

PALEONTOLOGIA**Presència d'*Oichnus simplex* sobre braquiòpodes de l'Aptià inferior de Vallibona (conca del Maestrat).**Enric Forner i Valls¹**RESUM**

S'estudia la presència d'*Oichnus simplex* Bromley, 1981 en una comunitat de braquiòpodes de l'Aptià inferior de Vallibona (conca del Maestrat). S'ha constatat la presència sobre *Burrirhynchia miliani* (Calzada, 1971) i *Loriolithyris solei* (Calzada, 1976). La freqüència de depredació és baixa (2,2% i 6,8%). És possible que el depredador fora un gasteròpode. Aquestes són les primeres dades publicades d'*Oichnus simplex* sobre braquiòpodes al Cretaci Inferior a la península Ibèrica i per a tot el registre fòssil de la conca del Maestrat.

Paraules clau: *Oichnus*, *Brachiopoda*, *Burrirhynchia miliani*, *Loriolithyris solei*, perforacions, Aptià, formació Margues del Forcall, Vallibona, conca del Maestrat.

ABSTRACT

Presence of *Oichnus simplex* on brachiopods of the lower Aptian of Vallibona (Maestrat basin). The presence of *Oichnus simplex* Bromley, 1981, is studied on a community of brachiopods of the lower Aptià of Vallibona (Maestrat basin). The presence was found on *Burrirhynchia miliani* (Calzada, 1971) and *Loriolithyris solei* (Calzada, 1976). The predation frequency is low (2.2% and 6.8%). It is possible that the drilling predator was a gastropod. These are the first published data of *Oichnus simplex* on brachiopods in the Lower Cretaceous of the Iberian Peninsula and for the entire fossil record of the Maestrat basin.

Keywords: *Oichnus*, *Brachiopoda*, *Burrirhynchia miliani*, *Loriolithyris solei*, drillholes, Aptian, Marls of Forcall Formation, Vallibona, Maestrat Basin

¹Ateneu de Natura. Sant Roc, 125 3r 5a, 12004 Castelló de la Plana
correu-e: fornervall@gmail.com

1. INTRODUCCIÓ

Els forats a les conquilles produïts per depredadors perforadors és l'evidència millor preservada en el registre fòssil i la més fàcilment quantificable de les interrelacions caçador-presa de què disposem. En l'actualitat, diversos grups d'invertebrats marins utilitzen la tècnica de perforar les conquilles de les preses, com ara alguns platihelminths, nematodes, octòpodes i, sens dubte els més coneguts, algunes famílies de gasteròpodes. Els gasteròpodes que cacen mitjançant la tècnica de perforar la conquilla de les víctimes ho fan sobre un ampli ventall de preses: bivalves i gasteròpodes (per exemple KOWALEWSKI et al. 1998; KLONPMAKER et al., 2016), escafòpodes (YOCHELSON et al., 1983; KLONPMAKER, 2011; LI et al., 2011), polioplacòfors (ROJAS et al., 2014), equínids (KOWALEWSKI i NEBELSICK, 2003), ostracodes (REYMENT et al., 1987; REYMENT i ELEWA, 2003), anèl·lids (MARTINELL et al., 2012; VILLEGAS-MARTÍN et al., 2016), cirrípedes (GORDILLO, 2013; KLONPMAKER et al., 2015), foraminífers (SENGUTA i NIELSEN, 2009) i decàpodes (PASINI i GARASSINO, 2012; KLONPMAKER et al., 2013). També sobre braquiòpodes (SMITH et al., 1985; KOWALEWSKI et al., 1998; 2005; HARPER i Wharton, 2000; Ruggiero i Annunziata, 2002; Leighton, 2003; Delance i Emig, 2004; BAUMILLER i BITNER, 2004; BAUMILLER et al., 2003, 2004, 2006; RUGGIERO, E. T. i BIETNER; M. A., 2007; KLONPMAKER et al., 2016).

Les perforacions sobre conquilles més antigues que podrien ser causades per depredadors són del final del Precambrià (BENGSTON & ZAO, 1992), però el registre fòssil no conserva fins l'actualitat un nivell regular d'aquesta tècnica de depredació, ni en la constància ni en l'índex de depredació. KOWALEWSKI et al. (1998) defineixen tres etapes:

- 1) fase Paleozoica (final del Precambrià fins al Carbonífer) dominada per rars o moderadament freqüents perforacions sobre braquiòpodes i equinoderms sèssils.
- 2) fase Mesozoica (Permià-Cretaci Inferior) amb molt rars, o fins i tot sense cap registre, perforadors, que tenen un impacte escàs sobre les comunitats bentòniques marines, però que, no obstant això, podrien haver estat presents de forma contínua.
- 3) fase Cenozoica (Cretaci Superior-Holocè), dominada per gasteròpodes perforadors que depreden amb freqüència sobre mol·luscs.

Aquest treball aporta una constatació de depredació per perforació de la conquilla a l'Aptià inferior. Dins d'aquella segona fase, hi ha molt escassa informació publicada: només consten algunes cites esparses sobre el Juràssic de la península Ibèrica, com ara REOLID (2005) sobre la serralada Prebètica, que indica que les perforacions són escasses i afecten, majoritàriament, a la valva braquial, i KOWALEWSKI et al. (1998: 1093, fig. 2).

A la conca del Maestrat, no s'ha fet cap estudi sobre la matèria: aquest treball suposa el primer enregistrament a la conca. També el primer sobre el Cretaci Inferior de la península Ibèrica.

Altrament, dins de l'àmbit de la paleontologia, al terme municipal de Vallibona s'han descrit dues espècies fòssils (FORNER, 2011; FORNER & GUAL, 2013): dos equínids. D'una banda, *Parorthopsis royoï* descrit en un treball de LAMBERT (1935) i revisat per FORNER et al. (2015); cal fer esment que entre els llocs on es va retrobar l'equinoïdeu es citava el mas de les Argiles, on s'ha extret la mostra d'aquest estudi. I, d'altra banda, *Heteraster guali* publicat fa poc per FORNER (2018), que té com a localitat tipus aquest mateix jaciment del mas de les Argiles. De la formació Argiles de Morella, del Barremià, es va publicar el segon enregistrament del bivalve *Grammatodon (Cosmetodon) casanovai* Royo, 1995 (FORNER & GUAL, 2016), mentre que del Terciari vallibonenc s'han publicat dues investigacions sobre gasteròpodes continentals (GUAL & FORNER, 2013; MATAMALES-ANDREU et al., 2016).

2. MATERIAL I MÈTODES

2.1 Marc geogràfic i geològic

El jaciment del mas de les Argiles es troba dins del terme municipal de Vallibona, a la comarca dels Ports, al nord del País Valencià (Fig. 1). Es localitza a la part més oriental de la serralada Ibèrica i al sud de la serralada Costera Catalana, que correspon a la Zona d'Enllaç entre ambdues serralades, com la va anomenar GUIMERA (1984).

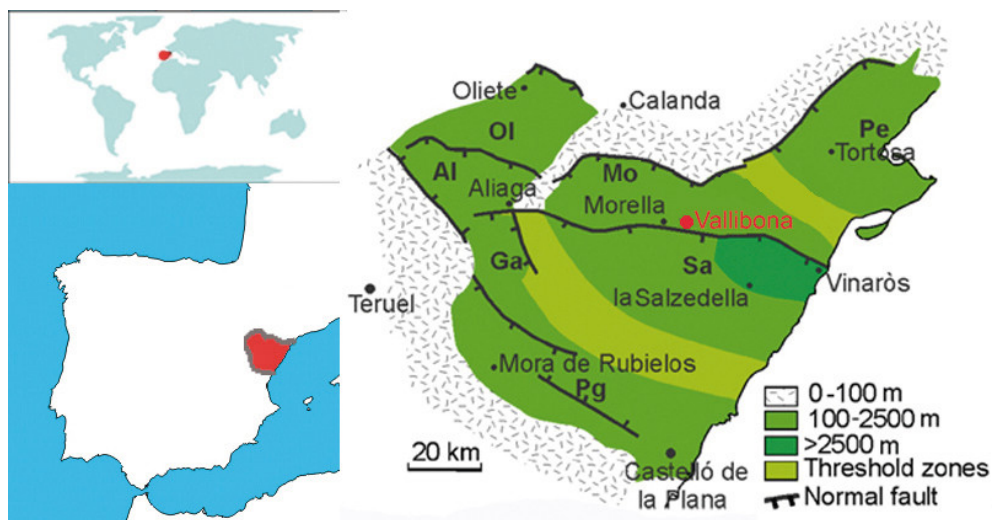


Figura 1. Localització del jaciment a la conca del Maestrat (SALAS & GUIMERÀ, 1996)

L'àrea d'estudi es localitza dins la conca cretàcia inferior del Maestrat, concretament a la subconca de Morella, de les set definides per SALAS & GUIMERÀ (1996; 1997). Els materials on s'ha recollit la mostra corresponen a la part superior de la formació de les Margues del Forcall, membre Margues de Morella la Vella (MMV), com s'indica en la figura 2. Les formacions d'aquesta àrea van estar inicialment apuntades per la tesi doctoral de CANÉROT (1974) i van ser descrites, d'una 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'aflorament correspon a l'Àptia 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'Àptia 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 MMV, cal assignar-la a l'Àptia inferior. L'edat absoluta de la Fm. Forcall, segons la datació per isòtops d'estronci $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, és de 123,6 milions d'anys (123,03-124,13), tal com es desprèn del treball de BOVER-ARNAL et al. (2016). Correspon a dues biozones d'ammonits: *Deshayesites deshayesi* i *Dufrenoyia furcata*, segons indica MORENO-BEDMAR in FORNER & MORENO-BEDMAR, 2018 (Fig. 2).

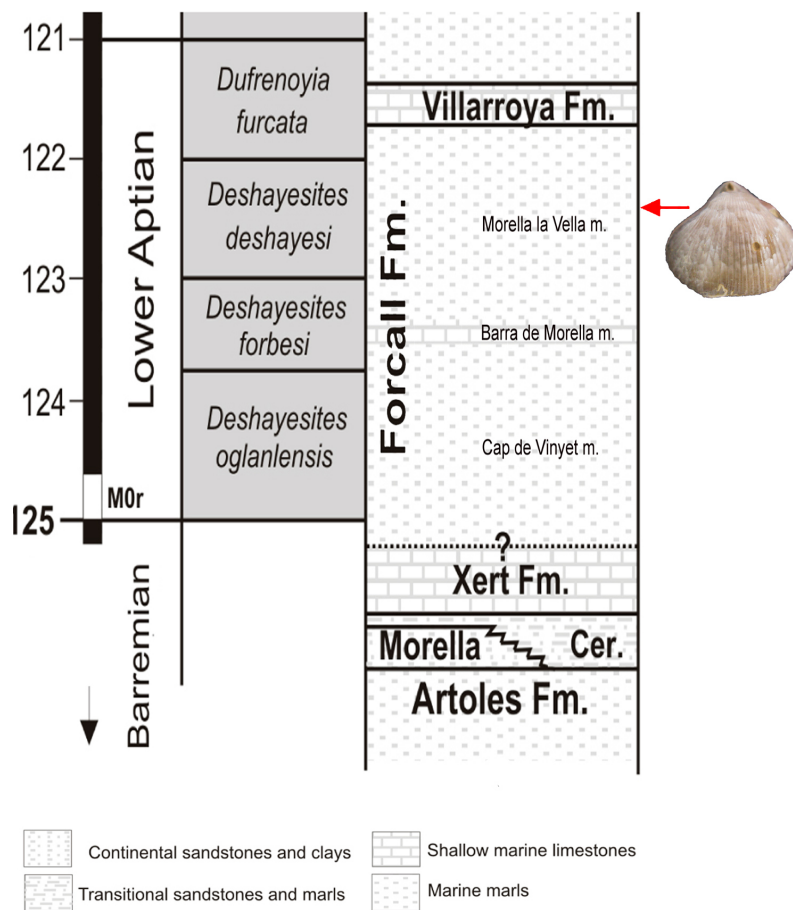


Figura 2. Posició estratigràfica del jaciment on s'ha recollit la mostra amb *Oichnus simplex*, a la conca del Maestrat segons GARCIA et al. (2014).

2.2 Material

Els exemplars que conformen la mostra es van recollir el dia 11/05/2019, al mas de les Argiles, al mateix nivell. Tots els exemplars dels braquiòpodes apareixen sempre articulats, encara que en alguns casos deformats o esclafats. Es van recollir tots els exemplars dels braquiòpodes *Burrirhynchia miliani* (Calzada, 1971) i *Loriolithyris solei* (Calzada, 1976), que són els més comuns al jaciment. En laboratori, s'ha descartat tot aquell exemplar que per estar cobert per matriu

o presentar algun trencament no permetia assegurar si presentava *Oichnus* o no. Només s'han considerat *Oichnus* aquelles perforacions circulars i que no oferien dubtes.

En total s'ha disposat de 228 exemplars de *B. miliani* i 88 de *S. solei*. Els altres braquiòpodes del jaciment apareixen amb poca freqüència i en cap s'ha constatat l'existència sobre ells d'*Oichnus*. Tots els exemplars de braquiòpodes estudiats s'han dipositat al Museu de Geologia - Museu de Ciències Naturals de Barcelona (MGB), els 11 amb *Oichnus* amb els números de registre MGB 89166 – MGB 89176; la resta (223 exemplars), sense perforació de *B. miliani*, amb el núm. conjunt MGB 89177; i la mostra 82 de *S. solei*, sense *Oichnus* amb el núm. MGB 89178.

2.3 Mètodes

Per a la terminologia de les marques de depredació, s'ha seguit BROMLEY (1981). Per als topònims, s'ha seguit l'Acadèmia Valenciana de la Llengua (PITARCH & SERRET, 2008; Corpus toponímic, AVL, 2018). De tots els exemplars que presenten *Oichnus*, s'ha mesurat la longitud antero-posterior de la valva ventral del braquiòpode i el diàmetre extern de l'*Oichnus*. Les mesures s'han pres amb un peu de rei digital, arrodonint-se a dècimes de mil·límetre. Les dimensions es donen en mm. Per mesurar els *Oichnus*, ateses les reduïdes dimensions, s'ha utilitzat un microscopi digital, Edge, Dino-Lite, amb el qual s'han fet també les fotografies de les figura 4 B i H. Per a la nomenclatura dels braquiòpodes s'ha seguit a WILLIAMS & ROWELL (1965) i ZABALA (1991), per als termes en català.

3. RESULTATS

3.1 Sistemàtica paleontològica

Ichnogènere *Oichnus* Bromley, 1981

Espècie tipus: *Oichnus simplex* Bromley, 1981 per designació original

Oichnus simplex Bromley, 1981

Fig. 3 B,D,F i H. Fig. 4 B, D i F-I.

Diagnosi: *Oichnus* de forma simple cilíndrica o subcilíndrica, eix més o menys perpendicular al substrat. On el substrat no es penetra recte el final distal és esfèric aplanat (BROMLEY, 1981).

Holotip: Geological Museum, University of Copenhagen, Denmark, núm. MGUH 15351.

Presència d'*Oichnus simplex* (Bromley, 1981)

Espècie de braquiòpode	Si	No	Total	% presència
<i>Burrirhynchia miliani</i> (Calzada, 1971)	5	223	228	2,19
<i>Loriolithyris solei</i> (Calzada, 1976)	6	82	88	6,82

Taula 1. Dades sobre la presència d'*Oichnus simplex* sobre braquiòpodes de l'Aptià Inferior de Vallibona (conca del Maestrat).

Espècie	Exemplar	L	D	Valva
<i>Burrirhynchia miliani</i> (Calzada, 1971)	OSBM01	13,4	1,264	ventral
	OSBM02	15,4	0,916	dorsal
	OSBM03	12,6	0,960	ventral
	OSBM04	10,9	1,068	ventral
	OSBM05	13,9	1,777	ventral
<i>Loriolithyris solei</i> (Calzada, 1976)	OSLS01	21,2	0,743	ventral
	OSLS02	23,0	1,291	ventral
	OSLS03	20,0	1,292	ventral
	OSLS04	23,1	0,483	ventral
	OSLS05	19,8	1,014	dorsal
	OSLS06	22,2	0,770	ventral

Taula 2. Mesures dels exemplars de braquiòpodes de l'Aptià inferior de Vallibona (conca del Maestrat) que presenten *Oichnus simplex*. L) longitud en mm de la distància antero-posterior de la valva ventral del braquiòpode. D) mesura del diàmetre extern de la perforació, en mm. Valva: s'indica la que està perforada.

Els forats practicats sobre la conquilla dels braquiòpodes tenen una mitjana de diàmetre extern de 1.05 mm i varien entre 0,48 i 1,78 mm. Les perforacions sobre la valva dorsal o braquial només són 2, que representen un 18% del total, mentre que sobre la valva ventral o peduncular n'hi ha 9, el 82% de la mostra.

Al jaciment, no s'han conservat les conquilles dels mol·luscs conformades principalment d'aragonita, com són les dels gasteròpodes, per la qual cosa no es disposa de fòssils del possible caçador autor de les perforacions. Tampoc, en els pocs motlles interns de bivalves conservats, es pot discernir si van estar sotmesos també a depredació per perforació. Del bivalve *P. placunea*, sí que es conserva la conquilla perquè està conformada de calcita, i no s'hi ha apreciat cap *Oichnus*.

Fauna d'acompanyament

Un del braquiòpodes objecte de l'estudi és *B. miliani* (Calzada, 1971). Descrit com a varietat per BATALLER (1947) amb material de la localitat tipus on es defineix el membre Margues de Morella la Vella (MMV), i elevat a espècie per CALZADA (1971) amb posterioritat, és un bon bioindicador estratigràfic: només se l'ha trobat al MMV.

Al jaciment del mas de les Argiles, el dia de la recollida de la mostra s'han trobat les dues següents espècies, que també són bons indicadors de la Fm. Margues del Forcall i del MMV: *Plicatula placunea* Lamarck, 1812; *Trapezium nucleus* Coquand, 1865 (FORNER & CASTANY, 2013). També s'han trobat els equínids *Hemidiadema forcallensis* Clément, 2015 i *Heteraster quali* Forner, 2018, que es van descriure amb material extret del MMV (CLÉMENT, 2015; FORNER, 2018).

4. CONCLUSIONS

S'ha optat per incloure el tipus de perforació dins la ichnoespècie *O. simplex* perquè es tracta de perforacions perfectament circulars o lleugerament ovalades (Figs. 3 B i H; 4 B), amb l'eix perpendicular a la conquilla i subcilíndriques, que encaixen perfectament en la diagnosi. Hi ha una diferència, no molt gran, entre els diàmetres extern i intern de la perforació, que no varia molt del que s'indicava per a l'holotip (un 29% més gran), segons BROMLEY (1981). Les parets són quasi rectes o amb una inclinació molt lleugera (Fig. 3 B, D, F i H; Fig. 4 B, D i F-L).

Si considerem la forma similar de totes les perforacions i de l'interval de la mesura del diàmetre (que varia només entre 0,48 i 1,77 mm), es pot pronosticar que totes corresponen a una mateixa espècie depredadora o, com a molt, a espècies congèneres. Podria tractar-se (per la forma regular i la mida, per l'existència d'una sola perforació per exemplar en tots els casos i completada sempre) de

gasteròpodes. Els murícids i els natícids són ben coneguts actualment per haver desenvolupat una tècnica específica per perforar amb la conjunció d'un treball físic (amb la ràdula) i químic (amb òrgans adaptats per produir àcid) que produeixen uns orificis similars als de la mostra. BROMLEY (1984) considera que els *O. simplex* són produïts per murícids, opinió que han seguit altres autors (PICKERILL I DONOVAN, 1998; RUGGIERO I BITNER, 2008). Les perforacions estudiades, per tant, podrien ser degudes a gasteròpodes de la família Muricidae.

Es disposa de més informació de la depredació sobre els mol·luscs que sobre els braquiòpodes, i els percentatges de depredació són molt més alts en aquells, especialment sobre bivalves. Les dades sobre el Cretaci inferior són, però, escasses. A partir de l'Albià (TAYLOR et al., 1983) començaran a ser freqüents, sobretot de natícids que cacen bivalves.

Els percentatges de depredació a la mostra mitjançant *Oichnus* són baixos. Això no és diferent als estudis publicats per al registre fòssil o actual. HARPER (2005) donava un índex de depredació per perforacions del 6,85% per a una mostra de 248 exemplars d'un braquiòpode del Pliocè, que suposa practicats per gasteròpodes murícids. SIMÕES et al. (2007) registraven un índex molt baix, del 0,4%, per a una població actual del Brasil, i consideraven com a probables caçadors als natícids. Tanmateix, també s'ha registrat algun cas amb depredació alta (BAUMILLER I BITNER, 2004; BAUMILLER et al., 2006). RUGGIERO I BITNER (2007) han recopilat les xifres per a 54 braquiòpodes de diferents edats, de l'Eocè fins a l'actualitat, de la regió del Paratetis o la Mediterrània i, excepció feta dels casos acabats de citar, l'índex de depredació sempre és baix.

Del lloc on s'han practicat les perforacions, atesa l'escassa mostra, no es pot establir l'existència o no d'esterotipicitat, ni la selecció per mida. Només es pot indicar que s'ha constatat un major nombre d'exemplars amb la perforació en la valva ventral (un 82%, per a n: 11), a diferència del que indicava REOLID (2005).

Aquestes són les primeres dades publicades d'*Oichnus simplex* sobre braquiòpodes al Cretaci Inferior de la península Ibèrica i per a tot el registre fòssil de la conca del Maestrat. És el primer enregistrament per al món de braquiòpodes depredats per perforació de l'Aptià.

Es figuren per primera vegada els tipus de porus de les valves de *L. solei* (Fig. 4 B), amb alineacions horitzontals regulars, que a ull nu semblen una superfície

totalment llisa.

5. AGRAÏMENTS

A Joaquín Segura Collado, per l'ajuda en el treball de camp de la recollecció de la mostra. A Vicent Gual i Ortí, per la col·laboració en la confecció de les figures. A Carl Nugent, per la correcció del text en anglès. A la Fundació Caixa Castelló, pel recolzament al projecte de recerca dels holotips de Castelló i l'ajuda en el finançament del microscopi digital Edge, Dino-Lite. A tots els revisors que, amb les seues indicacions, han contribuït a la millora el text final.

6. BIBLIOGRAFIA

ACADÈMIA VALENCIANA DE LA LLENGUA (AVL), 2018: Corpus toponímic. Internet: <http://www.avl.gva.es> [consultat 19/05/2019].

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.

BAUMILLER, T. K., KOWALEWSKI, M., DELINE, B. L., HOFFMEISTER, A. P., AMÉZIANE, N., ELÉAUME, M. I D'HONDT, J. L. (2003): Drillholes in extant brachiopods and their implications for the history of predation. Geological Society of America, Abstracts with Programs (35,2), p. 7

BAUMILLER, T. K. I BITNER, M. A. (2004): A case of intense predatory drilling of brachiopods from the Middle Miocene of southeastern Poland. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology (35), p. 85-95.

BAUMILLER, T. K., BITNER, M. A. & EMIG, C. C. (2006): High frequency of drill holes in brachiopods from the Pliocene of Algeria and its ecological implications. Lethaia (39), p.313-320.

BENGSTON, S.& ZHAO, Y. (1992): Predatorial borings in late Precambrian mineralized exoskeletons. Science (257), p. 367-369.

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), p. 41-68.

BROMLEY, R. C. (1981): Concepts in ichnotaxonomy illustrated by small round holes in shells. Acta Geològica Hispànica. Concept and method in Paleontology 16 (1-2), p. 55-64. Barcelona.

- 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^o 4: 517 pp.
- CANÉROT, J., CUNY, P., PARDO, G. SALAS, R., I VILLENA, J. (1982). *Ibérico Central Maestrazgo*. In A. García (Ed.) *El Cretácico en España*: 273-344. Universidad Complutense de Madrid. Madrid.
- CLÉMENT, A. (2015): Révision des espèces du genre *Hemidiadema* Agassiz, 1846 (Euechinoidea, Camarodonta, Glyphocyphidae), de l'Aptien (Crétacé inférieur) d'Espagne. *Carnets Geol.* (vol. 15, núm., 20) , p. 279-329. Madrid.
- DELANCE, J. H. I EMIG, C. C. (2004): Drilling predation on *Gryphus vitreus* (Brachiopoda) off the French Mediterranean coasts. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeocology* (208), p. 23-30.
- FORNER, E. (2011): Espècies fòssils castellonenques. *Butlletí de la Societat Castellonenca de Cultura* (LXXXVII), p. 5-26. Castelló de la Plana.
- FORNER, E. (2018): *Heteraster guali* sp. nov. (Echinodermata: Echinoidea) de l'Aptià de la conca del Maestrat. *Nemus* 8. P. 33-53.
- FORNER, E. I CASTANY, J. (2013): Revisió de *Trapezium nucleus* (Coquand, 1865) (Mollusca, Bivalvia) de l'Aptià de la conca del Maestrat. *Treballs del Museu de Geologia de Barcelona*, 19: 49-57.
- FORNER, E. I GUAL, V. (2013): Primera addenda al catàleg de fòssils castellonencs. *Nemus* (3). p. 13-57. Castelló de la Plana.
- FORNER, E. I GUAL, V. (2016): Segona citació de *Grammatodon casanovai* (Bivalvia), del Barremià de Vallibona (els Ports, conca del Maestrat). *Butlletí del Centre d'Estudis de la Natura del Barcelonès Nord* (29), p. 55-67. Santa Coloma de Gramenet.
- FORNER, E., GUAL, V. I GOMBAU, E. (2015): Revisió d'*Orthopsis royai* Lambert, 1935 (Echinoidea) del Cretaci Inferior de Vallibona (els Ports, conca del Maestrat, NE de la península Ibèrica). *Nemus* (5), p. 27-43. Castelló de la Plana.
- FORNER, E. I MORENO-BEDMAR, J.A. (2018): *Conulus sanzgarcai* 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 I GRAUGES, A. (2014): Lower Cretaceous (Hauterivian-Albian) ammonite biostratigraphy in the Maestrat Basin (E Spain). *Journal of Iberian Geology* 40 (1), p. 99-112. Madrid.

- GORDILLO, S. (2013): Muricid boreholes in Pleistocene acorn barnacles from the Beagles Chanel: trophic interactions during the Last Interglacial in southern South America. *Alcheringa* (37), p. 1-8.
- GUAL, V. I FORNER, E. (2013): Sobre *Vidaliella gerundensis* (Vidal, 1883) del Paleogen de Vallibona (els Ports). *Nemus* (3), p. 81-91. Castelló de la Plana.
- GUIMERA, J. (1984): Paleogene evolution of deformation in north eastern Iberian peninsula. *Geol. Mag.* (121), p. 413-420. Cambridge.
- HARPER, E. M. (2005): Evidence of predation damage in Pliocene *Apletosia maxima* (Brachiopoda). *Paleontology* (vol., 48, part, 1), p.197-208.
- HARPER, E. M. I WHARTON; D. S. (2000): Boring predation and Mesozoic articulated brachiopods. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* (158): 15-24.
- KLOMPMAKER, A. A. (2011). Drilling and crushing predation on scaphopods from the Miocene of the Netherlands. *Lethaia* (44), p. 429-439.
- KLOMPMAKER, A. A., KARASAWA, H., PORTELL, R. W., FRAAIJE, R. H. B. I ANDO, Y. (2013). An overview of predation evidence found on fossil decapod crustaceans with new examples of drill holes attributed to gastropods and octopods. *Palaios* (28): 599-613.
- KLOMPMAKER, A. A., NÜTZEL, A. I KAIM, A. (2016): Drill hole convergence and a quantitative analysis of drill holes in mollusks and brachiopods from the Triassic of Italy and Poland. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* (457), p. 342-359.
- KLOMPMAKER, A. A., PORTELL, R. W., LAD, S. E. I KOWALEWSKI, M. (2015): The fossil record of drilling predation on barnacles. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* (426), p. 95-111.
- KOWALEWSKI, M., DULAI, A. I FÜRSICH, F. T. (1998): A fossil record full of holes: The Phanerozoic history of drilling predation. *Geology* (v. 26, núm. 12), p. 1091-1094.
- KOWALEWSKI, M., HOFFMEISTER, A. P., BAUMILLIER, T. K. I BAMBACH, R. K. (2005): Secondary evolutionary escalation between brachiopods and enemies of other prey. *Science* 308 (5729), p. 1774-1777.
- KOWALEWSKI, M., I NEBELSICK, J. H. (2003): Predation on recent and fossil echinoids. In Kelley, P. H., Kowalewski, M., Hansen, T. A, (eds.). *Predatory-Prey Interactions in the fossil record. Topics in Geology Series Vol. 20.* Kluwer Academic / Plenum Publishers. P. 279-302. New York.
- LAMBERT, J. (1935): Échinides crétales d'Espagne II. Sur quelques échinides crétales d'Espagne, communiqués par M. le prof. Royo y Gómez. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural* (35), p. 521-526. Madrid.
- LEIGHTON, L. R. (2003): Predation on brachiopods. In: Kelley, P.H., Kowalewski & M. Hansen, T. A. (Editors). *Predatory-Prey interactions in the fossil record. Topics in Geobiology Series Vol. 20.* Kluwer Academic Plenum Publishers. P. 215-237. New York.

- LI, R. Y., YOUNG, N. R. I ZHAN, R. B. (2011): Drilling predation on scaphopods and other molluscs from the Upper Cretaceous of Manitoba, Canada. *Palaeoworld* (20), p. 296-307.
- MARTINELL, J., KOWALEWSKI, I DOMÈNECH, R. (2012): Drilling predation on serpulid polyplachaetes (*Ditrupa arietina*) from the Pliocene of the Cope Basin, Murcia region, south-eastern Spain. *Plos One* 7 (4), e34576. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0034576>.
- MATAMALES-ANDREU, R., JUÁREZ-RUIZ, J. I FORNER, E. (2016): Revisió de dues espècies de macrogasteròpodes de l'Eocè de Vallibona (els Ports, Castelló) i consideracions estratigràfiques i paleoambientals. *Nemus* (6), p. 123-128. Castelló de la Plana.
- PASINI, G. I GARASSINO, A. (2012): Naticid gastropod and Octopodid Cephalopod predatory traces: Evidence of Drill Holes on the Leucosid Crab *Ristoria pliocainica* (Ristori, 1891), from the Pliocene of the "La Serra" Quarry (Tuscany, Italy). *Atti della Società italiana di Scienze naturali e del Museo civico di Storia naturale in Milano* (153): 257-266.
- PITARCH, T. I SERRET, J.M. (2008): Toponímia dels pobles valencians. Vallibona, els Ports. Acadèmia Valenciana de la Llengua. València.
- PICKERILL, R. K. I DONOVAN, S. K. (1998): Ichnology of the Pliocene Bowden shell bed, southeast Jamaica. In: Donovan, S.K. (ed.). *The Pliocene Bowden shell bed, southeast Jamaica. Contr. Tert. Quatern. Geol.*, 35(1-4), p. 161-175. Leiden
- REOLID, M. (2005): Asociaciones de braquiópodos del Oxfordiense medio- Kimmeridgiense inferior en la Zona Prebética (Sureste de España): Relación con las litofacies y el gradiente proximal-distal de la plataforma. *Revista Española de Paleontología*, 20 (1), p. 21-36. Madrid.
- REYMENT, R. I ELEWA, A. M. T. (2003): Predation by drills on Ostracoda. In: Kelley, P. H., Kowalewski, M., Hansen, T. A. (Eds.), *Predator-Prey Interactions in the Fossil Record* Topics in Geobiology Series Vol. 20. Kluwer Academic/Plenum Publishers, p. 93-112. New York.
- ROJAS, A., VERDE, M., URTEAGA, D. SCARABINO F. I MARTINEZ, S. (2014): The first predatory drillhole on a fossil chiton plate: an occasional prey item or an erroneous attack? *Palaios* (29), p. 414-419.
- RUGGIERO, E. T. I ANNUNZIATA, G. (2002): Bioerosion on a *Terebratula scillae* population from the Lower Pleistocene of Lecce area (Southern Italy). *Acta Geológica Hispànica* (37-1), p. 43-51.
- RUGGIERO, E. T. I BIETNER; M. A. (2007): Bioerosion on brachiopod shells –a Cenozoic perspective. *Earth and Environmental Science Transactions of the Royal Society f Edinburgh* (98), p. 369-378. Edinburgh.
- 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., (1987): El cicle Cretaci inferior al marge oriental d'Iberia. In R. Folch i Guillèn (Ed.) *Història Natural dels Països Catalans, Geologia I. Vol. 1: 333-348*. Enciclopèdia Catalana. Barcelona.
- SALAS, R. I GUIMERÀ, J. (1996): Rasgos estructurales principales de la cuenca cretácica inferior del Maestrazgo (Cordillera Iberica Oriental). *Geogaceta* (20), p. 1704-1706. Madrid.
- SALAS, R. I GUIMERÀ, J. (1997): Estructura y estratigrafía secuencial de la cuenca del Maestrazgo durante la etapa de Rift Jurásica superior–Cretácica inferior (Cordillera Ibérica Oriental). *Boletín Geológico y Minero* (108,4-5), p. 393-402. Madrid.
- SENGUTA, S. I NIELSEN, J. K. (2009): Bioerosion in Middle Eocene larger foraminifera *Nummulites obtusus* (Sowerby) from Lakhpatt, north-west Kutch, Gujarat, India. *Indian Journal of Geosciences* (V. 63, núm. 1), p. 81-86.
- SIMÕES, M. G., COELHO-RODRIGUES, S. & KOWALEWSKI, M. (2007): Comparative analysis of drilling frequencies in recent brachiopod-mollusk associations from the southern Brazilian shelf. *Palaios* (22), p. 143-154.
- SMITH, S.A., THAYER, C. W. I BRETT, C. E. (1985): Predation in the Paleozoic: Gastropod-like drill-holes in Devonian brachiopods. *Science* (230), p. 1033-1035.
- TAYLOR, J. D., CLEEVELY, R. J. I MORRIS, N. J. (1983): Predatory gastropods and their activities in the Blackdown Greensand (Albian) of England. *Paleontology* (26), p. 521-553.
- VILLANUEVA-AMADOZ, U., SANTISTEBAN, C. I 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>
- VILLEGAS-MARTÍN, J., ROJAS-CONSUEGRA, I KLOMPMAKER, A. A. (2016): Drill hole predation on tubes of sepiolid polychaetes from the Upper Cretaceous of Cuba. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* (455), p. 44-52.
- WILLIAMS, A. I ROWELL, A. J. (1965): Brachiopod anatomy. In *Treatise on invertebrate Paleontology, Part H, Brachiopoda, Volume 1*, Moore, R. C. (Editor):H6-H57. The Geological Society of America and The University of Kansas Press. Lawrence, Kansas (EUA).
- YOCHELSON, E. L., DOCKERY, D. I WOLF, H. (1983): Predation of sub-Holocene scaphopoda mollusks from southern Louisiana. *Geol. Surv. Prof. Pap.* (1282), p. 1-13.
- ZABALA, M. (1991): Els braquiòpodes. In *Història Natural dels Països Catalans, 8 Invertebrats no artròpodes*, Folch, R. (Editor). Fundació Enciclopèdia Catalana. Barcelona.

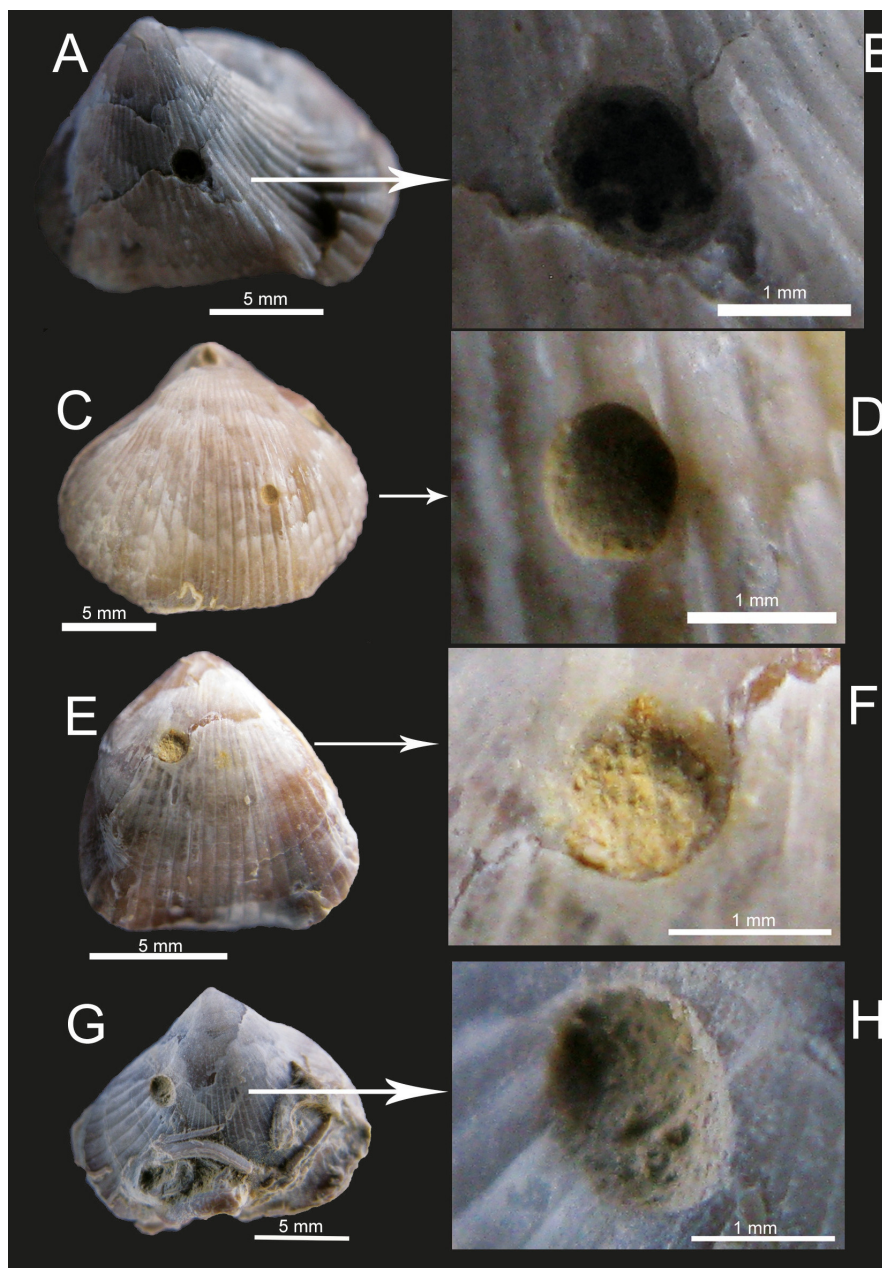


Figura 3. *Oichnus simplex* Bromley, 1981 sobre *Burrirhynchia miliani* (Calzada, 1971 de l'Aptià de Vallibona (conca del Maestrat). Exempler MGB 89166 A: vista valva ventral; B: detall *Oichnus*. Ex. MGB 89167 C: vista valva dorsal; D: detall *Oichnus*. Ex. MGB 89168 E: vista valva ventral; F: detall *Oichnus*. Ex. MGB 89170 H: vista valva ventral; I: detall *Oichnus*.

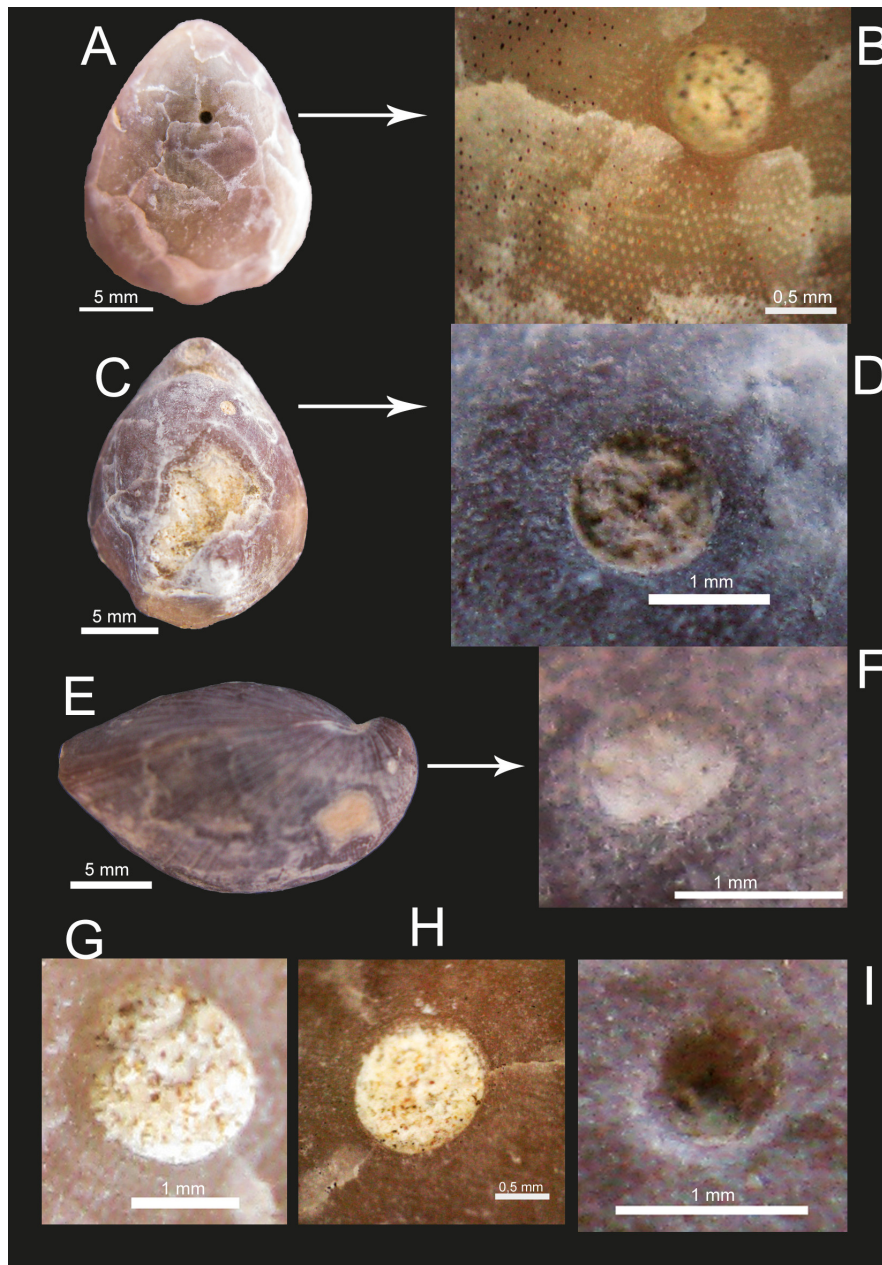


Figura 4. *Oichnus simplex* Bromley, 1981 sobre *Loriolithyris solei* (Calzada, 1976) de l'Aptià de Vallibona (conca del Maestrat). Exemplar MGB 89171 A: vista valva ventral; B: detall *Oichnus*. Ex. MGB 89175 C: vista valva dorsal; D detall *Oichnus*. Ex. MGB 89176 E: vista lateral; F: detall *Oichnus*. Ex. MGB 89172 G: detall *Oichnus*. Ex. MGB 89173 H: detall *Oichnus*. Ex. MGB 89174 I: detall *Oichnus*.