

Sobre un exemplar d'*Heteraster oblongus* (Echinoidea) amb un nombre anormal de gonoporus del Barremià de la conca del Maestrat

Enric Forner i Valls^{1,*}, Vicent Gual i Ortí¹, Joaquín Segura Collado¹ & Emili Gombau i Valanzuela¹

1. Ateneu de Natura. Castelló de la Plana, Espanya.

Enric Forner i Valls  <https://orcid.org/0000-0002-9367-1318>

* La correspondència referent a aquesta article s'ha d'adreçar a Enric Forner i Valls c/ Sant Roc, 125 3r. 5a. 12004 Castelló de la Plana.
Correu electrònic: fornervalls@gmail.com

Es dona a conèixer una alteració congènita d'un equínid fòssil de l'espècie *Heteraster oblongus* (Brongniart, 1821) que no s'havia descrit mai. La malformació consisteix que presenta un nombre anormal de gonoporus, que es descriu i figura amb el màxim detall. El fòssil estudiat es compara amb un exemplar normal de la mateixa població del jaciment. Per poder datar amb precisió l'exemplar, i atesa la informació inexacta continguda en la cartografia de l'Institut Geològic i Miner d'Espanya de la zona de la troballa, s'ha procedit a aixecar una columna estratigràfica i caracteritzar per la fauna present les diverses formacions de la zona del jaciment del mas de Borràs del Cubilà (Morella; els Ports), dins la conca sedimentària del Maestrat. El material amb aquesta malformació singular és només un exemplar que es diposita al Museu de la Universitat de València d'Història Natural (MUVHN). El fòssil s'ha trobat a la part basal de la formació Calcàries i margues de Xert, d'edat Barremià superior.

Es proposa la correcció d'una part menuda del mapa geològic, la fulla 545 de Morella (Institut Geològic Miner d'Espanya, 2003) i s'indica la necessària actualització de la memòria, atenent als estudis recents, la datació de les formacions Argiles de Morella i Calcàries i margues de Xert no s'han de considerar ja de l'Aptià, sinó del Barremià. S'ha considerat que la malformació de l'exemplar estudiat no es deu a causes externes (paràsits o agressions) sinó que es generada de forma congènita i que, aparentment, segueix un procés que hem anomenat, a manca d'altre terme, de gemmació perquè la duplicació del gonoporus pareix seguir un procés que ha quedat representat en el fòssil i s'observa de forma progressiva els quatre gonoporus seguint el sentit antihorari a partir del gonoporus 2.

Mots clau: Spatangoida, teratologia, exemplars anormals, malformació, gonoporus, Barremià, formació Xert, conca del Maestrat.

On a specimen of *Heteraster oblongus* (Echinoidea) with an abnormal number of gonopores from the Barremian of the Maestrat basin

This paper brings to light a congenital alteration of a fossil echinoid of the species *Heteraster oblongus* (Brongniart, 1821), which has never before been described. The malformation is manifested in an abnormal number of gonopores, which are described and figured in maximum detail. This fossil is compared with a normal specimen from the same population at the site. In order to accurately date the specimen and given the inaccurate information contained in the map of the Geological and Mining Institute of Spain of the area of the find, a stratigraphic column has been erected, characterized by the fauna present, of several formations in the area of the Mas de Borràs del Cubilà site (Morella; els Ports), within the Maestrat sedimentary basin. The specimen with this unique malformation is the only one deposited in the Museum of the University of Valencia of Natural History (MUVHN).

The correction of a small part of the geological map is proposed, sheet 545 of Morella (Geological and Mining Institute of Spain, 2003), and the necessary update of the report is indicated. According to recent studies, the dating of the Morella Clays and Xert Limestones and Marls formations should no longer be considered Aptian, but Barremian. It has been considered that the malformation of the specimen studied is not due to external causes (parasites or aggression) but that it is generated congenitally and apparently follows a process that we have called,

for lack of another term, “budding” because the duplication of the gonopore seems to follow a process that has been represented in the fossil by observing the four gonopores in a progressive way following the anti-clockwise direction from gonopore 2.

Keywords: Spatangoida, teratology, abnormal specimens, malformation, gonopores, Barremian, Xert formation, Maestrat basin.

L'evolució actua sobre la diversitat disponible i selecciona, en ocasions, algun caràcter que no era el més freqüent, afavorint-lo, davant canvis ambientals. La varietat ha d'existir prèviament. Les fonts de diversitat de genotipus més importants en la població d'una espècie són la recombinació sexual (i els seus accidents; tant en la meiosi com en la fecundació) i les mutacions. Com més diversitat presenta una espècie, en principi, més possibilitats deu tenir de superar un canvi sobtat del medi, d'adaptar-se, perquè la selecció té més opcions per potenciar uns trets minoritaris que esdevenen ara més eficients per la vida amb les noves condicions ambientals. Amb el solatge que deixa aquesta reflexió, “l'anormalitat”, i més quan ha permès arribar a adult i reproduir-se, no s'hauria de considerar, sempre, com un aspecte negatiu.

Els estudis específics sobre teratologia d'equínids no són freqüents (Gauthier, 1884; Capeder, 1907; Saura, 2007; Forner *et al.*, 2016). De tant en tant, però, en algun estudi més general es fa esment o es figura algun exemplar de l'espècie que s'està estudiant que presenta alguna anormalitat (com ara Jackson, 1927; Villalba, 1993: làm. 23, figs. 6-8; Villalba, 2003: 152, làm. 4, fig.4). Normalment, però, tant en uns com en altres treballs no s'aprofundeix ni en les particularitats concretes de la deformació ni altres aspectes com la incidència i conseqüències d'aquestes anormalitats. En comptades ocasions (Ceranka, 2007; Forner *et al.*, 2016; Forner, 2022) hi ha acurades descripcions de les malformacions i com aquestes afecten al pla general de l'espècie i com s'interpreten dins les teories generals, com la del rol de les plaques oculars (OPR: *ocular plate rule*, en terminologia anglosaxona) i la EAT, teoria extraaxial-axial (David & Mooi, 1996, 1999; Mooi & David, 1997; David *et al.*, 2000). Aquesta nota té intenció d'incrementar la minsa llista de publicacions sobre la matèria amb un cas del Cretaci Inferior

Per altra banda, *Heteraster oblongus* (Brongniart, 1821), que és l'espècie tipus del gènere, és ben coneguda

i se n'han fet treballs quantitius o específics (Devries, 1954; David *et al.*, 1989), i s'ha tractat, en treballs generals sobre el gènere *Heteraster* (Devries, 1955; Villier & David, 2001, Villier 2001). Dins de la mateixa conca del Maestrat s'ha estudiat per Forner & Castany, 2010. És amb molta diferència l'equínid fòssil més abundant de la conca i, potser per això, l'únic equinoideu fòssil que té nom popular a la contrada: “corets”, pel seu contorn amb forma de cor.

Del jaciment concret del mas de Borràs del Cubilà no es coneix cap treball previ.

Material i mètodes

Marc geogràfic i geològic

L'exemplar estudiat s'ha trobat al mas de Borràs del Cubilà (Fig. 1), dins del terme municipal de Morella (els Ports), al nord-oest del País Valencià, just al cim d'un petit turó. El lloc on ha aparegut hi ha escassa diversitat d'espècies, pràcticament tots els fòssils són *H. oblongus*.

La zona de la troballa forma part de la subconca de Morella (Fig. 1B), de la conca sedimentària del Maestrat definida per Salas & Guimerà, (1996, 1997); i revisada en temps recents per Salas *et al.* (2019). Aquesta zona on s'ha trobat l'exemplar estudiat està inclosa a la part inferior de la formació marina de les Calcàries i margues de Xert (Fig. 2), 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 delimitat (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). Tot i que segons la nova datació de la International Commission on Stratigraphy (2022), es fixa el límit entre Barremià i Aptià a 121,4 milions d'anys.

Cal anotar que la fulla de Morella, la núm. 545 de la cartografia geològica del IGME (2003), conté una errada tot just a la zona on s’ha trobat l’exemplar estudiat, el cim del turó del mas de Borràs del Cubilà (Fig. 1C). L’IGME (2003) cartografia la zona del jaciment com C₁₃₋₁₄’, estariem, doncs, a la Fm. Artoles. És cert que la formació Artoles està ben representada a la fulla 545, a la part nord-est del jaciment, en una àmplia taca (Fig. 1C), just a la zona boscosa a tramuntana del camí (Fig. 1D), cosa que s’ha pogut constatar, també, per la fauna d’equínids, car s’ha registrat presència de *Pygorhynchus royo* (Lambert, 1935) i *Nucleolies usoi* Forner, 2016, exemplars mostrats per (J. J. Oliva Simó

i F. Ortega Coloma), espècies ben estudiades (Lambert, 1935; Forner et al., 2013; Forner, 2016). Aquesta última espècie va ser descrita en la part superior de la formació Artoles prop del contacte de la Fm. Morella al terme del Forcall (els Ports), i en un segon registre al turó del Carraixet a Morella (Forner et al., 2021), jaciments relativament pròxims a la zona estudiada. Però a la zona estudiada aquests nivells de la part final de la Fm. Artoles presenten un fort capbussament cap al sud. En conclusió, el cim del turó del mas de Borràs del Cubilà hauria d’estar cartografiat, amb la notació del IGME,

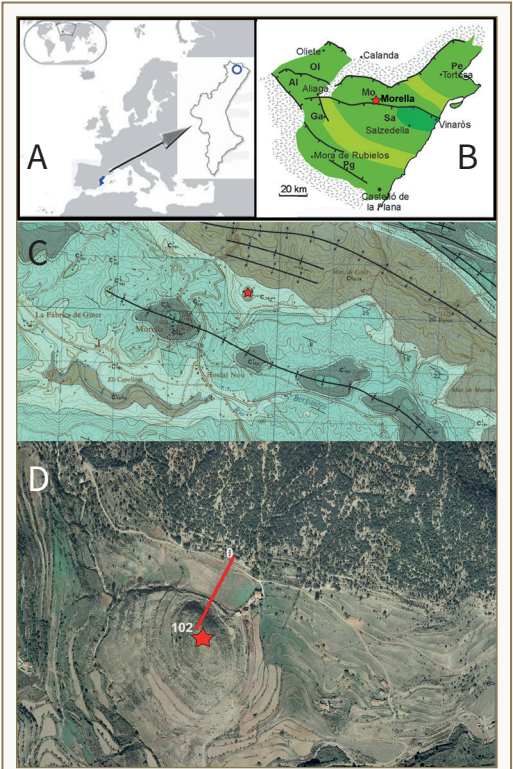


FIGURA 1. Localització del jaciment del mas de Borràs del Cubilà (Morella; els Ports). **A:** general. **B:** dins la conca sedimentària del Maestrat (Salas & Guimerà, 1996). **C:** dins del mapa geològic (IGME, 2003). **D:** dins fotografia aèria, la ratlla roja indica el traçat de la columna estratigràfica des de la cota 0 a la cota 102 m.

Location of the mas de Borràs del Cubilà site (Morella; les Ports). **A:** general. **B:** within the Maestrat sedimentary basin (Salas & Guimerà, 1996). **C:** within the geological map (IGME, 2003). **D:** in the aerial photograph, the red line indicates the trace of the stratigraphic column from level 0 to level 102 m.

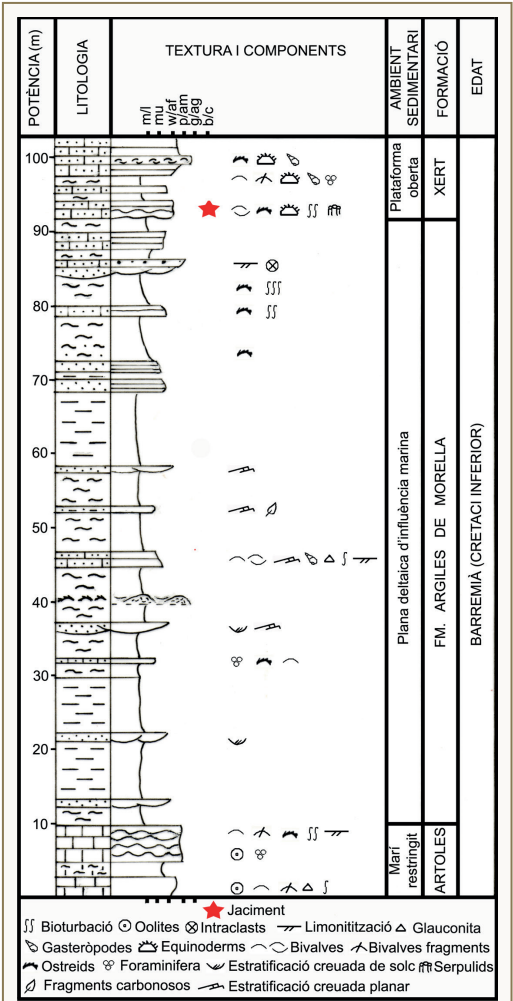


FIGURA 2. Columna estratigràfica del jaciment del mas de Borràs del Cubilà (Morella; els Ports).

Stratigraphic column of the Mas de Borràs del Cubilà site (Morella; els Ports).

com C¹m₁₅₁, (notació que compren la Fm. Xert i la part baixa de la Fm. del Forcall, el membre Cap de Vinyet, és a dir, tot el que queda entre la Fm Argiles de Morella (C¹₁₅₁) i la barra de Morella (C¹c₁₅₁), perquè ens trobem a la part inferior de la Fm. Xert, els primer nivells plenament marins que marquen la regressió marina.

També s'ha d'indicar que els treballs del IGME consideren aptianes les formacions Argiles de Morella i Xert, mentre que els treballs més recents (García et al., 2014; Villanueva-Amadoz et al., 2014), les donen com barremianes. Autors que van estudiar en profunditat la qüestió després que la troballa d'una ammonit per part de Lòpez (2007), confirmada per Moreno-Bedmar & García (2011) apuntava la pertinència de les Fms. Morella i Cervera al Barremià i no a l'Aptià. Com s'havia posat en dubte la certesa de l'edat aptiana també en diversos treballs (Calzada & Forner, 2009; Gombau & Forner, 2012), i originalment el mateix Canerot (1974) ja exposava la possibilitat que fora del Barremià la Fm. Morella.

S'ha aixecat una columna estratigràfica, pel l'últim autor, que arranca a la part superior de la Fm. Artoles, a l'altra banda del camí d'accés a la finca i, tallant els nivells, arriba al cim del turó del mas de Borràs del Cubilà. A la Fig. 1D s'ha marcat amb una ratlla roja entre la cota 0 i la 102, el recorregut de la columna estratigràfica que es pot veure a la Fig. 2.

Material

S'ha estudiat un únic exemplar, adult, de mesures normals per a l'espècie, que ha quedat abans de la recol·lecció llargament exposat a l'atmosfera i presenta erosió parcial pel contorn, de forma més clara a la part anterior i esquerra. La conservació de la zona apical, però, és excel·lent i sense requerir cap tractament s'aprecien de forma perfecta els gonoporus i els porus ambulacrals dels pètals. L'exemplar es disposa al Museu de la Universitat de València d'Història Natural (MUVHN) amb la sigla MGVN-40110.

Mètodes

En la sistemàtica, s'ha seguit Kroh & Smith (2010). Pel que fa a la terminologia descriptiva i a l'orientació espacial dels exemplars, s'ha seguit allò que estableix, respectivament, en els capítols corresponents del *Treatise on Invertebrate Paleontology* (Melville & Durham, 1966; Durham & Wagner, 1966) i de la Història Natural

dels Països Catalans (Gallemí, 1988) per als termes en català. El dibuix de la Fig. 3H s'ha fet amb el programa d'edició de fotografies Adobe Photoshop resseguint les línies de sutura de les plaques del sistema apical sobre una ampliació fotogràfica subjacent. Les fotos s'han fet amb un càmera fotogràfica digital Canon G9. El concepte d'anormalitat es restringeix en aquest treball, a les alteracions notables congènites (no malformacions o traumatismes sobrevinguts) en l'estructura i òrgans bàsics de l'exemplar afectat respecte als que presenten la majoria dels exemplars de l'espècie i que es poden apreciar en el fòssil conservat.

Per als topònims se segueix a l'Acadèmia Valenciana de la Llengua (AVL, 2023).

Resultats

Sistemàtica

Ordre SPATANGOIDA I. Agassiz, 1840

Família TOXASTERIDAE Lambert, 1920

Gènere *Heteraster* D'Orbigny, 1855

Espècie tipus *Spatangus oblongus* Brongniart, 1821 per designació original.

Heteraster oblongus (Brongniart, 1821)

Fig. 3.

Descripció de l'exemplar: L'exemplar estudiat presenta les característiques comunes a l'espècie. Contorn general allargat i perfil baix. Punt més alt coincidint amb el sistema apical, major amplada posterior. Ambulacre imparell (Fig. 3B) amb una alternança d'un porus curt i dos, tres o quatre llargs. Forta asimetria entre les branques anteriors i posteriors de tots els pètals parells (Fig. 3C-F). Les branques posteriors presenten uns parells de porus on el posterior és molt allargat, tres o quatre vegades més llargs que els anteriors que són ovalats, estan subconjungats; serien porus branquials amb funcions respiratòries (Smith, 1980; Villier & David, 2001). Mentre que a les branques anteriors la diferència entre cada parell de porus és menor, com a molt l'exterior és doble llarg que l'anterior. L'asimetria també és del nombre de plaques: les branques posteriors tenen entre unes quatre o vuit plaques més que les branques anteriors.

És remarcable que la heterogeneïtat tan manifesta en l'ambulacre anterior, parells de porus curts i llargs, també es pot apreciar, a escala més reduïda, a les

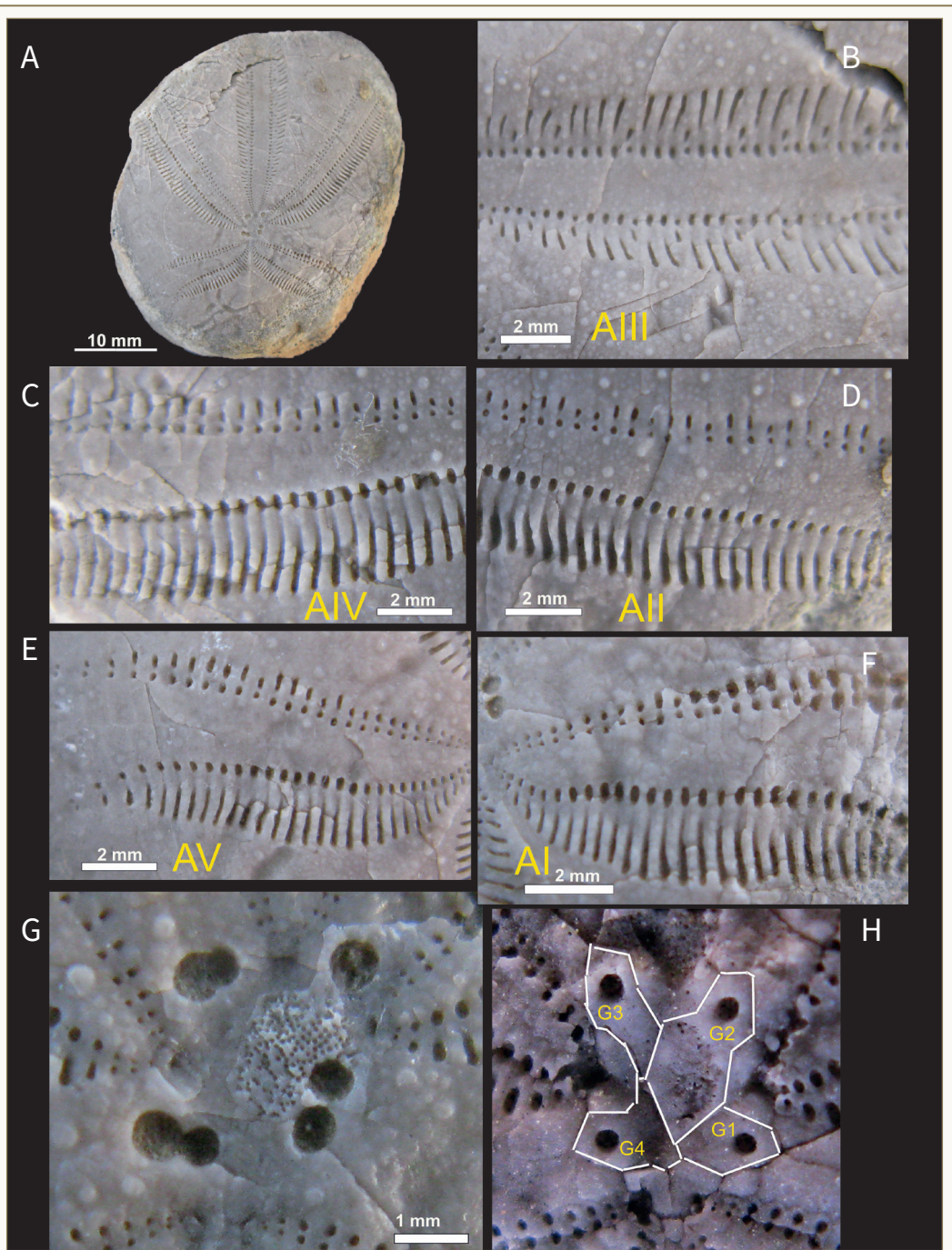


FIGURA 3. *Heteraster oblongus* (Brongniart, 1821) del Barremià de Morella. A-G exemplar MGUV-40110 **A:** vista apical. **B:** detall pètal ambulacre III. **C:** detall AIV. **D:** detall AII. **E:** detall AV. **F:** detall AI. **G:** sistema apical i gonoporus. **H:** gonoporus d'un exemplar normal del mateix jaciment.

Heteraster oblongus (Brongniart, 1821) from the Barremian of Morella. A-G specimen MGUV-40110. **A:** apical view. **B:** ambulacra petal detail III. **C:** AIV detail. **D:** AII detail. **E:** AV detail. **F:** AI detail. **G:** apical system and gonopore. **H:** gonopores of a normal specimen from the same site.

branques anteriors de tots els pètals parells (Fig. 3C-F).

Tanmateix, l'exemplar estudiat presenta l'anormalitat de tenir més gonoporus. *H. oblongus* té de forma característica 4 gonoporus, com bona part dels equínids exocíclics, perquè es considera que en la migració del periprocte des de la part central superior cap enrere es va perdre la placa genital 5 i el porus corresponent. Es mostra a la Fig. 3H un exemplar normal, al qual l'erosió permet veure l'arquitectura de les plaques del sistema apical. Aquest exemplar de comparació és de la mateixa població del exemplar estudiat, del cim del turó del mas de Borràs del Cubilà. Els quatre porus genitals se situen en els vèrtexs d'un imaginari paral·lelogram bastant regular, quasi un quadrat.

En l'exemplar estudiat (Fig. 3E) aquest quadrat imaginari està alterat i pren forma de rombe, el gonoporus de la placa madreporica (G2) està desplaçat lleugerament cap endavant i els G3 i G4, cap enrere. El tret més singular de l'individu analitzat és el procés de gemmació dels gonoporus. Seguint el sentit antihorari i considerant l'inici en el G2 s'aprecia un lleuger creixement del gonoporus al marge superior dret; en el G3 ja resulta evident la aparició d'un altre gonoporus; en el G4 el procés de gemmació està pròxim a completar-se, però encara estan units i, finalment, en el G1 ja hi ha dos gonoporus separats i ben definits; aquest gonoporus afegit, que anotem com G1', situat a la part superior de l'ordinari, envaïx la placa madreporica i afecta la zona d'hipoporus.

Discussió

Dins d'una densa comunitat de l'espatangoid *H. oblongus* que colonitza de forma molt eficient el nou ecosistema, en el pas d'una plana deltaica d'influència marina (formacions Argiles de Morella/Margues de Cervera) a una plataforma oberta (Fm. Xert), com es pot interpretar de la columna estratigràfica (Fig. 2), es descriu, per primera vegada, un exemplar anormal en el qual ha quedat enregistrat el procés de gemmació dels gonoporus, que ha acabat amb la duplicació completa i exempta del gonoporus de la placa genital 1. Amb la singularitat que el procés ha quedat, per dir-ho així, fossilitzat en les diverses fases a les altres plaques genitals, en la seqüència G2, G3 i G4; fins a arribar a la duplicat G1 i G1' (Fig. 3G). Se l'ha comparat amb un exemplar de característiques normals d'identíc nivell, del mateix jaciment (Fig. 3G-H).

A l'exemplar estudiat, s'aprecia bé a la branca anterior dels quatre pètals simètrics (Fig. 3C-F) la tendència a separar parells de porus curts i llargs. El mateix que passa a l'ambulacre asimètric (el III), encara que en aquest cas, en totes dues branques i a una escala molt major de diferència. En els pètals parells la diferència entre els porus ambulacrals externs llargs, de la branca anterior, respecte als externs curts és de 2 a 1; mentre que en el pètal III és de 4 a 1. Però la tendència a la heterogeneïtat, diagnòstica del gènere, existeix.

Com a conseqüència del treball de camp, la recollida de fauna ben coneguda i aixecar una columna estratigràfica, s'ha pogut constatar l'existència d'una errada parcial, per la qual cosa s'indica una correcció puntual de la fulla 545, Morella, del mapa 1:50.000, del geològic (IGME, 2003): la part superior del turó del mas de Borràs del Cubilà, que està marcada com C₁₃₋₁₄, hauria de figurar, segons la notació de l'IGME, com C₁₃₋₁₄^m, perquè correspon als primers nivells de la Fm. Xert, immediatament damunt de la Fm. Argiles de Morella. La taca de C₁₃₋₁₄ cartografiada (IGME, 2003), que equival a la Fm. Artoles, queda soterrada 100 metres de potència a sota, que a la zona capbussa forçament cap al sud, entre una i l'altra queda tot el paquet de la Fm. Argiles de Morella (Fig. 2). L'edat és Barremià superior.

Agraïments

A José Amela Giner, propietari del mas de Borràs del Cubilà, per les facilitats donades per fer les prospeccions i aixecar la columna estratigràfica. A Juan José Oliva Simó i Francisco Ortega Coloma, per comunicar i mostrar l'aparició d'uns equínids a la Fm. Artoles, en una zona propera al jaciment estudiat. A Carl Nugent, per la correcció dels textos en anglès. A Sandra Sales, per la correcció del text. Als revisors que han contribuït a millorar la redacció del text final.

Bibliografia

- Acadèmia Valenciana de la Llengua (AVL). (2023, 24 de desembre). Corpus toponímic. Internet: <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 (E Iberian Peninsula): integrated strontium-isotope stratigraphy and ammonoid biostratigraphy. *Newsletters on Stratigraphy*, vol. 49 (1), 41-68.
- Calzada, S. & Forner, E. (2009). Algunos gasterópodos cretácicos de Cervera del Maestrat. *Batalleria*, 14: 37-48.
- Canérot, J. (1974). *Recherches géologiques aux confins des chaînes Iberiques et Catalane (Espagne)*. [Tesi doctoral] Universitat de Toulouse.

- Canerot, J., Cugny, P. Pardo, G. Salas, R. & Villena, J. (1982).** 6. Ibèrica Central-Maestrazgo. En A. García (Ed.). *El Cretácico de España* (pp. 273-344). Editorial de la Universidad Complutense de Madrid.
- Capeder, G. (1907).** Sopra alcune forme teratologiche di Fibularidi del Miocene medio della Sardegna. *Rivista Italiana di Paleontologia*, 25, 495-534.
- Ceranka, T. (2007).** Symmetry disorders of the test of Miocene echinoid *Echinocyamus* from Poland. *Acta Paleontologica Polonica*, 52 (3), 503-518.
- Darwin, C. (1859).** *The origin of species by means of natural selection or the preservation of favoured races in the struggle for life*. John Murray.
- David, B., Fournier, D. & Godet, H. (1989).** Variations morphologiques chez *Heteraster oblongus* (Brongniart): exemple de l'Aptien inférieur de Chaetreuse (Isère, France). *Géologie Méditerranéenne*, XIV (4), 225-260.
- David, B., Lafevbre, B., Mooi, R & Parsley, R. (2000).** Are homalozoans echinoderms? An answer from the extraxial-axial theory. *Paleobiology*, 26, 529-555.
- David, B. & Mooi, R. (1996).** Embryology supports a new theory of skeletal homologies for the phylum Echinodermata. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris*, 319, 577-584.
- David, B. & Mooi, R. (1999).** Comprendre les échinodermes: la contribution du modèle extraxial-axial. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 170, 91-101.
- Devries, A. (1954).** Sur l'hétérogénéité des pores ambulacraires chez *Heteraster Oblongus* d'Orb. 1853 CR som. *Société Géologique de France*, 13, 343-346.
- Devries, A. (1955).** Note sur le genre *Heteraster*. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 6^e série, VI(4-6), 315-323.
- 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: U251-U256. The Geological Society of America and University of Kansas.
- Forner, E. (2016).** Els neogoniatostòmats (Echinodermata: Echinoidea) de la formació Artoles del Barremià de la conca del Maestrat. *Nemus*, 6, 35-60.
- Forner, E. (2022).** Picasso o la simetria, camins singulars de la natura: un *Pliotxaster* (Echinoidea) tetrambulacral. *Butlletí del Centre d'Estudis del Barcelonès Nord*, 33, 57-71.
- Forner, E. Barreda, F. & Segura, J. (2016).** Sobre alguns exemplars anormals de *Leptosalenia barredai* (Echinoidea) de l'Albià de Traiguera. *Nemus*, 6, 137-142.
- Forner, E. & Castany, J. (2010).** Dinàmica poblacional d'*Heteraster oblongus* (Brongniart, 1821) (Echinoidea, Spatangoida, Toxasteriidae) 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.
- Forner, E., Castany, J., Gual, V. & Saura, M. (2013).** Revisió de *Triopygus royo* Lambert, 1935, un equinoideu de l'Aptià de Cinto-rres (els Ports). *Nemus*, 3, 93-100.
- Forner, E. Gombau, E. & Segura, J. (2021).** Segon registre de *Nucleolites usoi* (Echinoidea) del Barremià de la conca del Maestrat. *Nemus*, 11, 205-213.
- Gallermí, J. 1988.** 9 Els Equinoderms. In R. Folch i Guillèn (Ed.) *Història natural dels Països Catalans*, Vol. 15, Registre fòssil: 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.
- Gauthier, V. (1884).** Sur quelques échinides monstrueux appartenant au genre *Hemiaster*. *Compte rendu de la 13e. session, Seconde partie, notes et mémoires*: 258-260. Association française pour l'avancement des sciences.
- Gombau, E. & Forner, E. (2012).** Precisions geològiques i paleoecològiques sobre el jaciment del Barranc de la Torre Folch (el Forcall, els Ports, Serralada Ibèrica). *Nemus*, 2, 41-45.
- International Commission on Stratigraphy, (2022).** Cohen, K. M., Finney, S. C., Gibbard, P. L. & Fan, J.-X. (2013; updated) The ICS International Chronostratigraphic Chart. Episodes 36: 199-204. Traducció al català coordinada per Xavier Berástegui Batalla. ICGC Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya. ChronostratChart2023-04Catalan (stratigraphy.org).
- IGME, Instituto Geológico y Minero de España. (2003).** *Mapa geológico de España E 1:50.000, 545 Morella*. 17pp. Servicio de publicaciones del ministerio de Industria.
- Jackson, R. T., (1927).** Studies of *Arbacia punctulata* and allies, and of nonpentamerous Echini. *Memoirs of the Boston Society of Natural History* (8), 435-565.
- Kroh, A. & Smith, A. B. (2010).** The phylogeny and classification of post-Paleozoic echinoids. *Journal of Systematic Palaeontology*, Vol. 8 (2), 147-122.
- Lambert, J. (1935).** Échinides crétacés d'Espagne II. Sur quelques échinides crétacés d'Espagne, communiqués par M. le prof. Royo y Gómez. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 35, 521-526.
- López, J. (2007).** Hallazgo de *Imerites giraudi giraudi*, ammonítido barrremiense, en las "arcillas de Morella". Consecuencias. *Batalleria*, 13, 53-56.
- Melville, R. V. & Durham, J. W. 1966.** Skeletal morphology. In R. C. Moore (Ed.) *Treatise on invertebrate paleontology. Part U. Echinodermata 3. Volume 1: U220-U257*. The Geological Society of America & University of Kansas.

- Mooi, R & David, B. (1997).** Skeletal homologues of echinoderms. *The Paleontological Society Papers*, 3, 305-350.
- Moreno-Bedmar, J.A. & García, R. (2011).** Análisis bioestratigráfico de los ammonioideos del Aptiense inferior (Cretácico Inferior) del Miembro Cap de Vineyet (Formación Margas de Forcall) de la subcuenca de Morella. Consideraciones sobre el límite Barremiense-Aptiense. En A. Pérez-García, F. Gascó, J. M. Gasulla, & F. Escaso (Eds.), *Viajando a Mundos Pretéritos*. Ajuntament de Morella.
- Salas, R. & Guimerà, J. (1996).** Rasgos estructurales principales de la cuenca cretácica inferior del Maestrazgo (Cordillera Ibérica oriental). *Geogaceta*, 20 (7), 1704-1706.
- 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, M. Aurell, B. Bádenas, M. I. Benito, T. Bover-Arnal, A. Casas-Sainz, J. M. Castro, F. Coruña, G. A. de Gea, J. J. Fornós, M. Fregenal-Martínez, J. García-Senz, D. Garófano, B. Gelabert, J. Giménez, & L. Vilas. 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*. Springer, Heidelberg: 60-63. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-11295-0>
- Saura, M. (2007).** Genetische Missbildungen bei Seeigeln. *Revista Científica Online de Paleontología Alemana* 2.1.2007 (Sección Lehrreiches). Leitfossil.de
- Smith, A. B. (1980).** The structure, function and evolution of the tube feet and ambulacral pores in irregular echinoids. *Paleontology*, 23, 39-84.
- Villalba, M. P. (1993).** *Revisión de los equinidos del Cretácico Inferior y Medio Español*. Facsímil de la tesi doctoral (1991) autoritzat i reproduït pel Servei de Reprografia de la Editorial de la Universitat Complutense de Madrid en 1993. Universitat Complutense de Madrid.
- 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*, DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/08912963.2013.874422>
- Villier, L. (2001).** *Evolution du genre Heteraster dans le contexte de la radiation de l'ordre des Spatangoida (Echinoidea, Echinodermata) au Crétacé inférieur*. [Tesi doctoral] Universitat de Bourgogne.
- Villier, L & David, B. (2001).** Ontogenetic and morphological evolution of the ambulacral pores in *Heteraster* (early spatangoids). M. Barker (Ed.), *Echinoderms*. Swets & Zeillinger