

PALEONTOLOGIA

**Algunes qüestions sobre l'ontogènia d'*Heteraster quali*  
(Echinodermata: Echinoidea) de l'Aptià d'Olocau del  
Rey (els Ports)**

Joaquín Segura Collado<sup>1</sup>, Vicent Gual i Ortí<sup>1</sup> & Enric Forner i Valls<sup>1\*</sup>

**RESUM**

La troballa d'un exemplar d'*Heteraster quali* Forner, 2018, d'edat juvenil, permet estudiar algunes variacions morfològiques respecte els trets característics de la població adulta. Aquest treball eixampla la distribució geogràfica de l'espècie fins el marge oest de la subconca de Morella, dins la conca sedimentària del Maestrat. El material estudiat és de l'Aptià inferior, formació margues del Forcall, membre Margues de Morella la Vella.

**Paraules clau:** Spatangoida, Toxasteridae, Formació Margues del Forcall, conca del Maestrat, ontogènia.

**ABSTRACT**

The finding of a juvenile specimen of *Heteraster quali* Forner, 2018 allows us to study some morphological variations with respect to the characteristic features of the adult population. This work expands the geographical distribution of the species to the western margin of the Morella sub-basin, within the Maestrat sedimentary basin. The material studied is from the lower Aptian, Forcall Marls formation, Morella la Vella Marls member.

**Keywords:** Spatangoida, Toxasteridae, Forcall Marls Formation, Maestrat Basin, Ontogeny.

---

<sup>1</sup>Ateneu de Natura. Sant Roc, 125 3r 5a, 12004 Castelló de la Plana.

\*Autor de correspondència: ateneudenatura@gmail.com

## 1. INTRODUCCIÓ

La zona de ponent de la mar Tetis, a totes dues ribes, nord i sud, sembla que va jugar un paper clau en el desenvolupament i dispersió de certs gèneres d'espangòids. És especialment significatiu, en aquest àmbit, com ja ha estat notat en algun treball (FORNER, 2019), el paper que devia jugar la conca sedimentària del Maestrat (CM). I tot i això, el coneixement actual dels gèneres *Toxaster*, L. Agassiz, 1840; *Pliotoxaster* Fourteau, 1907 i *Heteraster* d'Orbigny, 1855 de la CM és molt deficient. Sobre el gènere *Heteraster*, a nivell global, hi ha algun bon treball de síntesis, com ara la tesi de VILLIER (2001), però quan es baixa a nivell de conca es veuen les deficiències, començant per la sistemàtica i continuant pel coneixement de la distribució geogràfica i estratigràfica de les espècies.

I té la qüestió un punt sorprenent. Que tot just dels gèneres més ben representats al registre fòssil de la CM, tant en abundància d'exemplars com en la qualitat de conservació dels fòssils, es tinguen, encara, tantes mancances. Sovint els investigadors ens deixem seduir per allò singular, escàs i minoritari i desatenem el més corrent, les poblacions més abundants, si més no, les que s'han conservat millor al registre fòssil.

Aquesta nota només pretén fer una petita contribució al coneixement de la distribució geogràfica i aportar algunes dades noves sobre l'ontogènia de l'espècie *Heteraster guali* Forner, 2018, molt menys freqüent que alguns dels seus congèneres, com ara, *H. oblongus* Brongniart, 1821, i que, potser també per això mateix, ha estat poc citada a la bibliografia paleontològica.

## 2. MATERIAL I MÈTODES

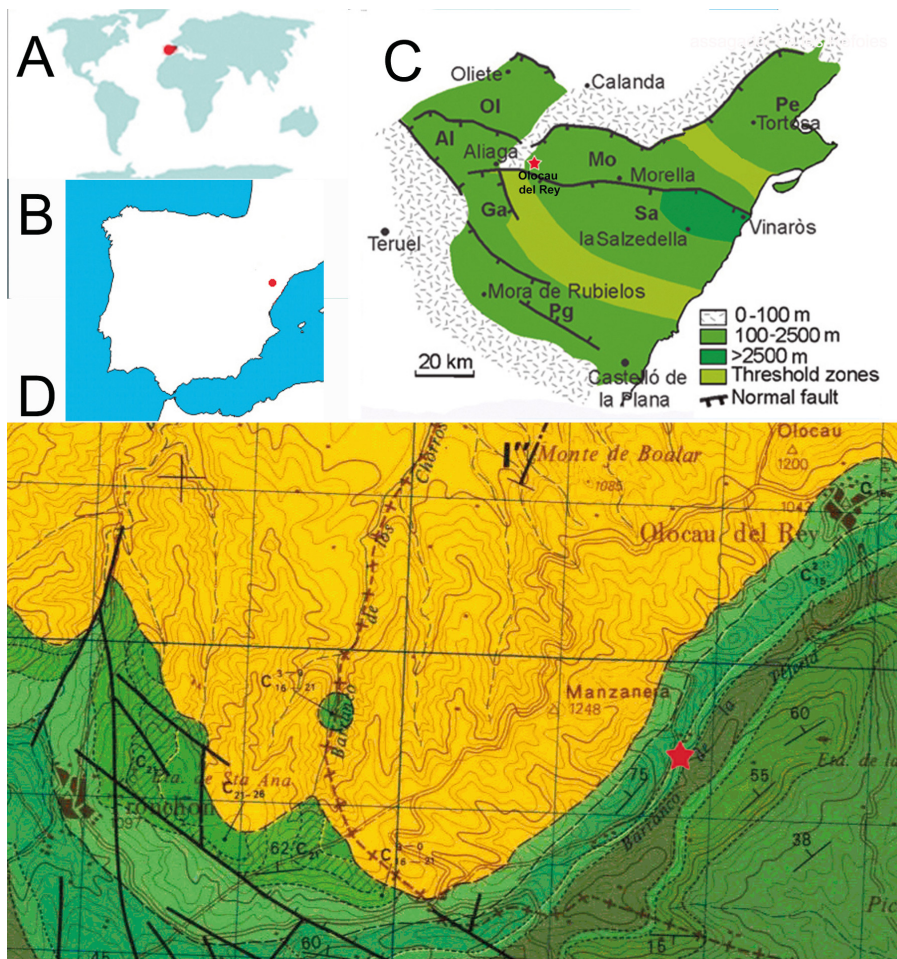
### Marc geogràfic i geològic

El jaciment del mas de Francisco (figura 1 A-C), al marge esquerre de la carretera que va des d'Olocau del Rey a Tronchón, on s'ha trobat l'exemplar estudiat d'*H. guali*, està situat dins el terme municipal d'Olocau del Rey, comarca dels Ports, al País Valencià.

Des del punt de vista geològic, el jaciment està enclavat dins de la subconca de Morella (figura 1 C), 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, d'orientació dominant NO-SE i en el marge nord-est la CM entra en contacte amb les serralades costeres catalanes, que són d'orientació NE-SO.

Aquest espai d'intersecció entre les dues serralades GUIMERÀ (1984) el va denominar “zona d'enllaç”. Uns quilometres a l'oest del jaciment s'escampa una àm-

plia cobertura terciària continental recobrint els sediments cretacs de la CM (figura 1 D).



**Figura 1:** Localització del jaciment on s'ha trobat *Heteraster quali* Forner, 2018. A: dins de la Terra. B: dins de la península Ibèrica. C: dins de la conca sedimentària del Maestrat (pres de SALAS & GUIMERÀ, 1996). D: dins el mapa geològic (IGME, 1981).

Segons l'IGME (1981) l'aflorament on s'ha recollit el material estudiat correspon al Bedulià superior, margues amb plicàtules: C<sub>153</sub><sup>1</sup> (figura 1 D), seguint la

terminologia de CANÉROT (1974).

Junt a l'exemplar estudiat s'han trobat exemplars del bivalve *Plicatula placu-*

*nea* Lamarck, 1819 i del braquiòpode *Burrirhynchia miliani* (Calzada 1971), descrit aquest últim com a varietat per BATALLER (1947), amb material de la localitat tipus on es defineix el membre Margues de Morella la Vella (MMV), i elevada a espècie per CALZADA (1971) amb posterioritat.

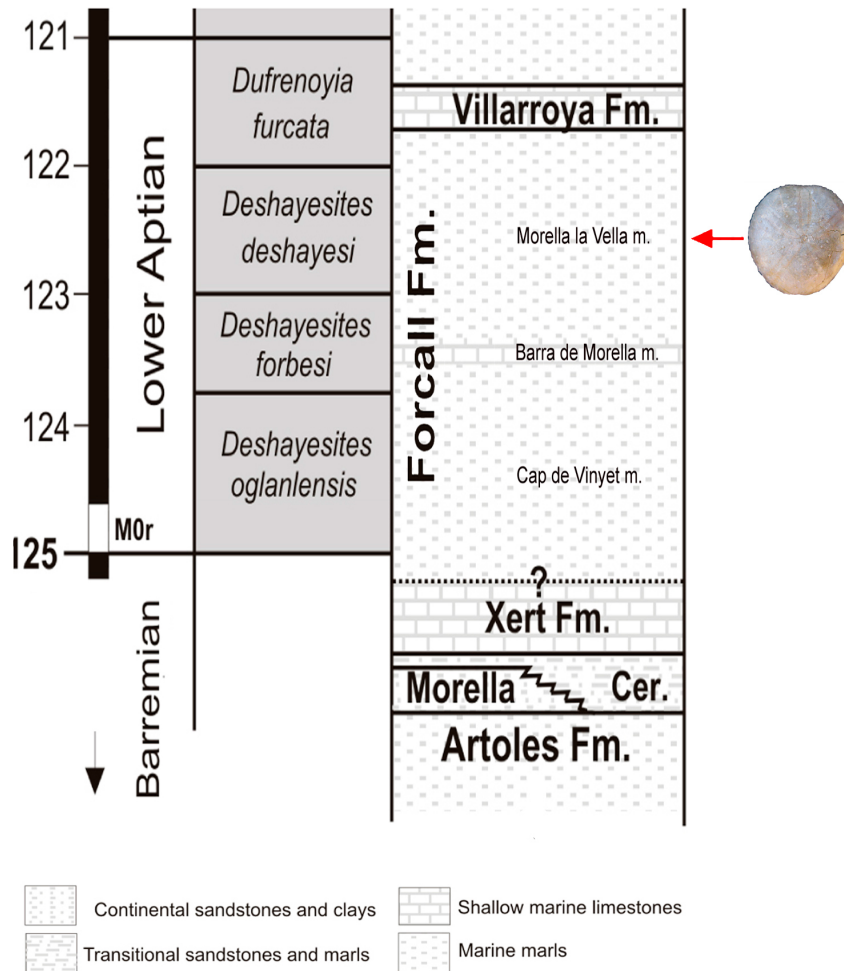
Aquestes dues espècies no s'han trobat mai en cap altre nivell diferent del MMV i, per tant, poden fer el paper de fòssils guia. Des del punt de vista de la fauna, venen a ratificar que els materials on s'ha trobat l'*H. quali* corresponen a la part superior de la formació Margues del Forcall, al membre Margues de Morella la Vella. En aquesta zona la formació té menys potència, molt minvada en comparació al centre de la subconca de Morella on va ser descrita.

De fet en el mapa del IGME (1981) apareix com una feixa estreta que dibuixa un arc amb la part cònca cap a ponent que aflora entre el Gargasià, C<sub>15</sub><sup>2</sup> per al IGME (1981), que equivaldria a les formacions Calcàries de Villarroya de los Pinares i Benassal, a l'oest, i les formacions Xert i el membre cap de Vinyet, a l'est, que en la terminologia del IGME (1981), figuren agrupades sota la marca C<sub>14-15</sub><sup>0-1</sup>.

Les formacions d'aquesta àrea van estar inicialment apuntades per la tesi docto-

ral de CANÉROT (1974) i descrites, de manera formal, en el treball de CANÉROT et al. (1982) i completades per SALAS (1987). Es pot consultar una visió completa i il·lustrada de tot el cicle Cretaci Inferior de la conca del Maestrat al treball de SALAS (1986). L'edat de l'afiorament correspon, atès tot el que s'ha indicat, a l'Aptià inferior (BOVER-ARNAL et al., 2016).

Els estudis recents (GARCÍA et al., 2014; VILLANUEVA et al., 2014) han fixat el límit del contacte entre el Barremià i l'Aptià a la conca del Maestrat a la part més inferior de la Fm. les Margues del Forcall, de manera que la posició estratigràfica de la part superior de la Fm. Forcall, el membre Margues de Morella la Vella (MMV) (figura 2), cal assignar-ho a l'Aptià inferior. L'edat absoluta de la Fm. Forcall, segons la datació per isòtops d'estronci <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr, és de 123,6 milions d'anys (123,03-124,13), tal com 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. Pel que coneixem, l'espècie es troba a dues biozones d'ammonits: *Deshayesites deshayesi* i *Dufrenoyia furcata*, segons indica MORENO-BEDMAR in FORNER & MORENO-BEDMAR, 2018 (figura 2).



**Figura 2:** Posició estratigràfica del jaciment d'Olocau del Rey (els Ports) on s'ha trobat *Heteraster quali* Forner, 2018, a la conca del Maestrat segons GARCIA et al. (2014).

### Material

L'únic exemplar sencer trobat és dipositat al Museu de la Universitat de València d'Història Natural (MUVHN) amb la sigla de la MGUV 39967. L'exemplar, quan es va recollir presentava diverses línies de fractures, la qual cosa ha

obligat a fer-li un procés de consolidació per evitar que s'esmicole completament, practicada amb una dissolució de para-loid B72, al 3 % en acetona.

En la recerca van aparèixer diversos fragments d'altres individus adults que tot i les seues males condicions perme-

tien, de forma indubtable, la seua classificació.

### Mètodes

En la sistemàtica, s'ha seguit a KROH &

SMITH (2010). Les mesures s'han pres amb un peu de rei digital, arrodonint-se a dècimes de mil·límetre. Les dimensions es donen en mm.

## 3. RESULTATS

### Sistemàtica paleontològica

Classe ECHINOIDEA Leske, 1778

Infraclasse IRREGULARIA Latreille, 1825

Ordre SPATANGOIDA l. Agassiz, 1840

Família TOXASTERIDAE Lambert, 1920

Gènere *Heteraster* d'Orbigny, 1855

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

*Heteraster guali* Forner, 2018

figura 3

2001 *Heteraster saperi* (de Loriol); Villier: 105, fig. 3.16.

2001 *Heteraster ucetiae* (Dumas, 1876); Villier et al.: 566, fig. 4.

2012 *Heteraster* sp. Saura & García: 72, fig.4a-4c.

2018 *Heteraster guali* Forner: 38, figs. 4-10.

2020 *Heteraster guali* Forner; Forner & Gual: 200, fig. 1.11.

Holotip: MGB 78213, es conserva al Museu de Ciències Naturals de Barcelona.

Localitat tipus: jaciment del mas de les Argiles a Vallibona (els Ports) dins de la conca sedimentària del Maestrat (subconca de Morella).

Estrat tipus: Aptià inferior. Fm. Margues del Forcall, membre Margues de Morella la Vella. Biozones d'ammo-

nits: *Deshayesites deshayesi* i *Dufrenoyia furcata*.

Distribució geogràfica: Vallibona, Coratxà (la Pobla de Benifassà), el Forcall, la Todolella i Morella (Forner, 2018). Subconca sedimentària de Morella. Amb aquest article s'amplia la distribució a Olocau del Rey (els Ports), també dins de la subconca de Morella, en el marge nord occidental.

Distribució estratigràfica: Aptià inferior. Fm. Margues del Forcall, membre Margues de Morella la Vella. Biozones d'ammonits: *Deshayesites deshayesi* i *Dufrenoyia furcata*, segons indica MORENO-BEDMAR in FORNER & MORENO-BEDMAR, 2018 (figura 2).

Diagnosi: *Heteraster* gran, de contorn subcircular i molt deprimit (alçada/longitud: 40%). Pètals amples, llargs i rectes. El nombre de parells de porus llargs en el pètal de l'ambulacre III respecte al total, més enllà dels vuit primers, és molt alt: 80%.

Diagnosis: *Heteraster* large, subcircular in outline and very depressed (height / length: 40%). Wide, long and straight petals. The number of pairs of long pores in the petal of the ambulacre III compared to the total, beyond the first eight, is very high: 80%.

Per la descripció general de l'espècie i les seves diferències amb altres veure FORNER (2018).

#### **Descripció de l'exemplar.**

Mesures: longitud (LL) = 24,5 mm; amplada (LA) = 23,2 mm; alçada (HT) = 11,8. Índex: HT/LL = 0,48; LA/LL = 0,95.

El contorn de la corona és subcircular, lleugerament escotada a la part davantera per l'ambulacre III i suaument aplanada pel darrera a la zona on s'o-

bre el periprocte (figura 3 A-B). La part superior és convexa, vist de perfil (figura 3 C) descriu una corba lleugera que es veu truncada a la part posterior (79°). La superfície inferior és aproximadament plana encara que el plastró sobresurt de forma lleugera i els ambulacres estan deprimits, i es van enfonsant amb més profunditat cap al peristoma que s'aprecia encarat cap a baix.

L'àmbit es situa prop de la base, al primer terç de l'alçada. La màxima amplada s'assoleix cap a la meitat de la longitud; la màxima alçada és de forma clara anterior i per davant del sistema apical, a diferència dels exemplars adults que coincideix amb aquest. L'angle entre els eixos dels pètals I i V mesura 77° i el que conformen els pètals II i IV és de 98°.

El sistema apical, tetrabasal, se situa lleugerament posterior. Els gonoporus ja estan oberts; entre els posteriors hi ha més distància que entre els anteriors; la línia imaginària entre els quatre gonoporus conforma un trapezi amb la base major a la part posterior. El periprocte, gran, està al mig de la part marginal posterior truncada, i es de contorn ovalat lleugerament apuntat als extrems i vertical, un poc més alt que ample (figura 3 E).

L'ambulacre anterior, recte i ample, està lleugerament enfonsat des del sistema

apical al peristoma. El pètal és llarg i acaba a poca distància de l'àmbit per reducció de la longitud dels porus ambulacrals. Està conformat com és característic del gènere per una alternança de parells de porus curts i llargs, que comencen a diferenciar-se quan s'allunyen del sistema apical. Hi ha moltes més parelles de porus llargs que de curts, només tres de curts en tot el pètal, que té de més de 20 porus (figura 3 F).

Els parells curts són anisoporus allargats l'interior més curt i oblic, l'extern és una vegada i mitja més llarg que l'interior. Els parells de porus llargs són anisoporus on l'interior és més curt i l'exterior més llarg, una vegada i mitja o dues com a molt de longitud que l'interior. Com que segons FORNER (2018: 40) en els exemplar adults els porus externs assoleixen tres vegades la longitud dels interiors aquest element deu estar lligat al creixement. Entre la zona de les dues branques dels pètals hi ha tuberculació miliària, però està exempta de tubercles primaris.

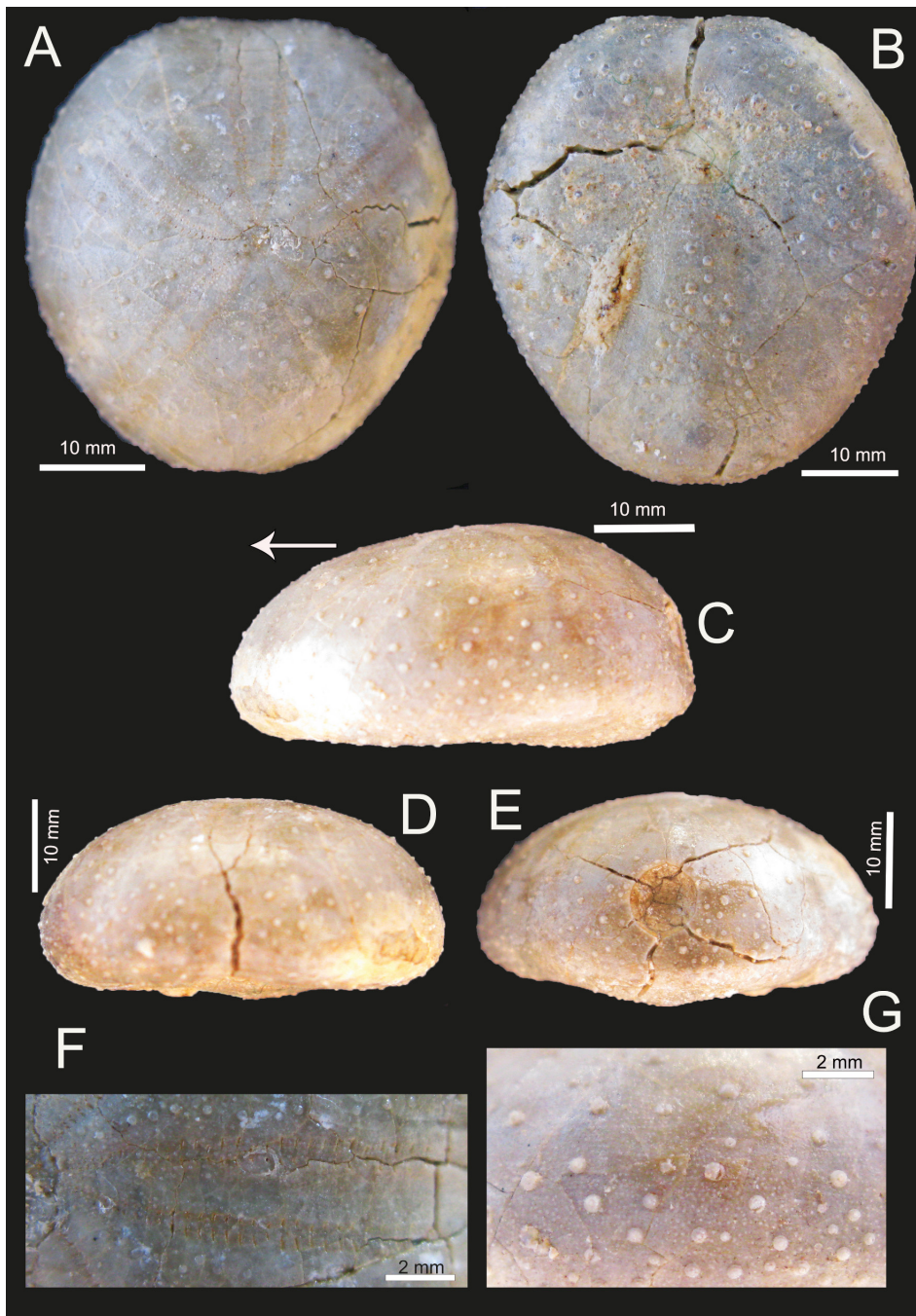
Els ambulacres parells anteriors estan a ras de la corona a la superfície apical i es van enfonsant, de forma lleugera a la superfície oral cap al peristoma (fi-

gura 3 B) on estan despullats de tuberculació. La branca anterior és recta i la posterior segueix una suau curvatura, convexa respecte l'exterior en la part més apical. Les branques són asimètriques entre sí, l'anterior té els parells de porus més menuts i sempre disposa d'unes poques plaques menys que la branca posterior. Hi ha molt pocs tubercles primaris, esparsos en l'espai central de l'ambulacre i abundant granulació miliària.

Els ambulacres parells posteriors, a la superfície apical, no estan enfonsats, els pètals són més curts que els anteriors, són rectes, amples, subpetaloides i divergents a la part abapical. En la superfície oral, els ambulacres posteriors són molt més llargs que els altres i s'enfonsen suaument cap al peristoma; també són més amples que a la cara apical i llisos, sense tuberculació. Els pètals són més curts que els anterior. Les dues branques són molt semblants, fins al punt que costa apreciar l'asimetria que es veu en els exemplars adults.

El peristoma, de contorn és pentagonal i amb una petita vora, és excèntric, desplaçat cap a la part anterior (figura 3 B), enfocat cap a sota i enfonsat.





**Figura 3:** *Heteraster quali* Forner, 2018, MGUV 39967 de l'Aptià inferior d'Olocau del Rey. A: vista apical. B: vista oral. C: vista lateral, la fletxa indica el sentit de la marxa. D: vista anterior. E: vista posterior. F: ambulacre III. G: parafoveoles de l'interambulacre 4.

En aquest exemplar juvenil no s'aprecien ni areoles enfonsades ni els anells escrobiculars ben conformats al voltant dels tubercles primaris, ni al plastró. Tampoc es pot apreciar, en la zona que confronta amb l'ambulacre III, en els interambulacres 2 i 4, cap feixa de tubercles secundaris més densa. Per contra, són presents unes alineacions de tuberculació miliària (figura 3 G), parafasciòles en el sentit de NÉRAUDEAU et al. (1998), als interambulacres 1 i 4.

#### 4. DISCUSIÓ I CONCLUSIONS

L'exemplar estudiat per les seues dimensions, una longitud de 24,5 mm davant un registre màxim de 73,3 mm (FORNER 2018) l'hem de considerar juvenil. Tot i que, ja presenta els porus genitals oberts. No se n'havia registrat i descrit un de tan menut fins ara. A diferència d'altres congèneres, i dels espatangoids en general, on és habitual trobar exemplars de dimensions reduïdes, i en bon estat de conservació (FORNER & CASTANY, 2010).

Això unit a que és molt escàs el nombre d'exemplars de *H. guali* que es troben i excepcional els ben conservats, perquè quasi sempre apareixen esclafats, porta a fer suposicions de si ha d'haver qüestions tafonòmiques lligades a les característiques físiques o de comportament, o totes dues, que fan que els resultats

de la recerca siguin tant diferents del que passa amb altres congèneres, que sovint apareixen en grans quantitats i bona conservació.

Es pot especular de si la conquilla encara hauria de ser més feble del que ja és habitual a la família Toxasteridae. Una altra reflexió que sorgeix quan s'hi busquen explicacions és la de que potser no s'enterraven en el substrat a tanta fondària com els seus congèneres. Finalment, es pot especular si no eren, si més no en la gran mesura que ho són la resta, tan gregaris o no van gaudir de l'èxit que assoliren altres espècies i per això no els trobem més que de forma esparsa i escassa.

Tot plegat fa que haver pogut estudiar un exemplar juvenil ens dona informació valuosa de com alguns trets característics presenten fluctuacions al llarg del creixement de l'espècie. És cert que un exemplar és poca cosa i no podem fer un treball quantitatiu per classe de creixement com en altres espècies s'ha pogut fer (DAVID et al., 1987; FORNER & CASTANY, 2010). Però el registre fòssil en permet apreciar allò que ofereix, és una finestra al passat però limitada i no podem prescindir de la lectura, dels fragments que ens mostra de la vida passada, encara que condicionats des d'un punt estadístic. No hem de renunciar a la informació, parcial però molt

valuosa, que ens ofereix.

L'exemplar d'Olocau del Rey presenta un índex alçada/longitud, alt, (0,48) encara que dins de la variabilitat intraespecífica (0,34-0,50, segons FORNER, 2018) se situa en el tram més alt. Fins i tot per damunt del que s'indica en la diagnosi que el fixa al voltant del 0,40. És juvenil, i coneixem per altres espècies, com ara *H. oblongus*, que al llarg del procés ontogènic l'índex va minvant, es van fent més plans com més vells i potser s'enterren més profundament al substrat (DAVID et al., 1987; FORNER & CASTANY, 2010).

D'altres variables s'ha pogut comprovar que se'n surten dels marges intraespecífics que s'havien delimitat en el treball original de descripció (FORNER, 2018). La tuberculació no ha pres encara les característiques definitives: no presenta, en els tubercles primaris, les areoles enfonsades i no s'han conformat els anells escrobiculars. S'ha descrit com els porus ambulacrals externs dels parells llargs no han assolit encara la llargària definitiva, respecte els interns, que assoliran d'adults. La posició de l'alçada màxima és més anterior, per davant del sistema apical a diferència dels exemplars adults, en els quals ha emigrat cap endarrere, just al sistema apical.

Per contra l'alternança entre parells de porus llargs i curts roman estable, sembla definitivament fixada, des de les primeres edats. Com també ho és el contorn general i la peculiar distribució dels tubercles.

En conclusió, l'exemplar estudiat ens fa albirar algunes variacions al llarg del creixement de l'espècie. També, amb aquesta troballa, s'amplia la distribució geogràfica de l'espècie cap al marge oest de la subconca de Morella. De moment no s'ha confirmat cap exemplar fora d'aquesta subconca. Tot i que un registre imprecís (Terol, sense més aclariments) de (VILLIER, 2001: 104) genera dubtes.

Caldrà, però, perseverar en la recerca per veure si l'espècie també va viure fora d'un espai tan constret com és la subconca i per anar afinant en distribució estratigràfica. També per veure si noves troballes ens resolen caràcters encara desconeguts com el tipus de plastró, a l'espera que un exemplar nou ens deixi dibuixar el contorns de les plaques.

## 5. AGRAÏMENTS

A Carl Nugent per la correcció del text en anglès. A Rosalia Reverter per la correcció del treball.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- BATALLER, J. R., (1947): Sinopsis de las especies nuevas del Cretácico de España. *Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*, 3a Època, núm. 586, Vol. XXVIII, 12: 208 pp. Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona. Barcelona.
- BOVER-ARNAL, T., MORENO-BEDMAR, J. A., FRIJIA, G., PASQUAL-CEBRIAN, E. & SALAS, R., (2016): Chonostratigraphy 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., (1971): *Rhynchonella lata* var. *miliani*, Bataller 1947, *Sulcirhynchia miliani* (Bataller, 1947). *Acta Geològica Hispànica* (t. VI 5), p. 143-146. Barcelona.
- CANÉROT, J., (1974): Recherches géologiques aux confins des chaînes Iberiques et Catalane (Espagne). *Thèse doct.* Toulouse, 1974. Enadimsa, Trab. de Tesis, n<sup>o</sup> 4: 517 pp. Madrid.
- CANÉROT, J., CUNY, P., PARDO, G. SALAS, R., & VILLENA, J., (1982): Ibérico Central Maestrazgo. In A. Garcia Ed.: El Cretácico en España: 273-344. Universidad Complutense de Madrid. Madrid.
- DAVID, B., FOURNIER, D. & GODET, H., (1987): Variations morphologiques chez *Heteraster oblongus* (Brongniart): exemple de l'Aptien inferieur de Chartreuse (Isère, France). 1987. *Géologie Méditerranéenne* (t. XIV, núm. 4), p. 255-260.
- D'ORBIGNY, A., 1854-60: Paléontologie Française. Terrains Crétacés. Tome 6. Echinodermes, Échinoides irréguliers. 596 pp, pls 801-1006. G. Masson, Paris. 1-32 (July 1854); 33-64 (Oct. 1854); 65-96 (Nov. 1854); 97-128 (Jan. 1855); 129-192 (Mar. 1855); 193-208 (May 1855); 209-224 (Aug. 1855); 225-272 (Nov. 1855); 273-320 (Oct. 1856) pp. 273-352 (Oct. 1856), pp. 353-384 (1857), pp. 385-400 (1858), pp. 401-432 (1858), pp. 433-596 (1860).
- DUMAS, E., (1876): Statistique géologique, minéralogique, métallurgique et paléontologique du département du Gard. 735 pp.
- FORNER, E., (2018): *Heteraster guali* sp. nov. (Echinodermata: Echinoidea) de l'Aptià de la conca del Maestrat. *Nemus* (8), p. 33-53. Castelló de la Plana.
- FORNER, E., (2019): *Pliotoxaster buitronae* espècie nueva (Echinoidea) del Aptiense inferior de la Cuenca del Maestrat (Península Ibérica). *Paleontología Mexicana* (8-2), p. 129-146. México.
- 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). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears* (53), p.: 71-84. Palma de Mallorca.

- FORNER, E. & I GUAL, V., (2020): Tàxons nous (Animalia) publicats a Nemus. *Nemus* (10), p. 198-206. Castelló de la Plana.
- FORNER, E. & MORENO-BEDMAR, J.A. 2018. *Conulus sanzgarciai* sp. nov. (Echinodermata: Echinoidea) de l'Aptià inferior de Coratxà (conca del Maestrat). *Nemus* (8), p. 69-83. Castelló de la Plana.
- 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) ammonitebiostratigraphy in the Maestrat Basin (E Spain). *Journal of Iberian Geology* (40-1), p. 99-112.
- GUIMERÀ, J., (1984): Paleogene evolution of deformation in north eastern Iberian Peninsula. *Geol. Mag.* (121), p. 413-420.
- IGME INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA, (1981): Mapa Geológico de España E. 1:50.000. Forcall, 544. *Servicio de publicaciones ministerio de Industria y Energia*. Madrid.
- 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.  
URL: <http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2022-02.pdf>
- KROH, A. & SMITH, A.B., (2010): The phylogeny and classification of post-Paleozoic echinoids. *Journal of Systematic Palaeontology*, Vol. 8 (2): 147-122. London.
- NÉRAUDEAU, D., DAVID, B. & MADON, C., (1998): Tuberculation in spatangoid fascioles: Delineating plausible homologies. *Lethaia* (31), p. 323-334.
- SALAS, R., (1986): El cicle Cretaci inferior al marge oriental d'Iberia. In R. Folch i Guillèn (Ed.) *Història Natural dels Països Catalans*, Geologia I. Vol. 1: 333-349. Fundació Enciclopèdia Catalana. Barcelona.
- SALAS, R., (1987): El Malm i el Cretaci inferior entre el Massís de Garraf i la serra d'Espadà. Anàlisi de conca. *Tesi doctoral*, p. 345, Universitat de Barcelona.
- SALAS, R. & GUIMERÀ, J., (1996): Rasgos estructurales principales de la cuenca cretácica inferior del Maestrazgo (Cordillera Iberica Oriental). *Geogaceta* (20), p. 1704-1706. Madrid.
- 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), p. 393-402. Madrid.
- SALAS, R., GUIMERÀ, J., BOVER-ARNAL, T. & NEBOT, M., (2019): The Iberian-Catalan Linkage: The Maestrat and Garraf Basins in Martín-Chivelet, J., López-Gómez,

J., Aguado, R., Arias, C., Arribas, J., Arribas, M.E., Aurell, M., Bádenas, B., Benito, M.I., Bover-Arnal, T., Casas-Sainz, A., Castro, J.M., Coruña, F., de Gea, G.A., Fornós, J.J., Fregenal-Martínez, M., García-Senz, J., Garófano, D., Gelabert, B., Giménez, J., González-Acebrón, J., Guimerà, J., Liesa, C.L., Mas, R., Meléndez, N., Molina, J.M., Muñoz, J.A., Navarrete, R., Nebot, M., Nieto, L.M., Omodeo-Salé, S., Pedrera, A., Peropadre, C., Quijada, I.E., Quijano, M.L., Reolid, M., Robador, A., Rodríguez-López, J.P., Rodríguez-Perea, A., Rosales, I., Ruiz-Ortiz, P.A., Sàbat, F., Salas, R., Soria, A.R., Suarez-Gonzalez, P., Vilas, L., 2019. The Late Jurassic–Early Cretaceous Rifting. In: Quesada, C., Oliveira, J.T. (Eds.), *The Geology of Iberia: A Geodynamic Approach*. Volume 3: The Alpine Cycle. Springer, Heidelberg: 60–63. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-11295-0>

SAURA, M. & GARCÍA, J. A. (2012): Atelostomata II. Spatangoida. *Nomochirus*, 3. Associació Paleontològica i Mineralògica d'Onda. Onda.

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. *Thèse de Doctorat*. Université de Bourgogne Centre des Sciences de la Terre. Dijon.