,97	2,13	14,20	9,00	6
H	6,9	6,10	6,77	1,38	9,10	5,40	6
MWp	6,3	4,70	5,17	1,04	6,70	4,00	6
W/L	0,83	0,83	0,82	0,04	0,88	0,76	6
H/L	0,45	0,43	0,47	0,04	0,51	0,41	6
MWp/L	0,41	0,33	0,36	0,02	0,39	0,33	6
LPI	6,3	5,90	5,60	1,31	7,20	4,00	6
LPII	5,2	4,60	4,62	0,90	5,70	3,50	6
LPIII	5,9	3,80	4,30	0,77	5,50	3,60	5
ppl	3,3	3,30	3,77	0,98	5,10	2,50	6
ppw	2,2	2,10	2,28	0,57	2,90	1,50	6
A ^e I-V	44 ^e	57 ^e	51,17	4,17	57 ^e	47 ^e	6
ptw	2,1	2,00	2,06	0,62	2,90	1,30	5
ptl	2,8	2,40	2,44	0,61	3,30	1,70	5
ppw/ppl	0,67	0,64	0,61	0,03	0,65	0,57	6
ppl/L	0,21	0,23	0,26	0,04	0,32	0,23	6
ptw/ptl	0,75	0,83	0,84	0,05	0,89	0,76	5
ptl/L	0,18	0,17	0,14	0,07	0,21	0,00	6
ADDa	6,4	5,80	5,68	1,33	7,60	3,90	6
ADDa/L	0,41	0,41	0,39	0,03	0,42	0,36	6
rDAI	10,2	8,70	9,12	1,77	11,70	7,10	6
rDAII	7,4	6,30	6,32	0,78	7,20	5,40	6
rDAIII	7,1	5,20	5,80	0,85	6,80	4,80	6
LPI / rDAI	0,62	0,68	0,61	0,05	0,68	0,56	6
LPII / rDAII	0,70	0,73	0,73	0,05	0,79	0,65	6
LPIII / rDAIII	0,83	0,73	0,73	0,06	0,81	0,68	5
ppDp	5,5	4,80	5,62	1,19	6,80	3,90	6
DADpp	5,6	4,70	4,72	1,31	6,40	3,30	6
ptDa	7,1	7,00	7,22	1,68	9,10	5,20	6
ptDa/L	0,46	0,49	0,49	0,02	0,52	0,48	6
sal	3,2	3,00	2,83	0,64	4,00	2,30	6
ppDp/L	0,35	0,34	0,39	0,04	0,45	0,34	6
DADpp/L	0,36	0,33	0,32	0,03	0,36	0,28	6

TAULA 1. Mesures en mm d'*Apatopygus garciasanzi* Forner, 2016 del Barremià de Morella (conca del Maestrat). Vegeu Fig. 4 per entendre les mesures. CXS, exemplar estudiat en aquest treball, la resta preses de Forner (2016a).

Dimensions in mm of *Apatopygus garciasanzi* Forner, 2016 from the Barremian of Morella (Maestrat Basin). Refer to figure 4 for an understanding of the dimensions. CXS, specimen studied in this work, the rest taken from Forner (2016a).

indicaven que dins la mostra de la comunitat, en nombre d'exemplars, els equinoïdeus representen el 34 % del total.

El filum més important, tant en nombre d'espècies com d'exemplars, és Mollusca, amb el 53% del total, amb el predomini de la classe Gastropoda amb l'espècie molt abundant, *Aporrhais simplex* Coquand, 1865, gasteròpode carnívor d'hàbits endobentònics (Forner & Castany, 2010). Els bivalves més freqüents són *Ceratostreon tuberculiferum* Koch & Dunker, 1837, ostreïd que es fixa sempre sobre conquilles, i *Neithea atava* (Roemer, 1839). És freqüent la presència del corall solitari *Cycloseris escosurae* Mallada, 1887, del qual s'ha comprovat pel contramotlle de la valva inferior, que sempre se cimenta sobre conquilles.

Discussió

Per la fauna d'acompanyament es pot deduir que l'exemplar estudiat de *A. garciasanzi*, vivia en un medi plenament marí, de salinitat normal, per la gran abundància d'equinids; de poca fondària, per la presència de coralls; de substrat fangós, tant perquè el major nombre d'individus són endobentònics, com perquè l'espècie dominant, en biomassa, l'*H. oblongus* és detritívor, i també perquè les espècies que es fixen sobre els substrat (*C. tuberculiferum* i *C. escosurae*) ho fan sempre sobre conquilles, no hi ha cap exemplar que se cimenta sobre substrat dur, roques, que no hi deuen ser. Encara es podria afegir, atesa l'abundant comunitat de detritívors, que ha d'haver-hi una aportació important i regular de nutrients, és a dir, que l'ecosistema no ha

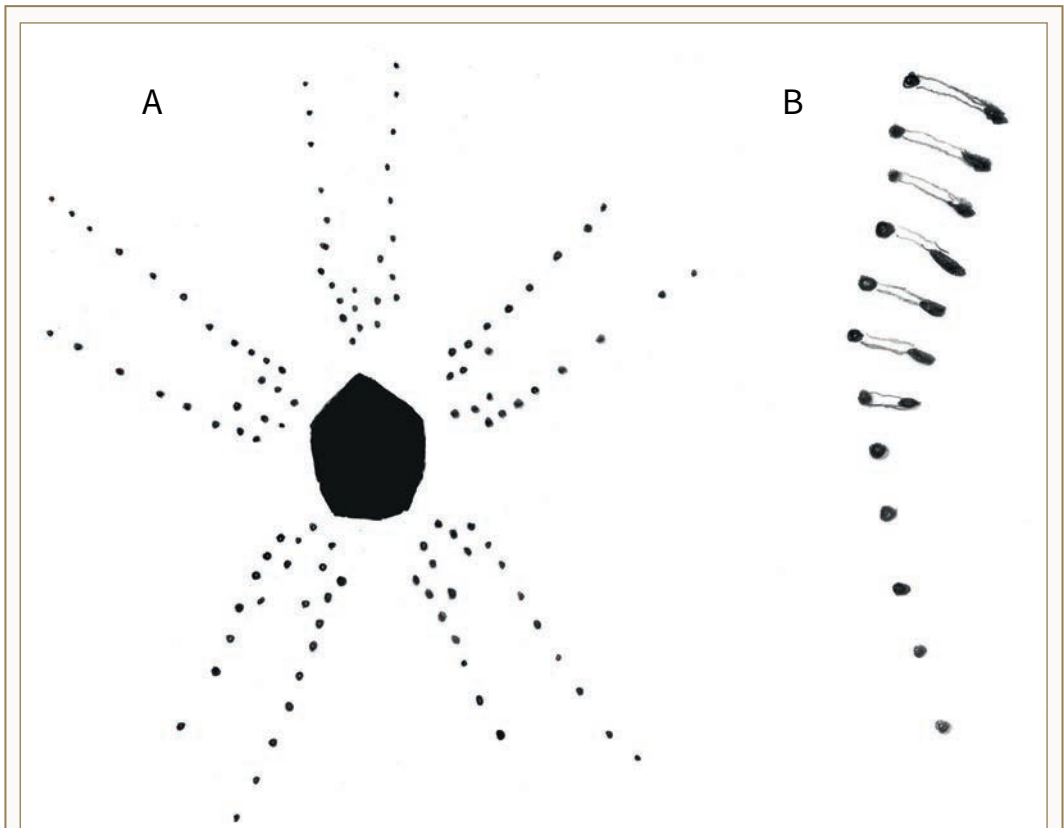


FIGURA 5. *Apatopygus garciasanzi* Forner, 2016 del Barremià de Morella (conca del Maestrat). CXS, **A:** dibuix del peristoma i els fíl·lodes; **B:** dibuix del final del pètal I.

Apatopygus garciasanzi Forner, 2016 from the Barremian de Morella (Maestrat basin). CXS, **A:** drawing of peristome and phyllodes; **B:** drawing of the end of petal I.

de ser lluny del continent i prop d'un riu o delta que descarrega un sediment ric en matèria orgànica amb certa regularitat.

L'exemplar confirma la pèrdua d'un porus més enllà dels pètals (Figs. 4E, 5B) i que aquell que es perd és el de la columna externa, l'allargat. El porus ambulacral que roman és el de la columna interna, el menut arrodonit, que just en el punt on acaba el pètal i desapareix el seu company, gira la sèrie cap enfora (Fig. 5B).

El peristoma de forma pentagonal, més alta que ampla, no disposa de porus bucals. Els fíl·lodes estan compostos de porus simples, amb dues sèries en cada mig interambulacre, però la columna interior només disposa de tres porus (Figs. 4D, 5B).

La troballa constata que encara és més antiga l'aparició del caràcter modern de la pèrdua d'un porus ambulacral, més enllà dels pètals, en el neognatostòmats: de finals del Barremià. 25 milions d'anys abans del que es coneixia (Kier, 1962), un milió més respecte el que estimava Forner (2016a) i Pastó & Forner (2017).

L'exemplar, però, no serveix per dilucidar, atès que no es poden veure les línies de sutura de les plaques, si s'han fusionat les quatre genitals i per tant caldria assignar-lo definitivament al gènere *Apatopygus*, al temps que contradiria el tercer principi de Kier (1962): l'absència de cap espècie amb un sistema apical mono-basal abans del Senonià (89,3 m.a.). O, per contra, si encara romanen separades les quatre plaques genitals i caldria, aleshores, descriure un gènere nou per incloure aquesta espècie. En tot cas, molt probablement, amb les dades de què es disposen avui, *A. garciasanzi* seria l'avantpassat de tots el neognatostòmats moderns.

Agraïments

Als propietaris del mas de Borràs del Riu, la família Borràs-Ferrer, especialment a Noemí Meseguer Ferrer, per les facilitats per accedir a la finca.

Bibliografia

Acadèmia Valenciana de la Llengua. (2023, 2 de maig). Corpus toponímic. <http://www.avl.gva.es>.

Bover-Arnal, T., Moreno-Bedmar, J. A., Frijia, G., Pasqual-Cebrian, E. & Salas, R. (2016). Chronostratigraphy of the Barremian-Early Albian of the Maestrat Basin (Iberian Peninsula): integrated strontium-isotope stratigraphy and ammonoid biostratigraphy. *Newsletters on Stratigraphy*, vol. 49, 1, 41-68.

Canérot, J. (1974). Recherches géologiques aux confins des chaînes Iberiques et Catalane (Espagne). [Tesis doctoral] Universitat Paul Sabatier, Toulouse.

Canerot, J., Cugny, P., Pardo, G., Salas, R. & Villena, J. (1982). Ibérica Central-Maestrazgo. In A. García (Ed.). *El Cretácico de España* (pp. 273-344). Editorial de la Universidad Complutense de Madrid.

Durham, J. W. & Wagner, C. D. (1966). Glossary of morphological terms applied to echinoids. In R. C. Moore (Ed.). *Treatise on invertebrate paleontology, Part U, Echinodermata 3* (pp. U251-U256). The Geological Society of America and University of Kansas.

Forner, E. (2016a). *Apatopygus garciai* sp. nov. (Echinoidea) de l'Aptià de la conca del Maestrat. *Butlletí del Centre d'Estudis del Maestrat*, 96, 22-45.

Forner, E. (2016b). Els neognatostòmats (Echinodermata: Echinoidea) de la formació Artoles del Barremià de la conca del Maestrat. *Nemus*, 6, 35-60.

Forner, E. (2021). Fósiles longevos, efímeras interpretaciones. In A. García-Forner, N. Conejero-Ortega, Y. Diaz-Hacha & A. Baratas (Eds.). *Libro de resúmenes de la XXIV bienal del Real Sociedad Española de Historia Natural* (pp. 210-212). RSEHN.

Forner, E. & Castany, J. (2010). Dinàmica poblacional d'*Heteraster oblongus* (Brongniart, 1821) (Echinoidea, Spatangoida, Toxasteridae) de l'Aptià de la conca del Maestrat (País Valencià, Mediterrània occidental). *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 53, 71-84.

Galleni, J. (1988). Els Equinoderms. En R. Folch i Guillèn (Ed.). *Història natural dels Països Catalans, Vol. 15, Registre fòssil* (pp. 357-380). Fundació Enciclopèdia Catalana.

García, R., Moreno-Bedmar, J. A., Bover-Arnal, T., Company, M., Salas, R., Latil, J. L., Martín-Marín, J. D., Gomez-Rivas, E., Bulot, L. G., Delanoy, G., Martínez, R & Grauges, A. (2014). Lower Cretaceous (Hauterivian-Albian) ammonite biostratigraphy in the Maestrat Basin (E Spain). *Journal of Iberian Geology*, 40 (1), 99-112.

Guimerà, J. (1984). Paleogene evolution of deformation in north eastern Iberian Peninsula. *Geological Magazine*, 121, 413-420.

Kier, P. M. (1962). Revision of the cassiduloid echinoids. *Smithsonian Miscellaneous Collections*, 144(3), 1-262.

Kier, P. M. (1966). Cassiduloids. En R. C. Moore (ed.). *Treatise on Invertebrate Paleontology Part U, Echinodermata 3, vol. 2* (pp. U492-U523). The Geological Society of America and the University of Kansas.

Kroh, A. & Mooi, R. (2023, 6 de juliol). World Echinoidea Database. *Apatopygus recens* (Milne Edwards, 1836). World Register of Marine Species <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=414232>.

Kroh, A. & Smith, A. B. (2010). The phylogeny and classification of post-Paleozoic echinoids. *Journal of Systematic Palaeontology*, Vol. 8 (2), 147-122.

- Melville, R. V. & Durham, J. W. (1966).** Skeletal morphology. En R. C. Moore (Ed.). *Treatise on invertebrate paleontology. Part U. Echino-dermata 3. Vol. 1* (pp. U220-U257). The Geological Society of America and University of Kansas.
- Ossó, A., Castany, J., Gombau, E. & Forner, E. (2015).** Primera cita de *Mithracites vectensis* Gould, 1859 (Decapoda : Brachyura : Homoloida) a la península Ibèrica. *Nemus*, 5, 85-91.
- Pastó, J. & Forner, E. (2017).** Presència d'*Apatopygus garciasanzi* (Echinoidea) a l'Aptià de la subconca del Perelló. *Butlletí del Centre d'Estudis del Barcelonès Nord*, 30, 83-91.
- Salas, R. & Guimerà, J. (1996).** Rasgos estructurales principales de la cuenca cretácica inferior del Maestrazgo (Cordillera Ibérica oriental). *Geogaceta*, 20 (7), 1.704-1.706.
- Salas, R. & Guimerà, J. (1997).** Estructura y estratigrafía secuencial de la cuenca del Maestrazgo durante la etapa de Rif Jurásica superior-Cretácica inferior (Cordillera Ibérica Oriental). *Boletín Geológico y Minero*, 108 (4-5), 393-402.
- Salas, R., Guimerà, J., Bover-Arnal, T. & Nebot, M., (2019).** The Iberian-Catalan Linkage: The Maestrat and Garraf Basins. En J. Martín-Chivelet, J. López-Gómez, R. Aguado, C. Arias, J. Arribas, M. E. Arribas et al. *The Late Jurassic-Early Cretaceous Rifting*. En C. Quesada & J. T. Oliveira (Eds.). *The Geology of Iberia: A Geodynamic Approach. Volume 3: The Alpine Cycle* (pp. 60-63). Springer. [doi:https://doi.org/10.1007/978-3-030-11295-0](https://doi.org/10.1007/978-3-030-11295-0)
- Saura, M. & García, J. A. (2014).** *Neognathostomata II Cassiduloida-Echinolampadoidea. Nomochirus*, 5. Associació Paleontològica i Mineralògica d'Onda.
- Smith A.B. & Kroh, A. (2023, 17 de juny).** The echinoid directory. Natural History Museum. <http://www.nhm.ac.uk/our-science/data/echinoid-directory/>.
- Villalba, M. P. (1993).** *Revisión de los equínidos del Cretácico Inferior y Medio Español* [Tesi doctoral]. Facsímil autoritzat i reproduït pel Servei de Reprografia de la Editorial de la Universitat Complutense de Madrid en 1993. Universitat Complutense de Madrid. <http://biblioteca.ucm.es/tesis/19911996/X/4/X4005601.pdf>
- Villalba, M. P. (2003).** Los equinidos irregulares de la provincia de Castellón. *Nemus*, 1, 93-156.
- Villanueva-Amadoz, U., Santisteban, C. & Santos-Cubedo, A., (2014).** Age determination of the Arcillas de Morella Formation (Maestrazgo Basin, Spain). *Historical Biology: An International Journal of Paleobiology*, 27: 3-4, 389-397. <http://dx.doi.org/10.1080/08912963.2013.874422>