

# Estudi de la població d'un equinoïdeu irregular de l'Aptià de la subconca del Penyagolosa (serralada Ibèrica oriental)

Enric Forner, Jorge Adelantado, Joan Castany i Carme Castany

S'ha avaluat l'estructura d'edat d'una població d'un equinoïdeu irregular, *Pliotoxaster sp.* L'estudi s'ha fet mitjançant una mostra aleatòria d'un jaciment de l'Aptià inferior, de la subconca del Penyagolosa, conca del Maestrat, Serralada Ibèrica, Mediterrània occidental, que s'ha interpretat com una paleobiocenosi. S'ha considerat que els intervals de la longitud màxima representen els estadis de creixement. Es conclou que l'estructura d'edat és la normal d'una espècie en bones condicions, però s'interpreta que els primers estadis del creixement estan infrarepresentats a causa dels processos estratinòmics. L'espècie és infaunica, viu sempre colgada en el substrat tou, la qual cosa facilita que romanguí enterrada després de la mort i la seua fossilització. Però nosaltres apuntem la hipòtesi que els exemplars més joves estan colgats molt superficialment i per tant més sotmesos a la bioturbació i l'onatge. Això impediria que els juvenils arribaren a quedar enterrats de forma definitiva en una proporció similar als d'edat més avançada. Existiria una probabilitat de fossilitzar directament proporcional a la profunditat en la qual estan colgats en vida fins assolir una certa fondària on la probabilitat tendirà al màxim assolit i hi romandria sense variacions.

*Mots clau:* Echinoidea, Spatangoida, paleoecologia, diagrama de freqüències de grandària, estructura d'edat, Aptià, conca del Maestrat, serralada Ibèrica.

## Population dynamics of an irregular Echinoidea of the Aptian from the Penyagolosa sub-basin (eastern Iberian Range)

The age structure of an irregular echinoid population, *Pliotoxaster sp.* has been evaluated. The study was conducted by random sampling in a bed belonging to the inferior Aptian from Penyagolosa sub-basin (Maestrat basin, Iberian Chain), Western Mediterranean, that was interpreted to be a palaeobiocenosis. We considered growth stages based on length intervals. We concluded that the age structure was that of a population in good condition, but the earliest growth stages are underrepresented due to biostratinomy processes. *Pliotoxaster sp.* is infaunal, developing the life cycle buried in a soft substratum, which facilitates fossilization after death. We point to the hypotheses that younger specimens are very superficially buried and therefore more subject to bioturbation and wave action. That would prevent younger echinoids to get permanently buried in a ratio similar to adults. The fossilizing probability would be directly proportional to the depth at which echinoids are buried in life, until reaching a certain threshold of depth where the probability will tend to be the highest and would remain without variations.

*Key words:* Echinoidea, Spatangoida, palaeoecology, size-frequency distribution, age structure, Aptian, Maestrat basin, Iberian Chain.

És cert, com indica Fernández-López (2000), que el registre fòssil és parcial, està esbiaixat i presenta, o pot presentar, desordre estratigràfic. Tanmateix, cap ciència es basa en un coneixement total, per la qual cosa la parcialitat del registre fòssil no és per força una limitació seriosa de l'ús de dades paleontològiques per provar les hipòtesis geològiques o biològiques (Paul, 1992: 127). Per més que el registre fòssil

tinga totes les mancances que s'han dit, no hem d'oblidar que al remat emmagatzema un coneixement molt valuós, encara més, extraordinari, que ens trasllada una part de la informació de comunitats que van viure en un ecosistema concret fa molts milions d'anys. No intentar llegir-la pels inconvenients o dificultats esmentades seria malbaratar una font prodigiosa, com ja va apuntar Reguant (1991: 95).

Altra cosa és que no sapiguem sempre interpretar correctament tot allò que dorm als estrats. Cal, però, abans de fer interpretacions paleobiològiques, tenir en compte una sèrie de variables pel que fa a la part que no veiem. Això és, els animals sense parts dures que no han fossilitzat, les alteracions que s'han pogut produir en tot el procés fins la recollida de la mostra fòssil analitzada, o simplement tots els aspectes lligats a les dinàmiques de poblacions que deurien tenir les comunitats en què van viure que no deixen empremtes en el registre fòssil. Les dades poden estar esbiaixades. S'han de dissenyar acuradament les hipòtesis i la manera de contrastar-les si el que es vol és extraure conclusions vàlides. S'ha de fer prèviament un estudi tafonòmic que ens indique si les possibles alteracions ens permeten obtenir conclusions vàlides (Martinell, 1997: 138). I és necessari, també, quan no podem estudiar el total de la població, treballar amb una mostra estadísticament significativa i que estiga recollida a l'atzar (Martinell, Domenech & Marquina, 1980: 137). Possiblement la suma de tots aquests condicionants fa que no abundin els estudis sobre l'estructura d'edat de les poblacions fòssils; i els que hi ha es concentren en períodes recents, del Miocè ençà (De Renzi & Martinell, 1979; Porta, 1980). Els estudis sobre dinàmica poblacional d'equinoïdeus del Cretaci són molt escassos. Només coneixem un estudi sobre dinàmica i estructura de la població d'un equinoïdeus del Cretaci inferior de la serralada Ibèrica (Forner & Castany, 2010), en concret, sobre l'espècie *Heteraster oblongus* (Brongniart, 1821) de la subconca de Morella.

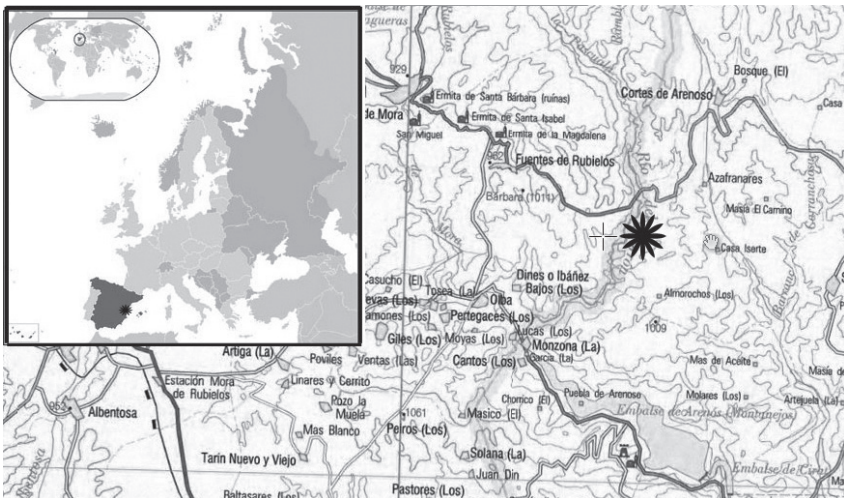
## Material i mètodes

### Marc geogràfic i geològic

El jaciment del Riu Morrón està situat a 5 Km al sud oest del municipi de Cortes de Arenoso, a l'est de la península Ibèrica, a la vora del riu Morrón, (Figura 1), dins el terme municipal de Fuentes de Rubielos (Terol). Per més precisions sobre la localització cal adreçar-se a la Direcció General

de Patrimoni Cultural del Govern d'Aragó (patrimoniocultural@aragon.es). La zona estudiada se situa en 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 (Guimerà, 1984). Salas i Guimerà (1996, 1997) l'han definit com a conca cretàica inferior del Maestrat i l'han dividit en set subconques. El jaciment pertany a la subconca del Penyagolosa. Estratigràficament correspon a l'Aptià, a la formació Margues del Forcall (Canerot, 1982). A la subconca de Morella aquesta formació ha estat subdividida en tres trams (Canerot, 1982; Salas, 1986; 2003) i el jaciment estudiat pertany al superior anomenat Margues de Morella la Vella. Els materials que el conformen són de colors ocres, beixos, esgrogueïts. El constitueixen margues amb paquets de wackestones nodulosos intercalats i puntualment argiles. Les margues de Morella la Vella pertanyen a l'Aptià, concretament al Bedulià Superior, corresponent a una fase de transgressió marina, i representen ambients oberts i distals d'una plataforma de carbonats, plenament marins, tot i que d'aigües somes i d'una certa proximitat al continent. Així ho indiquen l'entrada d'argiles, la gran diversitat de coralls (un element singular d'aquest jaciment) i la conservació d'esculls, que dóna la particularitat d'un paisatge molt trencat, de forts pendents a causa de les barres coral·lines, calcàries, de major duresa que la zona margosa que van generar les zones de sedimentació entre les barres coral·lines, les quals, atesa la menor resistència a l'erosió, han estat excavades per la xarxa fluvial de torrents i rius.

A nivell general, durant el Cretaci es considera que l'àrea estudiada quedaria dins del cinturó d'aigües tropicals de la terra, en base a la distribució d'organismes típics d'aigües càlides com ara els foraminífers (significativament els Orbitolínids), els Rudistes i el repartiment de les potents acumulacions de calcàries de plataforma; això fa suposar que la zona tindria un clima càlid i humit semblant al que actualment hi ha entre les latituds 20° i 25° (Rat, 1982: 1066-1068). Els mapes paleogeogràfics de Dercourt et al. (1986) situen la conca del Maestrat durant l'Aptià en una paleolatitud



**Figura 1** | Mapa amb la localització del jaciment del Riu Morrón (Fuentes de Rubielos, Subconca del Penyagolosa; Mediterrània occidental).

**Figure 1** | Geographic map with the fossiliferous locality; River Morrón (Fuentes de Rubielos, Penyagolosa sub-basin; Western Mediterranean).

aproximada d'entre 26° i 27,5°, un poc més al nord; el clima global de la Terra era més càlid que l'actual.

## Material

S'han recollit, en l'àrea delimitada (700 m<sup>2</sup>), de forma exhaustiva, tots els fòssils majors de 5 mm i fragments que es poguessin assignar a un sol individu. En total la mostra recollida és de 2.971 exemplars, entre ells 1.871 de *Pliotoxaster sp.* Els fòssils corresponen a 86 espècies. El material es diposita al Museo Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel - Dinópolis (FCPTD). Per al estudi tafonòmic s'han pogut estudiar al camp, dins l'estrat, els fòssils en la seua posició original de 41 exemplars d'equinoïdeus (Taula 1).

## Mètode

D'acord amb el criteri de Martinell, Domenech & Marquina (1980: 134) es considera que un estudi paleoecològic ha de basar-se en les premisses d'un estudi tafonòmic del jaciment i una mostra establerta amb mètodes estadístics i aconseguida mitjançant tècniques que asseguren l'atzar en la recollida dels exemplars.

Dins de l'estudi s'ha fet una recerca (28/07/2010) de tots els exemplars d'equinoïdeus (n = 41) que es podien observar en la capa, inclosos en la matriu sòlida; s'ha anotat la posició de cada exemplar, si estava sencer o trencat i si presentava marques de predació o incrustacions.

Partint de la característica que els equinoïdeus tenen un creixement al llarg de tota la vida, s'ha considerat la dimensió màxima com un indicador de l'edat. De fet, la utilització de la longitud de la conquilla (size-frequency diagram) en invertebrats que no tenen una parada de creixement ha

estat usada generalment per analitzar l'estructura d'edat d'una població. I quan ha estat possible fer una comparança de la utilització de la longitud de la conquilla amb altres procediments més directament relacionats amb estadis de creixement, com ara el nombre de voltes en gasteròpodes, ha donat corbes de creixement molt semblants en ambdós procediments (Porta, 1981: 50-51). La longitud, en un equinoïdeus irregular, és la dimensió màxima de l'eix anterior-posterior. S'han establert vuit estadis de creixement. Per a l'obtenció de la longitud dels intervals de classe s'ha seguit a Domenech (1982: 240). S'analitza, en conseqüència, l'estructura d'edat de l'espècie a partir del moment en el que van morir; es representa mitjançant un diagrama de freqüència de l'edat.

Per a l'obtenció d'una mostra significativa per estimar les proporcions de cada classe (Domenech, 1982: 83), se s'han escollit els primers 1041 exemplars recollits a l'atzar en el camp, d'ells, únicament s'han pogut mesurar amb precisió les tres dimensions a 827 individus (risc del 5%, precisió 3,5%). S'han descartat tots aquells que, bé per trencaments o deformacions, bé per contenir restes de matriu, no permetien la mesura exacta. Tots els exemplars corresponen a un mateix jaciment i a un mateix estrat d'una potència prospectada de pocs centímetres.

Per tal que l'elecció de la mostra fóra a l'atzar, s'ha traçat un quadrat al jaciment, d'uns 700 m<sup>2</sup>, el qual, ateses les seues reduïdes dimensions, n'abastava una part important, i dins del mateix s'han recollit en superfície tots els macrofòssils (majors de 5 mm). Tots els exemplars de l'equinoïdeu estudiat s'han identificat. Els primers 1.041 *Pliotoxaster sp.* s'han numerat i mesurat amb peu de rei; les mesures es donen en mm arrodonides a dècimes de mm.

Per a comptar els individus de la comunitat, només s'han recollit fragments superiors a 5 mm; la fragmentació és rara excepte en Ostreidae, en la qual s'ha fet una estimació en funció de les restes de l'espècie concreta i les seues dimensions; en el cas de Cnidaria estan comptabilitzats com a individus totes les restes tot i que en tots els casos són coralls colonials; per al cas de l'equinoïdeu, provisionalment classificat com *Sterocidarid pyrenaica*, Cotteau, 1862, se n'ha de remarcar la notable presència al jaciment i que ja s'havia citat al municipi confrontant de Cortes de Arenoso (Villalba, 2003: 52), d'aquest equinoïdeu, sovint es conserven bé les radioles però molt rarament la carcassa, per això s'ha comptabilitzat cada grup de plaques o cada 40 radioles com un exemplar (les 233 radioles recollides dona una estimació de 6 individus).

Per a la caracterització de la matriu, s'ha preparat la mostra amb assecat a l'aire i tamisat a 125 µm. Mètode emprat: Difracció de raigs X en Difractòmetre Siemens 5000, Anticàteda de coure, filtre de Ni, 1,54406 Å, de 10 1 100 °2θ, step 0,05 °2θ, step time 2s. C = Calcita (CaCo<sub>3</sub>) Int. Pic. 29,4 °2θ; Q = Quars (SiO<sub>2</sub>) Int. Pic 26,7 °2θ.

En la sistemàtica, nomenclatura i ecologia s'ha seguit el Treatise on Invertebrate Paleontology de Moore (Durham, 1966; Fischer, 1966) i les opinions de Kroh (2010); per l'espècie s'ha seguit a Villalba (1993; 2003) i Domínguez et al.

Equinoïdeus dins la capa	n	Percentaje
Total exemplars	41	
<i>Pliotoxaster sp.</i>	36	87,8
<i>Holaster prestensis</i>	4	9,76
<i>Tetragramma sp.</i>	1	2,44
Índex regulars/irregulars		2,44
<b>Posició</b>		
En vida	21	51,22
Invertit	14	34,15
De costat	6	14,63
Sensors	39	95,12
Trencats	2	4,88
Marques de predació	6	14,63
Sense marques	35	85,37

**Taula 1** | Equinoïdeus dins l'estrat. Aptià del Riu Morrón (Fuentes de Rubielos, Terol).

**Table 1** | Equinoids within the stratum. From Aptian of the Morrón River (Fuentes de Rubielos, Teruel).

(2009); i en la terminologia tafonòmica a Kidwell, Fürsich i Aigner (1986) i De Renzi, Martinell i Reguant (1978). Abreviatures emprades: L=Longitud màxima de l'eix anterior-posterior dels equinoïdeus; A=Amplada; H=alçada màxima assolida entre la cara oral i l'apical. Totes les mesures estan en mm.

## Resultats

### Tafonomia

Els resultats dels exemplars que s'han pogut analitzar en la matriu s'han portat a la Taula 1. L'espècie *Pliotoxaste* sp. és la dominant. L'índex regulars/irregulars és un bon indicador de la conservació d'uns organismes tan fràgils, segons la forma de vida, entre els animals epibentònics i el endobentònics, amb un predomini absolut per als primers. Hi ha un moderat predomini dels fòssils que conserven la posició de vida, un terç d'invertits i un 15% que estan de costat. El 95% estant sencers i els dos exemplars trencats, amb un tall net, s'han interpretat com trencaments provocats pel gel. El jaciment està a una altitud 800 m i a l'interior, a una distància d'uns 54 Km de la mar, amb uns hiverns marcats per la continentalitat. En un 15% s'aprecien marques de predació. Dins de la mostra recollida, en els fòssils separats de la capa, el nivell de fragmentació és molt baix fora de superfamília Ostracea i el filum Cnidaria, i encara en la majoria de casos per talls frescos. Aquests trencaments es poden assignar amb posterioritat al desenterrament. Dels 1.041 *Pliotoxaster* sp. de la mostra, en 827 casos s'ha pogut mesurar la longitud amb precisió i en 731 les tres dimensions. En cap fòssil s'ha pogut apreciar rodament previ al seu enterrament definitiu. El jaciment no presenta cap classificació de material en funció de la seua grandària o pes. Apareixen junts fòssils de mil·límetres i exemplars grans. Són fòssils que no van estar sotmesos a cap gran transport postmortem. No hi ha cap element que constate mescla de comunitats de diferents edats.

El nivell d'incrustacions que presenten els equinoïdeus irregulars és molt baix (2,5 % per a n=408), com es pot veure

	n = 408	%
Sencers	382	93,63
Trencats	26	6,37
Incrustacions	10	2,45
Sense incrustacions.	398	97,55
Marques predació	107	26,23
Sense marques	301	73,77
Meteorització	220	53,92
Sense meteorització	188	46,08

**Taula 2** | Característiques tafonòmiques d'una mostra de *Pliotoxaster* sp. de l'Aptià de Riu Morrón (Fuentes de Rubielos).

**Table 2** | Taphonomic characteristics of a sample of *Pliotoxaster* sp. from Aptian of the Rio Morrón (Fuentes de Rubielos).

a la Taula 2. La marques de predació afectarien a una quarta part de la població conservada. S'ha registrat l'existència de meteorització en els equinoïdeus, aquesta circumstància posterior al desenterrament, és l'efecte produït en el fòssil per l'efecte lleugerament àcid de la pluja que va dissolent la conquilla de calcita. Indicaria que una bona part dels fòssils recollits (el 54%) portaven un cert temps exposats a l'atmosfera abans de ser recol·lectats.

Hi ha un percentatge significatiu de motlles interns de bivalves (3,7%; 110 ex.). La conservació d'un motlle intern de bivalve pressuposa que l'exemplar es va conservar articulat fins l'enterrament definitiu, durant un període llarg fins fossilitzar, la dissolució de la conquilla és molt posterior. La conservació de valves articulades és un indicador d'un medi de baixa energia.

Entre els processos fòssildiagnètics cal remarcar la dissolució de totes les conquilles formades per aragonita. No s'ha trobat cap gasteròpode amb conquilla, ni cap bivalve llevat de les famílies que tenen conquilles, total o en gran part, de calcita (Superfamílies Ostracea, Pectinacea). Dels bivalves d'aragonita s'han conservat únicament els motlles interns. No s'han observat processos de deformació per pressió dins la capa, ni recristalitzacions.

Els processos posteriors al desenterrament, parcial o total, més freqüents són la meteorització per l'aigua de pluja que va dissolent el carbonat, que abasta més de la meitat de la mostra (Taula 2) i algun cas de fractura per gelificació quan el fòssil està encara integrat en la matriu (6%).

La matriu dura ha donat en laboratori el següent resultat: aspecte: grisa /compacta; DRX: C(1100)Q(80). No presenta fases argilènques significatives. El Quars té en els components una participació molt baixa davant la Calcita.

### Comunitat

La riquesa total d'espècies del jaciment del riu Morrón és d'almenys de 86 tàxons, que pertanyen a 9 filums. Amb un paper predominant dels mol·luscs amb més de la meitat de les espècies registrades. El més significatiu, però, és la riquesa de coralls, amb la quarta part de les espècies registrades.

Filum	espècies	%	individus	%
Echinodermata	8	9,2	1941	65,39
Brachiopoda	5	5,75	338	11,38
Mollusca	46	52,86	487	16,4
Anellida	1	1,15	9	0,30
Cnidaria	22	25,29	57	1,92
Porifera	2	2,3	14	0,47
Protista	1	1,15	121	4,08
Bryozoa	1	1,15	1	0,03
Chordata	1	1,15	1	0,03
Total	86	100,00	2969	100,00

**Taula 3** | Distribució per filums

**Table 3** | Phyla distribution

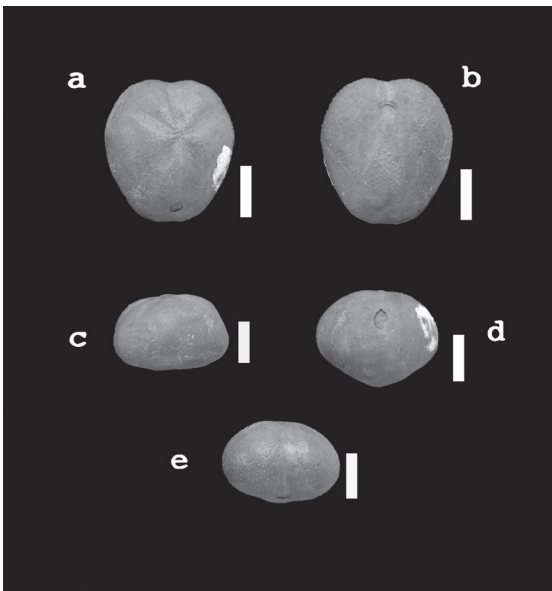
Echinodermata amb 7 espècies i Brachiopoda amb 6 són els altres dos filums amb un pes destacat en la biodiversitat conservada en la comunitat fòssil.

Apareix el bivalve *Plicatula placumea* Lamarck 1819, amb molta freqüència, 119 exemplars (4% de la mostra). Aquest fòssil es va utilitzar durant molt de temps per caracteritzar el final del Bedulià, les “margues amb Plicatules”. També té una moderada representació (9 ex. 0,3%) el braquiòpode *Burrirhynchia miliani* (Bataller 1947) que fins ara només s’ha citat (Bataller, 1947; Casanova, 1974) en el tram superior, les *Margues de Morella la Vella*, de la Formació *Argiles de Forcall*.

El filum Echinodermata és absolutament predominant en quant al nombre d’individus (65%, Taula 3). S’ha portat a la Taula 4 la freqüència amb què apareixen cada una de les espècies de la classe Echinoidea, que representa la quasi totalitat del filum, excepció feta d’un crinoideu, que aporta dos exemplars.

### Estudi poblacional

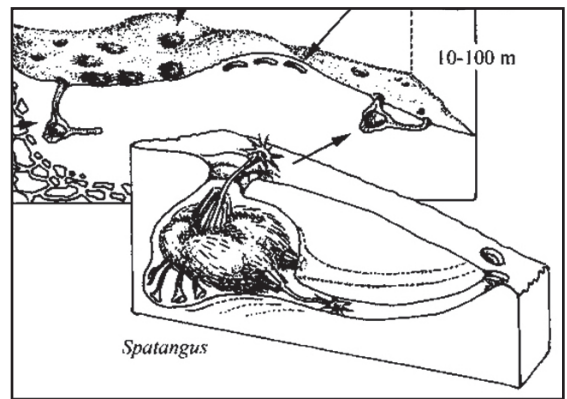
L’espècie estudiada, *Pliotoxaster sp.*, és un equinoideu irregular de l’ordre Spatangoida (Fig. 2). En aquest ordre, les espècies són infauniques, detritívores, amb adaptacions a la forma de viure colgat (Fig. 3). La majoria dels equinoideus irregulars actuals viuen més o menys enterrats en substrats d’arena o fang (Durham, 1966: U259). S’interpreta que *Pliotoxaster sp.* vivia enterrat dins del substrat tot de manera permanent (Figura 3), excavant túnels per desplaçar-se. Aquestes característiques afavoreixen un alt percentatge de



**Figura 2** | *Pliotoxaster sp.* de l’Aptià de Fuentes de Rubielos: Escala = 10 mm. **A)** vista aboral. **B)** vista oral. **C)** vista lateral. **D)** vista posterior. **E)** vista anterior.

**Figure 2** | *Pliotoxaster sp.* from Aptian of the Fuentes de Rubielos: Scale bar = 10 mm. **A)** aboral view. **B)** oral view. **C)** lateral view. **D)** posterior view. **E)** anterior view.

fossilització i que aquesta es produeix en perfectes condicions. De fet, dels 1939 equinoideus recollits en el conjunt de la mostra, només 28 (el 1,44%) eren regulars, epibentònics, davant dels 1911 (el 98,56%) irregulars, són endobentònics (Taula 4); la proporció dels primers (<1,5%), no es pot correspondre, òbviament, amb la comunitat viva. El biaix en el registre fòssil dels equinoideus lligat al modus de vida ja ha estat assenyalat (Kier, 1977; Greenstein, 1993). La carcassa dels eriçons és poc gruixuda i la componen múltiples peces que es poden desarticular si no queda enterrada ràpidament. La desarticulació de la corona dels equinoideus que queden exposats és qüestió de dies (Kidwell & Baumiller, 1989 i 1990; Greenstein, 1991). El mineral que la conforma, però, és calcita, que és més estable que l’aragonita, per la qual cosa en condicions d’enterrament immediat es conserven bé; també pot jugar un paper en la conservació dels irregulars tenir l’estómac ple de sediment, atès el seu caràcter detritívor. Per aquestes característiques (ser infauníc i amb conquilla de calcita), s’ha escollit aquesta espècie per estudiar l’estructura d’edat. Hi ha pocs exemplars que presenten incrustacions (el 2,25%, n= 408), circumstància que indica que no han quedat exposats fora del substrat en cap moment. Un cas contrari de desenterrament posterior és descrit per Zamora et al. (2008) en una població d’equinoideus irregulars del Cretaci superior d’Olazagutia (Navarra). L’enterrament “in situ” conformarà una paleobiocenosis o comunitat fòssil que en principi hauria de registrar fidelment la composició específica i l’estructura d’edat dels organismes amb parts dures, com han indicat Fürsich (1990: 237) i Martinell (1997: 143). En les mostres, les agressions de depredadors afecten al 2% i podrien pertànyer a atacs no reeixits o que, tot i causar la mort de l’equinoideu, aquest no va ser consumit. No es pot, però, avaluar l’impacte total de la depredació sobre l’espècie perquè no queda constància ni de la pèrdua que suposa la desaparició total de l’exemplar ni de les fracturacions totals de les conquilles que podien



**Figura 3** | Modus de vida infauníc dels Echinoidea de l’ordre Spatangoida. Pres de Dominguez et al.(2009)

**Figure 3** | Infaunal lifestyle of Echinoidea Order Spatangoida. From Dominguez et al.(2009)

Echinoidea. Espècie	ex.	%
Irregulars		
<i>Pliotoxaster sp.</i>	1871	96,49
<i>Holaster prestensis</i> (Desor, 1869)	40	2,06
Regulars		
<i>Codiopsis sp.</i>	1	0,05
<i>Tetragramma malbosii</i> (Agassiz & Desor 1846)	14	0,72
<i>Tetragramma sp.</i>	2	0,10
<i>Sterocidaritis pirinaica</i> (Cotteau 1862)	8	0,41
<i>Salenia sp.</i>	3	0,16
Total	1939	100

**Taula 4** | Distribució de la classe Echinoidea, al jaciment del riu Morrón.

**Table 4** | Distribution of the class Echinoidea, at the the Morrón river site.

impedir la fossilització, atès que, per accedir a la carn, el caçador havia de rompre la conquilla. En tot cas, no presenten un efecte important sobre la viabilitat de la població, que continuarà estant ben representada.

*Pliotoxaster sp.* és l'espècie dominant en la comunitat fòssil, amb un 63% dels exemplars totals. No és l'únic equinoideu irregular que s'ha recol·lectat, també hi ha *Holaster prestensis* (Desor 1869) en una proporció del 2%. La longitud dels exemplars de *Pliotoxaster* recol·lectats presenten un rang que va dels 8,07 mm als 38,73 mm. S'han establert 8 estadis de creixement (Taula 5 i Figura 4). Els primers quatre estadis de creixement donen xifres inferiors al següent. Presenten una distribució unimodal situada al cinquè estadi (21 a 23,9 mm). I és a partir d'aquest quan decreixen progressivament en la seua participació del total. A la darrera classe la davallada és molt important respecte l'anterior com es pot esperar dels exemplar més vells.

Les relacions entre les tres mesures de longitud, amplada i alçada que ha quedat registrada en la població del jaciment

Estadi	interval L	n	%
1	< 12	29	3,51
2	12 a 14,9	83	10,04
3	15 a 17,9	133	16,08
4	18 a 20,9	168	20,31
5	21 a 23,9	171	20,67
6	24 a 26,9	117	14,15
7	27 a 29,9	83	10,04
8	>29,9	43	5,20
	Total	827	100

**Taula 5** | Distribució per intervals de longitud (L) de *Pliotoxaster sp.* de l'Àptia del riu Morrón (Fuentes de Rubielos).

**Table 5** | Length intervals (L) distribution of *Pliotoxaster sp.* from Aptian of the Morrón River (Fuentes de Rubielos).

de Riu Morrón no s'ajusta plenament a les indicades per a *Pliotoxaster collegnii*, amb qui es podia confondre. D'Orbigny (1853) mencionava uns exemplars quasi tant amples com llargs (A/L = 0,99) i amb una alçada de dos terços de la longitud (H/L = 0,66). Les dades de la població analitzada, Taula 6, són prou inferiors A/L = 0,90 i H/L = 0,57, corresponen a individus menys amples i menys alts. Villalba (1991: 352), dona per *P. collegnii* unes mesures (per n = 6) que estan entremig de les anteriors en l'amplada (A/L = 0,94) i molt semblant a la d'Orbigny en l'alçada (H/L = 0,67), encara que referides a exemplars juvenils. I com es pot apreciar en la Taula 6 l'alçada té una evolució al llarg del creixement amb una tendència a la disminució en termes relatius. Potser es tracta d'una espècie nova encara no descrita.

En la població estudiada, amb un màxim de 38'7 mm, no s'assoleix ni de lluny, per cap individu la longitud de 43 mm que indicava d'Orbigny (1853) per *P. collegnii*.

Hi ha una total estabilitat a través de tots els estadis de desenvolupament entre la relació de l'amplada i la longitud, que roman en el 90%. Per contra, l'alçada, en termes relatius, va disminuint al llarg de les etapes de creixement: com més vells més aplanats, menys alts, en proporció a la longitud o l'amplada.

## Discussió i conclusions

### Tafonomia

Els fòssils en capa no presenten cap orientació definida, estan sencers (95%) i no presenten mostres de fragmentació ni d'arrossegament. Els pocs exemplars trencats (2 dels 41), observats en la capa, de tall net al marge de la matriu, s'han assignat a processos post desenterrament per efecte del gel en trencar la matriu. L'aigua no penetra en el fòssil sencer de l'eríç, però sí que pot fer-ho en la matriu, que en trencar-se pot partir-ne algun. El jaciment està a una altitud d'uns 800 m sobre el nivell de la mar, on les gelades no són

Estadi	interval L mm	n	A/L	H/L	H/AI
1	< 12	26	0,90	0,62	0,69
2	12 a 14,9	76	0,90	0,61	0,67
3	15 a 17,9	121	0,90	0,60	0,66
4	18 a 20,9	152	0,90	0,58	0,64
5	21 a 23,9	149	0,90	0,57	0,64
6	24 a 26,9	105	0,90	0,56	0,62
7	27 a 29,9	69	0,90	0,56	0,62
8	>29,9	33	0,91	0,53	0,58
	Total	731	0,90	0,57	0,64

**Taula 6** | Relacions entre les dimensions de la població de *Pliotoxaster sp.* per estadis

**Table 6** | Relationships between the size of the population of the *Pliotoxaster sp.* by stages.

rares. No hi ha hagut arrossegament hidrodinàmic abans de l'enterrament, per tant no hi ha fenòmens de selecció dinàmica de materials. En cap dels exemplars hi ha signes de rodament. El 51% dels casos conserven la posició de vida, el 34% estan invertits (boca cap amunt) i el 15 % restant en posició lateral; la ubicació inestable d'aquests darrers només és imaginable en un substrat amb certa consistència, fangós. No hi ha una participació important de quars en la matriu segons l'anàlisi de la matriu dura, per la qual cosa hem de descartar sols arenosos. Tot indicaria un ambient de baixa energia.

Quant als fòssils solts que s'han recollit també podem arribar a conclusions similars. Entre els 1.041 *Pliotoxaster sp.* mesurats sense sotmetre'ls a cap procés de neteja, en el 80% dels casos s'ha pogut fer la mesura de la longitud i en el 70 % de les tres dimensions. Estan sencers. En cap dels fòssils s'ha pogut apreciar cap mostra d'arrossegament. Tampoc el jaciment presenta cap signe de classificació de materials, que suposaria treballs de transport. S'han trobat fòssils mil·limètrics al costat de grans exemplars sense cap patró de distribució per la grandària o el pes, per la qual cosa hem de descartar totalment l'arrossegament d'altres biocenosis: amb l'excepció de les conquilles d'algun ammonit, atesa la seua capacitat de transport al surar després de morts. L'existència d'una certa quantitat de motlles interns de bivalves també pressuposa un nivell d'energia relativament baix i poc transport. Perquè es conserve un motlle intern de bivalve ha calgut que les dues valves romanguen articulades, ja que el procés de dissolució de la conquilla és molt posterior. La conservació és bona: en alguns exemplars es poden comptar tots els tubèrculs on s'insereixen les radioles, es veuen els gonoporus, el madreporit i els porus ambulacrals. No s'ha apreciat desordre estratigràfic. No s'han apreciat, en els equinoïdeus, de forma generalitzada, incrustacions post mortem (només un 2,45%, n=408), de la qual cosa s'ha interpretat que els fòssils no han estat exposats inicialment ni exhumats amb posterioritat.

Entre les alteracions diagenètiques dels fòssils, l'única remarkable és la constatació d'un procés de dissolució de les conquilles d'aragonita, els fòssils que tenen aquesta constitució només s'han conservat en forma de motlle intern, com tots els gasteròpodes i els bivalves que tenen conquilles

d'aquest mineral. Per contra, tots els que estan formats per calcita han conservat la conquilla: els braquiòpodes, els equinoïdeus, i les famílies de bivalves Ostreidae i Pectinidae, com *Cerastostreon tuberculiferum*, Koch & Dunker, 1837; *Neithea atava* (Roemer, 1839). En conclusió, no s'hi constaten processos biostratinòmics, ni fòssildiagenètics que puguin alterar l'estructura d'edat de l'espècie analitzada.

Les úniques alteracions remarcables en els fòssils dels equinoïdeus són actuals, després de ser desenterrats i quedar exposats. Són els processos de meteorització; mostren una dissolució parcial i poc intensa de la calcita de la conquilla per l'efecte de la pluja, lleugerament àcida pel CO<sub>2</sub> dissolt. També hi ha algun trencament recte per fractura de la matriu causada pel gel. En qualsevol cas, aquests fenòmens no alteren ni la composició de l'estructura de edat de l'espècie ni el percentatge de la comunitat perquè no han eliminat cap individu. No s'aprecia que actue cap element de forma diferencial per la grandària del fòssil.

Altra cosa seria l'anàlisi de la comunitat, per la freqüència d'individus. En aquest cas cal considerar que la comunitat fòssil pateix dos biaix importants, com es pot interpretar de la Taula 7, si hom analitza la important discrepància entre els percentatges per nombre d'espècies i d'exemplars atenent a la composició mineralògica o a la forma de vida. En el primer cas, la dicotomia calcita/aragonita, on les espècies d'aquesta última representen el 38% del total de la riquesa absoluta del jaciment mentre que només representen un 5% del total d'exemplars, fa pensar que, si més no, en aquest últim aspecte, el nombre de individus, els organismes, la conquilla dels quals és d'aragonita, estan subrepresentats en la mostra. Respecte a la forma de vida també és pot intuir de les dades de la Taula 7, on les espècies epibentòniques de la mostra representen un 88% de la riquesa total, mentre que sols representen un 28% dels exemplars, una subrepresentació del nombre d'individus epibentònics. Aquesta anàlisi també podem fer-la si restringim la mostra a la classe Echinoidea, per tant eliminem l'efecte de la composició mineralògica. Les dades s'exposen en la Taula 8. La conclusió és similar: considerant el nombre d'exemplars davant el d'espècies, els equinoïdeus regulars, epibentònics, estan molt subrepresentats, ja que només suposen un 1,5% del total tot i tenir el 71% del nombre d'espècies la comunitat fòssil (Taula 8). Davant d'ells, els irregulars, endobentònics, representen en la mostra el 98,5 % únicament amb dues espècies. Queda clar, doncs, el biaix del registre fòssil per

	sp n	sp %	ex. n	ex. %
Calcita	52	61,9	2829	95,35
Aragonita	32	38,1	138	4,65
Total	84	100	2967	100
Epifaunic	50	87,72	766	28,19
Infàunic	7	12,28	1951	71,81
Total	57	100	2717	100

**Taula 7** | Conservació segons constitució conquilla i forma de vida

**Table 7** | Conservation as shell constitution and way of life.

Echinoidea	espècies	%	exemplars	%
Irregulars	2	28,57	1911	98,56
Regulars	5	71,43	28	1,44
Total	7	100	1939	100

**Taula 8** | Distribució dels equinoïdeus segons forma de vida. Riu Morrón (Fuentes de Rubielos).

**Table 8** | Distribution of equinoids as way of life. Morrón River (Fuentes de Rubielos).

motius bioestratigràfics (la forma de vida), com va indicar Kier (1977) i amb alguna matisació ha constatat Greenstein (1993) de l'estudi de biocenosis i tafocenosis de poblacions actuals.

No s'ha pogut constatar cap procés de time averaging (Fürsich, 1990), que nosaltres anomenem condensació temporal, davant altres possibles traduccions com ara "d'homogenització temporal" (Martinell, 1997: 139) o "promedio temporal" (Fernández-López, 2000: 273), perquè no s'ha pogut establir la velocitat de sedimentació. La capa explorada és centimètrica. En qualsevol cas, d'haver existit, no sembla que aquest fenomen haguera pogut afectar a l'estructura d'edat de la població; potser sí a la densitat de la concentració o a l'increment de la biodiversitat de la comunitat.

Segons l'estudi tafonòmic, hem de concloure que ens trobem davant d'una paleobiocenosi, una comunitat fòssil formada per elements pertanyents a la mateixa antiga biocenosi que no ha estat transportada. La qual cosa ens permet fer interpretacions paleoecològiques (Reguant, 1991: 94). La mostra, però, pot presentar un biaix (subrepresentació en el nombre d'exemplars) de les espècies epibentòniques i amb conquilla d'aragonita. Cosa que no és un inconvenient per fer un estudi poblacional de l'espècie escollida, *Pliotoxaster sp.*, endobentònica i d'exoesquelet de calcita. En el cas de l'*Holaster*, l'altre equinoideu irregular, existeix la dificultat de l'escàs nombre (40) a efecte de la precisió estadística. Per contra, qualsevol interpretació de la comunitat hauria de recolzar-se en el nombre d'espècies abans que en la d'exemplars.

## Comunitat

Tots el fòssil són marins. La presència important d'equinoïdeus, braquiòpodes i coralls fa pensar en una salinitat plenament marina que no pateix fluctuacions importants atès el caràcter estenohalí dels equinoïdeus que els fan bons indicadors de la paleosalinitat (Villalba, 2003: 47). Potser es tractés d'un espai d'aigües relativament somes, un lagoon o situació relativament protegida, un ambient d'energia moderada. Considerant que apareix tant una fauna de substrat tou com dur, d'acord amb les apreciacions geològiques en camp, el jaciment pot representar una zona de contacte entre un escull o barra coral·lina i el substrat tou al peu del mateix.

De llarg el filum més ben representat en el jaciment del riu Morrón és el de Mollusca, amb 46 espècies. Això es correspondria amb la situació esperada, atès que sovint és el

més ben representat en el registre fòssil (Paul, 1992) i en les tanatocenosis marines actuals, a causa que la majoria dels seus representants tenen parts dures calcàries. Un tret singular d'aquesta paleobiocenosi és la biodiversitat de coralls que s'observa, amb 22 espècies. Continuaria, per importància en nombre d'espècies, el filum Echinodermata, que centra aquest treball; no aplega al 10% (8) del total d'espècies, però acumula el 65 % de tots els individus del jaciment.

Interpretem, de les dades de la Taula 9, que el biaix per la composició mineralògica de la conquilla, d'aragonita en tots els casos, pot haver afectat la classe Gastropoda, que únicament s'ha conservat com a motlle intern sense cap resta de conquilla. La subrepresentació afecta no sols la quantitat d'exemplars que s'han conservat sinó també el nombre d'espècies que han romàs en el registre fòssil del jaciment. La classe Gastropoda és la més biodiversa en l'actualitat del filum, i encara de tots els organismes de la terra, excepció feta dels artròpodes. Per altra banda, la singularitat del jaciment que representa una comunitat amb espècies de substrat tou i dur junt al clima subtropical farien molt probable una riquesa absoluta d'espècies de gasteròpodes important i en tot cas semblant o superior a la de bivalves, si atenem les pautes de biodiversitat actual. En tot cas la discrepància del percentatge de biodiversitat d'aquestes dues classes dins el filum, on els gasteròpodes representen una esquifida quarta part de les espècies dels bivalves, ens reafirma en la idea que el biaix aragonita ha afectat, minvant-la, la representació de la riquesa d'espècies dels gasteròpodes

## Població

L'abundància de *Pliotoxaster sp.*, suggereix que aquests equinoïdeus mostren una tendència al gregarisme o, si més no, a les altes concentracions quan es donen condicions favorables. Això mateix ocorre amb altres espècies d'equinoïdeus irregulars. A tall d'exemple, *Dendraster excentricus* s'ha citat amb una densitat extrema de 480 ind/m<sup>2</sup> (Durham, 1966: U263). Cal concloure que les condicions, en principi, els eren molt favorables; possiblement disposaven d'un detritus ric que podia alimentar una població molt densa i no es veien afectats per altres factors restrictius (salinitat, oxigen, etc) o pressió excessiva dels depredadors. La proximitat al continent, tal com indiquen els aportaments d'argiles, pot explicar l'abundància d'aliment esmentada. La situació global que representa l'estructura d'edat ens indica una espècie sobre la qual la pressió dels caçadors no afecta el seu estat de desenvolupament ni pateix altres factors limitants, les densitats són molt altes i l'estructura d'edat inferida de la longitud, completada en tots els intervals, mostra una estructura normal en condicions òptimes.

De l'anàlisi de l'estructura d'edat (deduïda de la freqüència de distribució per grandària en el moment de morir), se'n desprenen dues ràpides conclusions: que és unimodal i que el valor més repetit està en l'estadi cinc. La primera ens indicaria que es tracta d'una mostra equilibrada (Cummins et al., 1986), davant les bimodals o polimodals que indiquen desequilibris produïts per circumstàncies especials ecològiques o tafonòmiques. Per tant, corroboraria la presumpció

Classe	espècies	%	exemplars	%
Bivalvia	31	67,39	431	88,5
Gastropoda	8	17,39	46	9,45
Cephalopoda	7	15,22	10	2,05
Mollusca	46	100	487	100

**Taula 9** | Distribució per classes del filum Mollusca

**Table 9** | Distribution by classes of phylum Mollusca



que es tracta d'una paleobiceonesi que pot representar bé la biocenosi que hi va viure, i fins i tot mostrar l'estructura i dinàmica d'una població. La segona, però, que la moda estiga situada en el cinquè estadi de desenvolupament i no en el primer, com correspondria a qualsevol població natural viable, ens indica que hi ha una subrepresentació en els quatre estadis inicials, que hi ha mancances en el registre fòssil. La subrepresentació de les talles menudes ha estat freqüentment citada (Cummins et al., 1986, Forner & Castany, 2010). Tanmateix un recent estudi apunta que la grandària per si sola no és un element que incrementa la probabilitat de la preservació (Behrensmeier et al, 2005: 614-615). No tenim cap element que pugui suggerir que dins d'aquesta població la preservació siga diferent per grandària. La baixa proporció dels fòssils dels primers intervals mereix una explicació més enllà de la major fragilitat de la carcassa en els períodes juvenils, atès que sí que s'han conservat, en alguns casos perfectament, exemplars d'aquests estadis infrarepresentats. La hipotètica "anormalitat" es deu possiblement a una causa bioestratinòmica, a alguna circumstància entre la mort i l'enterrament definitiu. S'ha indicat que el fet de ser una espècie infaunica facilita extraordinàriament la seua fossilització perquè la mort pot sorprendre'ls ja enterrats. S'ha descrit que es poden produir mortalitats generals provocades per deficiències d'oxigen, sobtats canvis de salinitat, potents corrents sedimentaris que enterrin els exemplars o fortes tempestes (Nebelsick, 2004: 472-3). Però haurien d'afectar el conjunt de la població i no l'estructura d'edat. Les conquilles que no queden enterrades ràpidament després de la mort són objecte immediat de la bioerosió, fins i tot si estan només temporalment o intermitentment exposades (Best et al., 2007: 449). La causa hipotètica proposada com a explicació està lligada al caràcter endobentònic. Els exemplars més menuts no es colguen a tanta fondària com els més grans. La capa més superficial del substrat està més sotmesa a la bioturbació, fonamentalment a l'acció de peixos i decàpodes, i a les alteracions d'onatge fins i tot en un medi tranquil; per la qual cosa el perill de ser desenterrat i quedar exposat seria directament proporcional a la fondària de l'enterrament. Aquest procés bioestratinòmic seleccionaria negativament els individus pertanyents als estadis de creixement inferiors, de grandària més menuda. I el procés deixaria d'influir sobre el cinquè estadi (interval 21 a 23,9

mm) on la profunditat del seu enterrament devia assegurar una situació estable, no alterada i, per tant, una bona fossilització. Per al cas que ens ocupa es creu que aquest llinar s'assoleix a la fondària que en vida ocupava l'estadi cinc, que no podem establir. En un treball anterior (Forner i Castany, 2010) s'ha pogut afirmar per a un jaciment concret i una espècie determinada (*H. oblongus*) que aquesta seria major als 2 cm de profunditat, sense poder precisar més.

S'interpreta que la mostra de la comunitat fòssil està alterada per fenòmens bioestratinòmics: s'han conservat relativament pocs exemplars de les talles més menudes perquè estaven enterrats a menor profunditat en el moment de morir: estarien més exposats a la bioturbació i a l'onatge. La possibilitat de fossilitzar s'incrementa en funció de la profunditat on estan ordinàriament colgats. Com més profund és l'enterrament, major probabilitat de conservació. D'altra banda es considera que la població presentaria una estructura corresponent a un jaciment idònia, que l'hàbitat els era favorable i no tenien restriccions importants de nutrients; les condicions vitals i la pressió dels predadors no alterava la seua viabilitat. La piràmide d'edat està ben estructurada. Presenta importants densitats i és l'equinoideu irregular dominant al jaciment, un 97,91 %, davant l'altre representant, *Holaster prestensis*, amb només un 2,09 % del total d'irregulars.

Podem establir una comparació d'estructura d'edat amb un altre equinoideu irregular de la família Spatangoida, *Heteraster oblongus* (Brongniart 1821), de la mateixa conca del Maestrat, però de la subconca de Morella, d'identica edat aptiana, tot i que un poc més baix estratigràficament, de la Fm. Calcaries i Margues de Xert, (Taula 10), pel treball de Forner & Castany (2010).

El diagrama de freqüències per grandària presenta una estructura molt semblant. Ambdues poblacions són unimodals, si bé *H. oblongus* assoleix la major freqüència al quart estadi i *Pliotoxaster sp.* té la moda al cinquè interval. Totes dues poblacions presenten, a partir d'aquest punt, la progressiva i esperada reducció en cada nou esglaó, de més edat. És també comuna a les dues poblacions la subrepresentació dels primers estadis, tot i que més intensa en *Pliotoxaster sp.* i abastant un estadi més. Potser el medi en que va viure *Pliotoxaster sp.* (Fuentes de Rubielos) tenia un poc

Intervals L mm	n	%	Estadi de creixement	%	n	Intervals L mm
<i>Pliotoxaster</i>			<i>Heteraster</i>			
< 12	29	3,51	1	13,41	46	< 12
12 a 14,9	83	10,04	2	16,03	55	12 a 17,9
15 a 17,9	133	16,08	3	17,20	59	18 a 23,9
18 a 20,9	168	20,31	4	23,03	79	24 a 29,9
21 a 23,9	171	20,67	5	12,54	43	30 a 35,9
24 a 26,9	117	14,15	6	9,33	32	36 a 41,9
27 a 29,9	83	10,04	7	7,29	25	42 a 47,9
>29,9	43	5,20	8	1,17	4	>47,9
Total	827	100		100	343	Total

**Taula 10** | Comparació dues poblacions d'equinoideus irregulars: *Pliotoxaster sp.* (Aptià de Fuentes de Rubielos) i *Heteraster oblongus* (Aptià de Morella)

**Table 10** | Comparison of two populations of the irregular equinoids: *Pliotoxaster sp.* (Aptian from Fuentes de Rubielos) and *Heteraster oblongus* (Aptian from Morella)

	<i>Pliotoxaster H. oblongus</i>	
Índex aplanament H/L	0,57	0,45
Nombre d'estadis subrepresentats	4	3
Freqüència estadi 1/estadi moda	0,17	0,52
Freqüència estadi 2/estadi moda	0,49	0,67
Freqüència estadi 3/estadi moda	0,78	0,75
Freqüència estadi 4/estadi moda	0,98	-

**Taula 11** | Índex d'aplanament i subrepresentació de talles menors.

**Table 11** | Index of flattening and under-representation of smaller sizes.

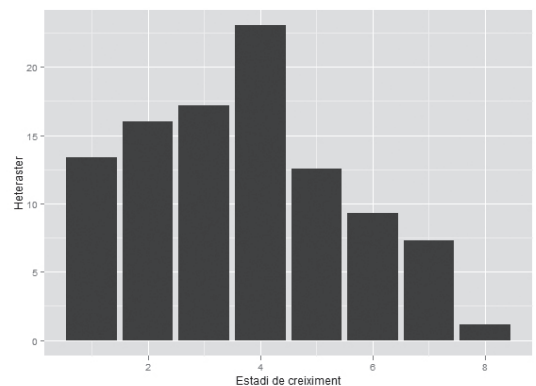
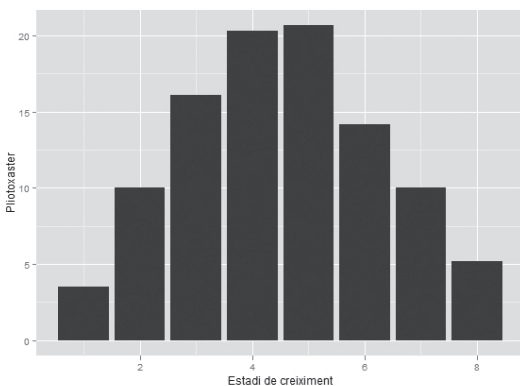
més d'energia que el d'*H. oblongus* (Morella). En conclusió els estudis presenten dades molt concordants.

Si és certa la indicació de Smith (1984) que l'índex H/L és una expressió de l'aplanament d'un equinoideu irregular i que com més plana és la carcassa més profundament es colguen, és molt suggeridor plantejar-se la hipòtesi, coherent amb la causa apuntada de subrepresentació, que el dèficit de representació dels primers estadis seria major (en proporció i en estadis) en els equinoideus que es colguen més superficialment, estaria en relació al seu índex d'aplanament. Kanazawa (1992) limita, entre Spatangoida moderns aquesta consideració als substrats fangosos, no als arenosos. De l'estudi tafonòmic hem conclòs que el substrat hauria de ser fangós i dens per poder romandre les carcasses després de morts en posició lateral, sense emigrar a les posicions més estables, oral o apical. Així mateix l'anàlisi en laboratori de la matriu dura no ha donat continguts significatius d'arena (menys del 1% que el contingut de calcita). Per tant no hi cap limitació a l'aplicació del índex d'aplanament com a indicador de la profunditat a la qual es colgava *Pliotoxaster* segons la hipòtesi de Smith (1984). S'han portat a la Taula 11 aquestes dades. L'índex H/L s'ha obtingut per a la mitjana de tota la població de cada espècie i s'ha considerat un indicador de la proporció de subrepresentació de cada

estadi el quocient entre el percentatge d'individus del cada estadi i l'estadi amb més representació, la moda. Com més baix és el resultat més subrepresentat està l'interval. És obvi que el que manca no és únicament el que falta per la unitat, la quantitat del estadi superior, atès que l'estadi primer hauria de superar, en molt, qualsevol dels altres. Funcionaria com mer indicador. El nombre d'estadis subrepresentats, és a dir que són inferiors al següent, és una dada evident i per ella només ja suggereix que si les dues espècie habitaren ecosistemes semblants quant a energia i bioturbació, l'equinoideu amb menys estadis subrepresentats es colgaria més profundament que l'altre atès que assoliria en un estadi de desenvolupament anterior el llindar de profunditat on aquestos processos bioestratinòmics (bioturbació i onatge) ja no alterarien, esbiaixant-lo, el registre fòssil. Una dada addicional: en les dues espècies estudiades al llarg de la seua vida es produeix una progressiva disminució relativa de l'alçada (Taula 6), un aplanament, que podem considerar paral·lel al procés d'anar enterrant-se cada vegada més profundament. Les dades indicarien que *H. oblongus* s'enterraria més profundament que *Pliotoxaster sp.* Naturalment el contrast d'aquesta hipòtesi requeriria d'estudis estadístics significatius de diverses espècies. A manca dels quals només es presenta aquesta hipòtesis com un suggeriment a contrastar amb nous treballs.

## Agraïments

A la Direcció General de Patrimoni Cultural, del Govern d'Aragó les facilitats per poder fer las prospecció i recollida del material. A Araceli García i Guillermo Monrós, de la Unitat Química Inorgànica Mediambiental i Materials Ceràmics, del Departament de Química Inorgànica i Orgànica de la Universitat Jaume I, per el treball de anàlisi i caracterització de la matriu dura. A Míguel Tirado les correccions dels textos en anglès. A Alberto Arnedo la revisió de les qüestions estadístiques. A Vicent Gual per la col·laboració en l'elaboració de la Figura 2.



**Figura 4** | Diagrama de freqüències per estadis de creixement de *Pliotoxaster sp.* (esq.) i *Heteraster oblongus* (dreta.) de l'Aptià de Fuentes de Rubielos.

**Figure 4** | Size-frequency diagram of *Pliotoxaster sp.* (left) and *Heteraster oblongus* (right) from Aptian in Fuentes de Rubielos.

## Bibliografia

- Behrensmeier, A.K., Fürsich, F.T., Gastaldo, R.A., Kidwell, S.M., Kosnik, M.A., Kowalewsky, M. Plotnick, R.E., Rogers, R.R. i Alroy, J. 2005.** Are the most durable shelly taxa also the most common in the marine fossil record? *Paleobiology*, 31 (4): 607-623.
- Best, M.M.R., Ku, T.C.W., Kidwell, S.M. i Walter, L.M. 2007.** Carbonate preservation in Shallow Marine Environments: Unexpected role of tropical siliclastics. *The Journal of Geology*, vol. 115: 437-456.
- Casanova, S. 1974.** Una nueva localidad para *Solanocrinites (Decameros) astrei* (Bataller, 1940). *Acta Geológica Hispánica*, t. IX (5): 151-153.
- Canerot, J. 1982.** Ibérico Central Maestrazgo. In A. Garcia Ed.: *El Cretácico en España*: 273-344. Universidad Complutense de Madrid. Madrid.
- Cummins, E.N., Powell, R. Stanton, R.J. and Staff, G. 1986.** The size-frequency distribution in palaeoecology: effects of taphonomic processes during formation of molluscan death assemblages in Texas Bays. *Palaentology*, vol.29, part, 3: 495-518.
- De Renzi, M., Martinell, J. i Reguant, S. 1975.** Bioestratigrafía, tafonomía i paleoecología. *Acta Geológica Hispánica*, t. X, n. 2: 80-86.
- De Renzi, M. & Martinell, J. 1979.** Algunos aspectos de la problemática de la especie paleontológica. Aplicación al caso de diferenciación biométrica de *Nassarius semistriatus* (Brocchi, 1814) y *N.elatus* (Gould, 1845). *Studia Geologica XV*: 7-36.
- Dercourt, J., Zonenshain, L.P., Kazmin, V.G., Le Pichon, X., Kreipper, A.L., Grandjaquet, C. Sborshikov, I.M., Geissant, J., Lepurier, C., Pechensky, D. D.H., Boulin, J., Sibuet, J.C., Savostin, L.A., Sorokhtin, O., Westphal, M., Bazhenov, M.L., Lamer, J.P. i Biju-Duval, B. 1986.** Geological evolution of the Tethys belt from the Atlantic to the Pamir since Lias. *Tectonophysics*, 123: 241-315.
- D'Orbigny. 1853.** *Paléont. Franç., Terr. Crét., T. VI.* París.
- Domènech i Massons, J. 1982.** Bioestadística. Métodos estadísticos para investigadores. Editorial Herder. Barcelona.
- Dominguez, P., Le Menn, J., Martí Mus, M. i Villalba, M.P. 2009.** Equinodermos. In: Matínez Chacon, M. L. y Rivas, P. (eds.). *Paleontología de invertebrados*: 447-496. Sociedad Española de Paleontología, IGME, Univ. De Oviedo y Univ. De Granada. Oviedo.
- Durham, J. W. 1966.** Ecology and Paleocology. In: Moore, R. C. (ed.). *Treatise on Invertebrate Paleontology. Part U. Echinodermata 3, Volume 1*: U257-U265. The Geological Society of America and the University of Kansas. New York.
- Fernández-López, S. 2000.** La naturaleza del registro fósil y el análisis de las extinciones. *Coloquios de Paleontología*, 51: 267-280.
- Fischer, A. G. 1966.** Spatangoids. In: Moore, R. C. (ed.). *Treatise on Invertebrate Paleontology. Part U. Echinodermata 3, Volume 2*: U543-U628. The Geological Society of America and the University of Kansas. New York.
- Forner, E. & Castany J. 2010.** Dinàmica poblacional d'*Heteraster oblongus* (Echinoidea, Spatangoida, Toxasteridae) de l'Aptià de la conca del Maestrat (Mediterrània occidental, País Valencià, Mediterrània occidental). *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 53: 71-84.
- Fürsich, F.T. 1990.** Fossil concentrations and Life and Death Assemblages. In: D.E.G. Briggs, D.E.G. i Crowther P.R.(eds.). *Palaeobiology: A synthesis*: 235-239. Blackwell Scient. Publ. Cambridge.
- Greenstein, B.J: 1991.** An integrated Study of Echinoid Taphonomy: predictions for the fossil record of four echinoid families. *Palaios*, v.6: 519-540.
- Greenstein, B. J. 1993.** Is the fossil record of regular Echinoids really so poor? A comparison of living and subfossil assemblages. *Palaios*, vol. 8: 587-601.
- Guimerà, Joan. 1984.** Paleogene evolution of deformation in north eastern Iberian peninsula. *Geol. Mag.*, 121: 413-420.
- Kidwell, S.M., Fürsich, F.T. i Aigner, T. 1986.** Conceptual framework for the analysis and classification of fossil concentrations. *Palaios*, vol. 1: 228-238.
- Kidwell, S.M. i Baumiller, T. 1989.** Post-mortem disintegration of echinoids: effect of temperature, oxygenation, tumbling and algal coats. Abstracts of the 28<sup>th</sup> International Geological Congress (Washington, D.C.), v.2: 188-189.
- Kidwell, S.M. i Baumiller, T. 1990.** Experimental disintegration of regular echinoids: roles of temperature, oxygen and decay thresholds. *Paleobiology*, v.16: 247-271.
- Kier, P.M. 1977.** The poor record of the regular echinoid. *Paleobiology*, v.3: 168-174.
- Kroh, A. 2010.** Index of Living and Fossil Echinoids 1971-2008. *Ann. Naturhist. Mus. Wien, Serie A*, 112: 195-470.
- Martinell, J. 1997.** Tafonomía y paleoecología: reflexiones sobre un pacto necesario. *Cuadernos de Geología Ibérica*, 23: 137-152.
- Martinell, J., Domènech, R. i Marquina, M.J. 1980.** Premisas para el análisis paleoecológico. *Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. (Geol.)*, 78: 133-140.
- Nebelsick. 2004.** Taphonomy of Echinoderms: introduction and outlook. In München-Heinzeller & Nebelsick Ed. *Echinoderms*. Taylor & Francis Group. London.
- Paul, C.R.C. 1992.** How complete does the fossil record have to be? *Revista Española de Paleontología*, 7 (2): 127-133
- Porta, J. de. 1980.** Curvas de supervivencia en poblaciones de moluscos fósiles. Aplicación a *Hydrobia stagnalis* y *Cardium glaucum* del Cuaternario del Cabo de Salou (Tarragona, España). *Com. Prim. Cong. Nac. Malac.*: 31-33.
- Porta, J de. 1981.** Some fundamental aspects of paleontological methodology: its problems and incidence. *Acta Geológica Hispánica*, 16, n.1-2: 45-53.
- Rat, Pierre. 1982.** Factores condicionantes en el cretácico de España. *Cuadernos Geología Ibérica*, 8: 1059-1076.
- Reguant, S. 1991.** Estratigrafía y registro fósil. *Acta Geológica Hispánica*, 26, n. 2: 91-95.
- Salas, R. 1986.** El ciclo cretácico inferior al marge oriental d'Ibèria. In Folch i Guillèn, R. Ed.. *Història natural dels Països Catalans. 1 Geologia I*. 439 pp. Fundació Enciclopèdia Catalana. Barcelona.
- Salas, R. i Guimerà, J. 1996.** Rasgos estructurales principales de la cuenca cretácica inferior del Maestrazgo (Cordillera Ibérica oriental). *Geogaceta*, 20 (7): 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 Iberica Oriental). *Boletín Geológico y Minero*, vol. 108-4 y 5: 393-402.
- Salas, R., Colombo, F., Gámez, D., Gómez, B., Gasulla, J.M., Martín-Closas, C., Moratalla, J., Panciotti, P., Querol, X. i Solé de Porta, N. 2003.** Guía de la Excursión. XIX Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología. Morella, 31 pp.
- Smith, A. B. 1984.** *Echinoid Paleobiology*. George Allen and Unwin Ltd. London.
- Villalba Currás, M. P. 1993.** Revisión de los equinidos del Cretácico inferior y medio español. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid. 900 p.
- Villalba Currás, M. P. 2003 A.** Los equinidos regulares de la provincia de Castellón. *Nemus*, 1: 37-91.

**Villalba Currás, M. P. 2003 B.** Los equínidos irregulares de la provincia de Castellón. *Nemus*, 1: 93-156.

**Zamora, S.; E. Mayoral; J.A. Gámez Vintaned; S. Bajo & E. Espílez. 2008.** The infaunal echinoid *Micraster*: Taphonomic pathways indicated by sclerozoan trace and body fossils the Upper Cretaceous of northern Spain. *Geobios* 41: 15-29.

---

**Cita recomanada:**

**Forner, E., Adelantado, J., Castany, J. & Castany, C. 2012.** Estudi de la població d'un equinoïdeu irregular de l'Aptià de la subconca del Penyagolosa (serralada Ibèrica oriental). *Nemus* n° 2. pp. 47-58. Ateneu de Natura. Castelló