

IDEES GENERALS SOBRE
MICROSTRUCTURES ESQUELÈTIQUES DELS INVERTEBRATS

Jordi Martinell i Callicó
Depart. de Paleontologia de
la Universitat de Barcelona

Introducció

Moltes estructures sedimentàries, textures deposicionals i partícules observades dins de les roques carbonatades estan relacionades amb la presència o l'activitat de diferents tipus d'organismes. Algunes roques calcàries són compostes quasi totalment de partícules orgàniques, moltes de les quals poden ser a vegades esquelets sencers.

Per a poder interpretar millor la història d'aquest tipus de roques és necessari, algunes vegades, classificar aquestes restes esquelètiques i intentar deduir-ne l'origen.

La importància dels fragments d'esquelets d'animals com a components de les roques sedimentàries és evident, ja que fins i tot poden influir en la classificació. La major part de les classificacions modernes de roques carbonatades tenen sempre en compte les diferents proporcions i tipus de restes orgàniques que puguin contenir.

Quan trobem *in situ* esquelets d'animals que sabem que ocupen un hàbitat ben determinat, els podem fer servir per a deduir l'ambient de deposició del sediment envoltant.

La identificació dels diferents gèneres o espècies és, per mitjà de talls fets a l'atzar, per regla general, impossible; sobretot en el cas dels microfòssils. Algunes vegades, fins i tot, no es podrà arribar a determinar a quina família o ordre pertanyen, encara que, per regla general, sempre es pot arribar a deduir, amb bastant certesa, a quina classe o fílum pertanyen els diferents fragments. En condicions de preservació ideal, és possible arribar a determinar a quina classe o fílum pertanyen fragments més petits d'1 mm de diàmetre.

Per causa de la dificultat que representa poder atribuir els diferents fragments a categories com les de gènere i espècie, s'ha intentat treure'n el màxim d'informació a partir de categories taxonòmiques més grans; així, per exemple, Taylor & Layman (1972) donen un diagrama que posa en relleu el mitjà de vida en combinació amb els tipus d'estructura per a cada família de bivalves. MAJEWSKE (1969) dona una clau per a poder arribar a afirmar a quina família de bivalves pertany el fragment en estudi, a partir de la seva microestructura i mineralogia.

L'adscripció d'un fragment esquelètic a un tàxon determinat depèn d'una sèrie de factors; els quatre principals són els següents:

- 1.) Tipus de preservació de l'animal.
- 2.) La sort que tinguem en tallar la roca de manera que ens permeti veure alguna característica de l'esquelet.
- 3.) Que la característica observable sigui dins de l'esquema de la classificació.
- 4.) Estar familiaritzat en l'observació de la morfologia, composició mineralògica i microestructura dels components orgànics.

Els tres factors primers no poden ser controlats; el quart és producte de l'estudi i de l'experiència (MAJEWSKE, 1969, pàg.2).

Composició del material orgànic

La composició original dels esquelets de la major part dels diferents fílums d'animals és expressada a la taula I (MAJEWSKE, 1969). Solament el carbonat càlcic (sota la forma de calcita o aragonita), la sílice (quars o òpal) i el fosfat càlcic (colofana) són importants, ja que són els components predominants i, alhora, diferenciables per mitjà del microscopi petrogràfic.

Els components orgànics, com poden ser la quitina, conquiolina i espongina, són comuns, però rarament són preservats en els fòssils, i normalment no poden ser determinats amb certitud en els organismes actuals, si no es fa una anàlisi química del detall. Quan s'observen preparacions primeres de materia fòssil, els components orgànics descompostos apareixen com una capa densa o finament granulosa de material opac recobrint la part externa de la closca, o bé com unes capes de material opac intercalades amb els altres components mineralògics dels esquelets.

La distribució dels minerals en els diferents grups d'invertebrats és controlada principalment per caràcters hereditaris. En el cas dels minerals carbonatats, la proporció de calcita i aragonita, en l'esquelet original, és algunes vegades controlada per factors ambientals, com ara la temperatura i la salinitat. DODD (1963, 1964) va estudiar l'efecte que produïa la temperatura a l'estructura i a la composició mineralògica del bivalve *Mytilus californianus*. Al primer dels seus treballs, aquest autor va demostrar les variacions de la composició mineralògica de la closca d'aquest bivalve en fer variar la temperatura; en el segon, va mostrar la variació de l'estructura de la closca en relació amb els canvis de temperatura, i arribà a la conclusió que, per a la determinació de paleotemperatures, és molt més factible l'estudi de les estructures (en el cas que estiguin conservades) que el de la seva mineralogia, perquè aquesta és susceptible de canvis en el transcurs del temps geològic; i això pot conduir a conclusions totalment falses. L'inconvenient està en el fet que, per causa dels processos fòssil-diagenètics, moltes vegades també desapareix la microestructura original.

A la taula I no s'ha fet distinció entre els grups d'animals en els quals la composició és controlada solament per caràcters hereditaris i els controlats per causes del medi ambient.

La major part dels esquelets d'invertebrats són compostos de calcita o aragonita. Alguns invertebrats produeixen esquelets compostos totalment de calcita; uns altres, totalment d'aragonita, i uns pocs en produeixen de calcita i aragonita. A les espècies en les quals la calcita i l'aragonita es presenten juntes, cada mineral forma una capa diferent o una part concreta de l'esquelet, i ben delimitada, excepte en els casos en què trobem l'aragonita en procés de transformació a calcita. A les espècies actuals i els fòssils no diagenitzats, la calcita i l'aragonita poden ser diferenciades per mitjà de les seves propietats òptiques o bé a partir dels diferents processos de tinció selectiva.

COMPOSICIÓ ORIGINAL D'ALGUNS ESQUELETS RECENTS I FOSSILS

TAULA I

Tàxon	Calcita	Calcita + Aragonita	Aragonita	Silíce	Fosfat càlcic	Altres
<i>Protista</i> (P)	Major part de foraminífers		Pocs foraminífers.	alguns foraminífers (closques aglutinades de grans de quars espícules silíciques, etc., ciment silícic).		alguns foraminífers quitinosos.
	<i>Coccolithidae</i> (F)			La major part dels radiolaris (SCL)		alguns radiolaris (sulfat d'estronci)
	Classe <i>Flagellata</i>			<i>Silicoflagellidae</i> (F)		
<i>Archaeocyatha</i> (P)	? <i>Archaeocyatha</i>					<i>Tintinnina</i> (SO) (aglutinada)
<i>Porifera</i> (P)	Major part de <i>Calci-spongea</i> (Cl) espícules		alguns <i>Calci-spongea</i> (espícules)	Major part de <i>Demospongia</i> (Cl) (espícules) <i>Hyalospongia</i> (Cl) (espícules)		alguns <i>Demospongia</i> (solament <i>Spongia</i>)

Tàxon	Calcita	Calcita + Aragonita	Aragonita	Síl·lice	Fosfat càlcic	altres
Coelenterata (P)	subclasse Octocorallia	Major part d' Octocorallia (espícules) ?Major part de rugosa (O)	alguns Octocorallia			
	Classe Anthozoa	?Major part d' Heterocorallia (O) ?Major part de Tabulata (O)	alguns Heterocorallia alguns Tabulata Scleractinia			
?Coelenterata?	Classe Hydrozoa	alguns Stromatoporoidea (O)	Milleporina (O) ?Styasterina (O)		Comulata (SCL) quitina	
	Classe Siphonozoa					
Briozoa (P)	Classe Gymnolaemata	alguns Ctenostomata (O) Major part de Cheilostomata (O) Major part de Cylostomata (O) Trepotomata (O) Cryptostomata (O)	alguns Cheilostomata (Schizoporella unicomis) alguns Cyclostomata			
	Classe Inarticulata	alguns Lingulacea (SF) (Craniopsidae (F)) Trimerellacea (SF) Craniacea (SF) Obolllacea (SF)				Major part de Lingulacea (+ quitina). Acrotetracea (SF) Discinacea (SF) Siphonotetracea (SF) Paterinacea (SF)

COMPOSICIÓ ORIGINAL D'ALGUNS ESQUELETS RECENTS I FOSSILS

TAULA I (cont.)

Tàxon	Calcita	Calcita + Aragonita	Aragonita	Silice	Fosfat càlcic	Altres
Brachiopoda (P)	Kutorgiinaea (SF) tots Articulata (Cl)					
Mollusca (P)	Classe Articulata Classe Incertalata	Alguns Bivalvia Anomidaea (F) alguns Caprinidae alguns Chamidae alguns Conocardiidae alguns Diceratidae alguns Hippuritidae Lamiidae alguns Monopleuridae alguns Myidae alguns Mytilidae alguns Ostreidae alguns Pectinidae Pernidae Pinnidae alguns Pteridae Radiolidae Spondyliidae Vulsellidae	Amphineura (Cl) Major part de Bivalvia.			
	Major part Cricoconarida (Cl)		? Calyptomatida (Cl) alguns Cricoconarida (Cl)			

COMPOSICIO ORIGINAL D'ALGUNS ESQUELETS RECENTS I FOSSILS

TAULA I (cont.)

Tàxon	Calcita	Calcita + Aragonita	Aragonita	Silice	Fosfat càlcic	Altres
Mollusca (P) (cont.)	Aptichus dels Ammonoidea	alguns Nautiloidea (SCL) ? Endoceratoidea (SCL) ? Actinoceratoidea (SCL) ? Bactritoidea (SCL) Ammonoidea (SCL) Major part de Belemnoi- dea (SO) rostrum: calcita fragmocomus: aragonita	Major part de Nautiloidea Septoidea (SO) Teuthoidea (SO)		tub sifonal d'alguns Ammonoidea	Anaptychus dels Ammo- noidea (conquiolina)
	Octopoda (SO)					
Classe Gastropoda	?Algun Bellero- phontidae (F)	Acmaeidae (F) algun Capulidae Euomphalidae algun Fissurellidae algun Fusidae algun Haliotidae Janthinidae algun Littorinidae algun Muricidae Neritidae Patellidae algun Purpurinidae Scalaridae algun Trochomematidae	(Major part de Gastropoda Major part de Prosobranchia (SCL) Opisthobran- chia (SCL) Pulmonata (SCL)	Radula d'Ac- maeidae i Patellidae		(L'opèrcul dels Gasteròpodes pot estar compost de calcita, arago- nita o conquio- lina i algun fosfat).

COMPOSICIO ORIGINAL D'ALGUNS ESQUELETS RECENTS I FOSSILS

TAULA I (cont.)

Tàxon	Calcita	Calcita + Aragonita	Aragonita	Sílice	Fosfat càlcic	Altres
<p>Annelida (P)</p> <p><i>Polychaeta</i></p>		<p>Els tubs segregats pels cucs sedentaris poden estar compostos del 100% de calcita al 100% d'aragonita.</p>		<p>Tubs segregats-quitina, quitina + fosfat tubs aglutinats-quitina + SiO₂ i altres minerals del sediment.</p>		
<p>Arthropoda (P)</p> <p><i>Trilobita</i></p>	<p><i>Trilobita</i> (Cl) (quitina + quantitat variable de fosfat)</p>					
<p>Subfilum</p> <p><i>Chelicerata</i></p>	<p><i>Branchiopoda</i> (SCL) (+ quitina i quantitats variables de fosfats) Molts <i>Ostracoda</i> (SCL) (+ quitina) Molts <i>Cirripèdia</i> (SCL) (+ quitina) Algun <i>Malacostracea</i> (SCL) <i>Decapoda</i> (O) (+ quitina i quantitats variables de fosfat)</p>	<p>Algun <i>Cirripèdia</i></p>				<p>Molts <i>Chelicerata</i> (aglàspids, euriptèrids) (quitina quantitat variable de fosfat)</p>
<p>Subfilum</p> <p><i>Mandibulata</i></p>						

COMPOSICIÓ ORIGINAL D'ALGUNS ESQUELETS RECENTS I FOSSILS

TAULA I (cont.)

Tàxon	Calcita	Calcita + Aragonita	Aragonita	Silice	Fosfat càlcic	Altres
<i>Echinodermata</i> (P)	tots els <i>Echinodermata</i>					
<i>Hemichordata</i> (P)	<i>Subellum</i> <i>Stomochorda</i>					<i>Pterobranchia</i> (Cl) <i>Graptolithina</i> (Cl) (quitinosos?)
<i>Chordata</i> (P)			<i>Tunicata</i> (Cl) (espícules) <i>Vertebrata</i> (otòlits de peixos)		ossos de vertebrats, plaques de peixos, dents, conodonts, etc.	

A partir de l'estudi de les microstructures dels fòssils, en el cas que aquesta es presenti, se'n podrà arribar a determinar algunes vegades la composició mineralògica originària, ja que els tipus de microstructures està en relació amb la composició mineralògica original. D'aquesta manera veiem, per exemple, que la microstructure nacrada és formada sempre per aragonita, que la fullada i el cristall unitari són formats sempre per calcita; la prismàtica complexa, la prismàtica composta, l'entrecreuada i l'entrecreuada complexa són compostes generalment per aragonita i, rarament, per calcita; que la microstructure homogènia i la prismàtica normal són, generalment, de calcita i poques vegades d'aragonita, i, finalment, que la microstructure granulada és composta indiferentment d'aragonita o calcita, encara que mai no coexisteixen totes dues formes polimòrfiques a la mateixa capa.

Microstructures esquelètiques

Les microstructures esquelètiques o l'ordenació dels petits elements que formen els esquelets (prismes, grans, làmines, etc.) serveixen moltes vegades perquè el taxonomista pugui diferenciar grups naturals d'organismes, encara que la realitat és que molts factors impossibiliten l'adscripció d'un organisme a un determinat grup taxonòmic i ens basem solament en els tipus de microestructura. Això es degut sobretot al gran buit de coneixements que existeix sobre les implicacions que té la formació de l'esquelet de l'animal en les parts toves.

Ara passarem a parlar dels principals tipus de microstructures esquelètiques que es troben a les roques carbonatades. Seguirem la terminologia de BØGGILD (1930). Cal reconèixer que aquesta terminologia no és del tot convincent, però no deixa de ser la més comuna i més usada per tots aquells investigadors que treballen en aquest camp d'estudis. Bøggild reconeix vuit tipus diferents de microstructures, les quals són les següents:

1.- *Microstructure homogènia*: es caracteritza per la manca de microstructures diferenciables visualment amb llum normal i amb augments tan grans com 500 x.

Segons la terminologia de Bøggild, l'ús del terme homogeni implica que sigui un agregat de components microestructurals d'una mida extremament petita, amb una orientació òptica clarament uniforme. En secció prima, amb llum ordinària, la capa homogènia té una aparença clara i brillant que contrasta amb les capes adjacents o amb els fragments orgànics, els quals tenen uns altres tipus de microstructures. Amb els nicols encreuats, parts bastant amples de la capa homogènia, es van extingint progressivament com més anem fent girar la platina. (figura I, A, 1 llum ordinària, 2 llum polaritzada).

L'orientació normal de l'eix C, tant a les closques aragonítiques com a les calcítiques, és perpendicular al pla de la capa. Depenent de la complexitat i de les característiques particulars d'aquests tipus d'estructures, alguns autors li han donat noms compostos, tals com: homogènia prismàtica, homogènia granulada, homogènia fullada i homogènia entrecreuada, etc.

Aquest tipus de microestructura es troba tant a les closques aragonítiques com a les calcítiques, encara que la microestructura homogènia aragonítica es presenta solament en el cas dels molluscs. Pot ésser situada a les capes superiors o inferiors de la closca, i en alguns casos forma la totalitat de la closca. La microestructura homogènia calcítica també la trobem a les closques dels molluscs, en alguns foraminífers i als ostra-

codes. De tota manera sense cap mena de dubte, el millor exemple d'aquest tipus de microestructura es troba a la closca calcítica dels trilobits.

2.- *Microestructura prismàtica*: Hi ha tres tipus de microestructura prismàtica:

- A) *prismàtica normal*
- B) *prismàtica complexa*
- C) *prismàtica composta*.

A). *Microestructura prismàtica normal*

La microestructura prismàtica normal consisteix en un compacte paquet de prismes quadrangulars o poligonals de calcita o aragonita, orientats longitudinalment o bé perpendicularment o lleugerament inclinats respecte al pla de la capa. Cada prisma té extinció pròpia i es comporta com un prisma individual. El volum, l'amplada i la forma d'aquests prismes varia entre els diferents grups d'organismes (figura 1, B, 1,2,3,4 : diferents tipus de prismes).

La microestructura prismàtica normal es troba a la capa interna carbonatada d'alguns ostracodes i a la capa interna carbonatada de la major part de fòssils de braquiòpodes imperforats i perforats. És freqüent en els dipòsits de les cambres dels Nautiloïdeus (cefalòpodes) i en les formes de belemnites que tenen el *rostrum* complet. És present també a la capa externa d'algunes closques de gasteròpodes i bivalves, i pot trobar-se situada també a les capes intermèdies o a la interna de les closques dels mol·luscs que tenen moltes capes.

B). *Microestructura prismàtica complexa*

La microestructura prismàtica complexa és un intermedi entre la prismàtica normal i la prismàtica composta. Externament, la capa d'una closca formada per l'estructura prismàtica complexa sembla un agregat de prismes geomètricament normals, la qual cosa fa que, amb llum ordinària, moltes vegades no es pugui distingir de la microestructura prismàtica normal. De tota manera, cada conjunt prismàtic és un agregat de petits cristalls, disposats al llarg de l'eix central com si fos una ploma, paral·lels a les cares del prisma, al centre i inclinats a prop de les cares externes. Cada conjunt és unit per superfícies planes, això és la característica que els diferencia de la microestructura prismàtica composta.

Amb els nicols encreuats en la microestructura prismàtica complexa, la llum no s'extingeix com si fos una unitat, i és per aquest motiu que amb els nicols encreuats serà més fàcil de diferenciar aquest tipus de microestructura (figura 1, C).

C). *Microestructura prismàtica composta*

La microestructura prismàtica composta és formada per una sèrie de prismes amples i sòlids, cada un dels quals és format a la vegada per una sèrie de petits prismes geomètrics disposats radialment. Aquest tipus de microestructura es presenta, per regla general, a les closques aragonítiques i, rarament, a les calcítiques (figura 1, D).

Normalment es troba a la capa externa d'unes certes espècies de bivalves i gasteròpodes, i també a les capes intermèdies de les plaques dels quitons (Amfineures).

En els bivalves i amfineures el prisma compost és generalment orientat horitzontalment respecte a la superfície externa de la closca, i forma solament una capa.

En els gasteròpodes, els prismes compostos poden ésser orientats horitzontalment, verticalment o bé lleugerament inclinats respecte a la superfície externa de la closca.

Aquest tipus de microestructura és desconegut fora dels molluscs.

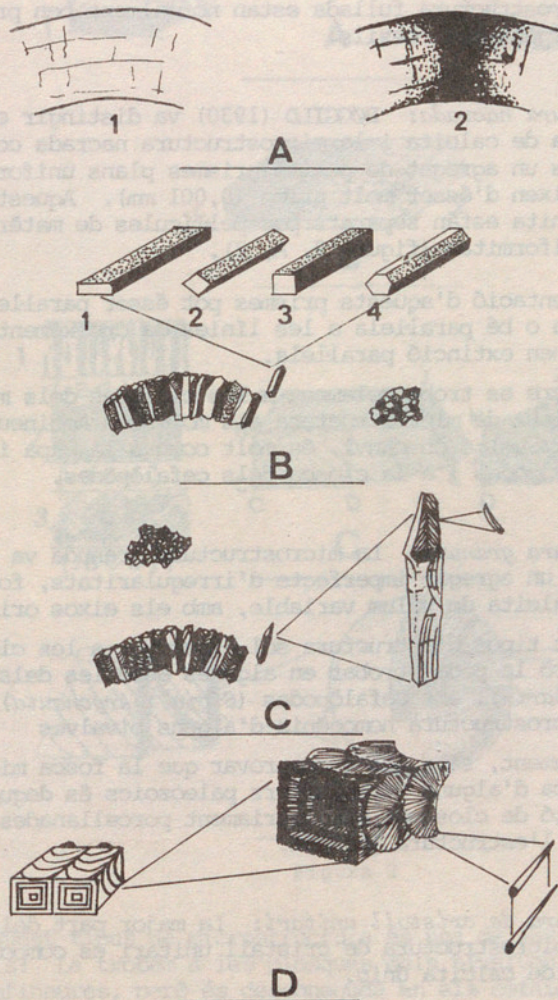


Figura 1

3.- *Microestructura fullada*: la microestructura fullada consisteix en un agregat de fines làmines de calcita disposades subparal·lelament (la mida d'aquestes làmines generalment oscil·la entre 1 i 2 mil·lèsimes de mil·límetre) (figura 2, A, 1).

Les làmines poden ser perfectament regulars i allargades paral·le-

lament a la superfície de la closca, o bé poden ser curtes, inclinades o verticals, molt regulars i tenen una aparença semblant a la de *cross-bedding* de les "arenisques" (gres).

L'orientació dels eixos cristal·logràfics de les làmines és també variable.

Aquesta microestructura és comuna als tubs de cucs, a la capa interna de la closca dels braquiòpodes pseudo-perforats, a algunes parts dels esquelets dels briozous fòssils i a la major part de les closques de gasteròpodes i bivalves.

Com que les làmines es componen originalment de calcita, els detalls de la microestructura fullada estan normalment ben preservats en les closques dels organismes fòssils.

4.- *Microestructura nacrada*: BØGGILD (1930) va distingir entre l'estructura fullada composta de calcita i la microestructura nacrada composta d'aragonita. El nacre és un agregat de petits prismes plans uniformement gruixuts, els quals no deixen d'ésser molt prims (0,001 mm). Aquests petits prismes formats d'aragonita estan separats per pel·lícules de matèria orgànica d'igual gruix i uniformitat (figura 2, A, 2).

L'orientació d'aquests prismes pot ésser paral·lela a la superfície de la closca o bé paral·lela a les línies de creixement. Les seccions transversals donen extinció paral·lela.

El nacre es troba solament a les closques dels molluscs; no s'ha trobat aquest tipus de microestructura als molluscs Amfineures, ni als escafòpodes (*Dentalium*); en canvi, és molt comú a la capa interna d'alguns bivalves, gasteròpodes i a la closca dels cefalòpodes.

5.- *Microestructura granuda*: La microestructura granuda va ésser definida per Bøggild com un agregat imperfecte d'irregularitats, format de grans d'aragonita o calcita de volum variable, amb els eixos orientats a l'atzar.

Aquest tipus d'estructura sol ésser rar a les closques d'organismes vivents, però la podem trobar en algunes espècies dels gasteròpodes (*Janthina* i *Scalaria*), els cefalòpodes (*Sipia* i *Argonauta*) i a la part superior de la microestructura homogènia d'alguns bivalves.

Ultimament, s'ha pogut comprovar que la fosca microestructura granuda de la closca d'alguns foraminífers paleozoics és deguda a fenòmens de recristal·lització de closques originàriament porcellanades, i que no tenen res a veure amb l'estructura granuda.

6.- *Microestructura de cristall unitari*: La major part dels esquelets dels organismes amb microestructura de cristall unitari es comporten com si fossin un cristall de calcita únic.

Aquest tipus és una característica dels esquelets de tots els equinoderms, però és molt poc comú en els altres fílums; s'ha citat aquest tipus d'estructura com un cas rar en algun bivalve, cefalòpode (*Belemnoides*) briozous i a les espícules d'algunes esponges (figura 2, B, 1 llum polaritzada; 2 llum ordinària).

7.- *Microestructura entrecreuada*: La formen una sèrie de feixos de làmines carbonatades, per regla general, d'aragonita, i entrecreuades entre si (làmines principals). Cada una d'aquestes làmines, la forma un conjunt de

petites laminetes (làmines secundàries), les quals formen un angle de 41° amb les làmines principals. Les làmines secundàries tenen un gruix d'0,001 mm o més petit, estan inclinades de manera oposada al conjunt de les làmines principals (figura 2, C).

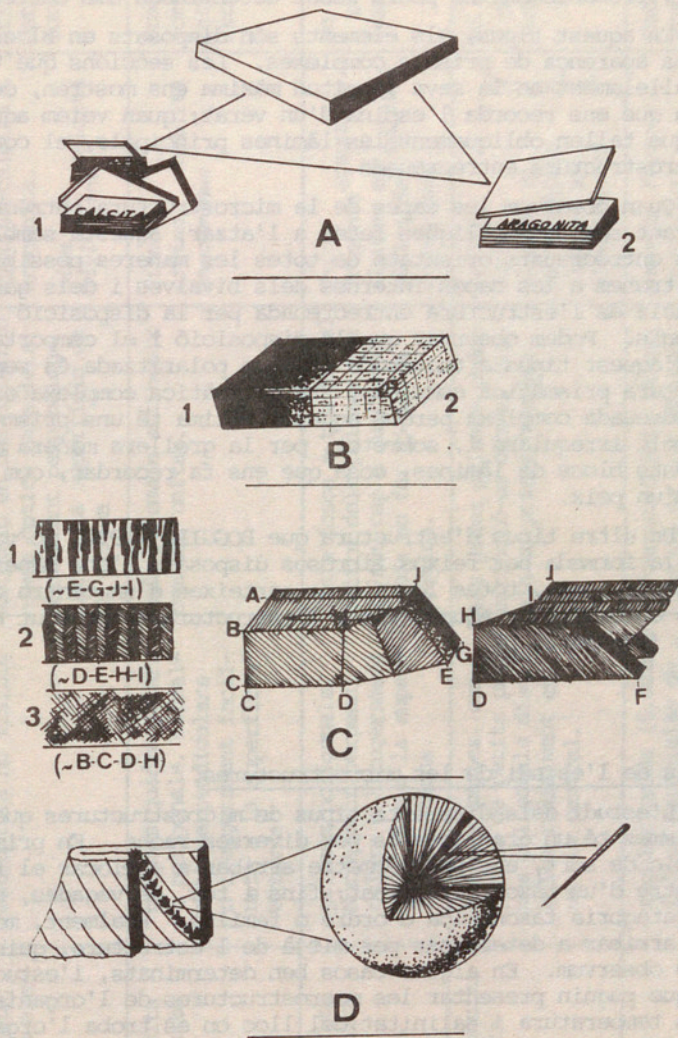


Figura 2

Aquest tipus de microestructura és una de les més comunes als molluscs actuals. La trobem a les closques dels bivalves, gasteròpodes, escafòpodes i Amfineures, però és desconeguda en els cefalòpodes i en tots els altres grups d'invertebrats. La microestructura entrecreuada pot arribar a formar la totalitat de les capes carbonatades de les closques dels molluscs, o bé pot formar capes alternants amb uns altres tipus de microestructures.

Aquest tipus de microestructura no s'ha trobat, de moment, als bivalves que tenen estructura nacrada; en canvi s'ha vist que els gasteròpodes poden presentar ambdós tipus de microestructura en el mateix individu. Per regla general, està més ben desenrotllada a les closques aragonítiques, però també pot ésser a les closques calcítiques, com per exemple els *Ostreidae*.

8.- *Microestructura entrecreuada - complexa*: La microestructura entrecreuada complexa ha estat descrita com un complicat tipus d'estructura de detalls, la qual "...probablement no podrà ésser determinada amb certesa total".

En aquest tipus, els elements són disposats en blocs, la qual cosa dona una aparença de prismes complexos. Les seccions que tallen aquests blocs paral·lelament en la seva longitud màxima ens mostren, de vegades, una estructura que ens recorda l'espina d'un verat; quan veiem aquest tipus en seccions que tallen obliquament les làmines principals, el confonem molt amb la microestructura entrecreuada.

Quan observem les capes de la microestructura entrecreuada complexa mitjançant seccions obliqües fetes a l'atzar, aquesta sembla composta d'elements entrecreuat orientats de totes les maneres possibles. Aquest tipus, el trobem a les capes internes dels bivalves i dels gasteròpodes. Es diferencia de l'estructura entrecreuada per la disposició irregular dels seus elements. Podem observar que la disposició i el comportament dels elements d'aquest tipus a través de la llum polaritzada és semblant a la microestructura prismàtica complexa. La prismàtica complexa es diferencia de l'entrecreuada complexa perquè aquesta última té uns prismes amb els escaires molt irregulars i, sobretot, per la grollera manera de disposar-se els diferents blocs de làmines, cosa que ens fa recordar, com ja s'ha dit l'espina d'un peix.

Un altre tipus d'estructura que BOGGILD (1930) no va tenir en compte és la formada per feixos fibrosos disposats d'una manera més o menys radial, en els quals, totes les fibres parteixen d'un centre comú. Formen els típics esferolits. Aquest tipus d'estructura és conegut només en els celenteris (figura 2, D).

Importància de l'estudi de les microestructures.

L'estudi dels diferents tipus de microestructures que trobem en els organismes té un gran interès per diverses raons. En primer lloc, si tenim un xic de sort, ens pot permetre arribar a col·locar el fragment en estudi dintre d'un tàxon determinat; fins i tot, de vegades, es podrà arribar a la categoria taxonòmica d'ordre o família. Realment, moltes vegades no podrem arribar a determinar per mitjà de l'estructura, quin gènere o quina espècie observem. En alguns casos ben determinats, l'estudi de les variacions que puguin presentar les microestructures de l'organisme ens podrà indicar la temperatura i salinitat del lloc on es troba l'organisme d'estudi. D'aquesta manera, DODD (1964) va poder comprobar la variació de la microestructura de *Mytilus californianus* en variar la temperatura i salinitat. Ultimament, ALEXANDER (1974) també cita els canvis de volum, forma, ornamentació i microestructura del gènere *Anodara* del Pliocè californià per causa de canvis ambientals, tals com la temperatura, salinitat i tipus de substrat. FARROW (1972) ens descriu tota una sèrie de capes de formació periòdica en el bivalve *Cerastoderme edule*; la formació d'aquestes capes està en relació amb els períodes d'emergència de l'animal, és a dir, amb els períodes durant els quals no estava recobert per l'aigua. I això ens permet determinar els diferents cicles de mareas, cosa que pot arribar a ser molt útil en les interpretacions de tipus paleoecològic.

De tota manera, abans de poder fer qualsevol interpretació paleoecològica, cal fer abans un estudi del lloc on treballem. Aquí també té una gran importància el tipus de microestructura originària de l'animal, ja que, com hem dit abans, alguns tipus de microestructura solament es presenten en l'aragonita, uns altres solament en calcita i uns pocs en calcita i aragonita alhora. Els diferents fenòmens diagenètics que puguin tenir lloc

TAUT A II
RESUM DE LES MICROSTRUCTURES DESCRITES PER BOGGILD

Microstructure	Mineral (Carbonat càlcic)	Aparença a través de la llum ordinària	Aparença a través dels nicols encreuat	Alguns gèneres de molluscs en els quals es presenta diferent microestructura	Uns altres grups a part dels molluscs en els quals es presenta aquest tipus de microestructura.
Homogènia	típicament calcita; algunes vegades aragonita.	estructura no visible	extinció en una direcció eixos òptics paral·lels normalment perpendiculars a la superfície de la closca	<i>Mytilus</i> -calcita i aragonita. <i>Lima</i> <i>Styliolina</i> calcita	Trilobites Ostracodes foraminífers
Prismàtica A. Prismàtica normal	normalment calcita rarament aragonita	prismes quadrangulars o poligonals. Normalment perpendiculars o lleugerament inclinats a la superfície externa.	cada prisma s'extingeix com una unitat.	<i>Pima</i> <i>Atrina</i> <i>Inoceramus</i>	Braquípodes perforats i imperforats: ostracodes
B. Prismàtica complexa	normalment calcita rarament aragonita	prismes poligonals. Normalment perpendiculars o lleugerament inclinats a la superfície externa.	línia fosca a través del centre dels prismes que es mou cap a qualsevol banda en fer girar la platina.	<i>Unio</i> <i>Trigonia</i> algunes espècies de <i>Inoceramus</i>	No es coneixen a part dels molluscs.
C. Prismàtica composta	normalment aragonita rarament calcita	prismes amples, compostos de petits prismes poligonals distribuïts radialment en un eix central.	els grans prismes poden extingir-se com si fossin un prisme complex.	<i>Tellina</i> <i>Donax</i> algunes sp. de <i>Trochidae</i> algunes sp. d' <i>Amphineures</i>	No es coneixen a part dels molluscs.
Fullada	sempre calcita	regular, prima (0,002mm) fulles paral·leles de calcita o bé un paquet de fulles dispostes com el <i>cross bedding</i> de les arenisques.	orientació dels eixos òptics de les làmines variables.	<i>Ostrea</i> ; <i>Pecten</i> ; <i>Spondylus</i> ; <i>Tentaculites</i> .	pseudoperforants. Braquípodes Briozous, tubs de cucs.

calcita

calcita

aragonita

RESUM DE LES MICROSTRUCTURES DESCRITES PER BØGGILD

TAULA II (2)

Microestructura	Mineral (Carbonat càlcic)	Aparença a través de la llum ordinària	Aparença a través dels nicols encroeuats	Alguns gèneres de molluscs en els quals es presenta diferent microestructura	Uns altres grups a part dels molluscs en els quals es presenta aquest tipus de microestructures.
Nacre	sempre aragonita	sempre regular gruix (0.001µm) làmines paral·leles d'aragonita separades per una fina capa de matèria orgànica d'igual gruix.	Extinció paral·lela	<i>Unio</i> ; <i>Atrina</i> ; <i>Pinna</i> ; <i>Haliotis</i> ; Cefalòpodes.	no es coneixen a part dels molluscs.
Granuda	calcita o aragonita (rarament es presenten associats en capes homogènies.	irregular forment grans.	eixos òptics orientats a l'atzar.	<i>Janthina</i> <i>Scala</i> <i>Sepia</i> <i>Argonauta</i> capa superior d'alguns bivalves.	parets granuloses de briozous fòssils algun foraminífer recristallitzat.
Cristall unitari	sempre calcita	exfoliació de la calcita visible.	la capa entera s'extingeix con una unit.	<i>Perna lanceolata</i> <i>Actinocamax</i>	típicament desenrotllada a tots els equinodermis i briozous; espícules d'algunes esponges calcàries.

Microestructura	Mineral (Carbonat càlcic)	Aparença a través de la llum ordinària	Aparença a través dels nicols encreuat	Alguns gèneres de molluscs en els quals es presenta diferent microestructura	Uns altres grups a part dels molluscs en els quals es presenta aquest tipus de microestructura
Entrecreuada	Normalment aragonita; rarament calcita	Les capes de les grans làmines (cadascuna composta de petits cristalls plans) uniformement inclinades.	Orientació uniforme dels eixos òptics, uniforme en els petits cristalls que a vegades és causa de l'extinció de les làmines com una unitat.	<i>Arca; Cardium; Murex; Strombus; Dentalium; Amfi-neures</i> , alguns <i>Ostreidae Patella</i>	No es coneixen, a part dels molluscs.
Entrecreuada Complexa	Normalment aragonita; rarament calcita.	Típicament amb elements d'estructura entrecreuada casualment orientada. Capes complexes, moltes vegades intercalades amb capes prismàtiques idèntiques.	Extinció irregular	Capes internes d' <i>Arca; Cardium; Neritina</i> .	No es coneixen, a part dels molluscs.

actuaran de manera molt diferent, segons la composició mineralògica de la closca, i també en relació amb el tipus d'estructura. De la mateixa manera que, si volem deduir els possibles fenòmens de transport que hagin afectat una comunitat de bivalves, hem de tenir presents diverses característiques -desarticulació de les valves, trencadura, etc.- també hi hem de tenir el tipus de microestructura, perquè en el cas de la trencadura, per exemple, aquesta està en relació directa amb el tipus de microestructura, com molt bé indiquen TAYLOR & LAYMAN (1972).

AGRAÏMENTS

Agraeixo l'ajuda rebuda per a la realització d'aquest treball. Al Dr. Miquel DE RENZI l'orientació científica que m'ha donat. També a: Enric Pedemonte, Jaume Torra i Laura Rosell.

B I B L I O G R A F I A

- ALEXANDER, R.R. 1974. Morphologic adaptations of the bivalve *Anadara* from the Kettleman Hills, California. *J. Paleontology*, 48 (4): 633-651.
- BØGGILD, O.B. 1930. The Shell Structure of the Mollusks. *D. Kgl. Danske Vidensk. Selsk Skrifter, Naturvidensk O.G. Mathem*, 9 (II): 231-236.
- DODD, J.R. 1963. Paleoecological implications of shell mineralogy in two pelecypod species. *J. Geology*, 71: 1-11.
- DODD, J.R. 1964. Environmentally controlled variation in the shell structure of a pelecypod species. *J. Geology*, 38 (6): 1065-1071.
- FARROW, G.E. 1972. Periodicity structures in the Bivalve shell: Analysis of stumming in *Cerastoderma edule* from the Burry Julet (South Wales). *Paleontology*, 15 (1): 61-72.
- HANSEN H.J., REISS, Z & SCHNEIDERMAN, N. 1969. Ultramicrostructure of billamellar walls on Foraminifera. *Rev. Esp. Microp.*, 1 (3): 293-316.
- HOFKER, J. 1971. Wall structure of Globigerine and Globorotalia Foraminifera. *Rev. Esp. Micropal.*, 3 (1): 35-60.
- MAJEWSKE, J.P. 1969. *Recognition of invertebrate fossil fragment in rocks and thin sections.* Intern. Sedim. Petrog. series, XIII (Cuvillier J. & Schurmann, H.M.E., eds.). 101 pp. Leiden.
- NEWELL, N.D. 1937. Late Paleozoic Pelecypods & Pectinacea. *Univ. Kansas Publ., St. Geol. Surv. Kansas*, 10: 123 pag.
- SROCK, R.R. & TWENHOFEL, W.H. 1953. *Principles of Invertebrate Paleontology*, McGraw Hill. New York.
- TASCH, P. 1973. *Paleobiology of the Invertebrates.* Jhon Wiley. New York.
- TAYLOR, J.D. & LAYMAN, M. 1971. The Mechanical Properties of Bivalve (Mollusca) shell structures. *Paleontology*, 15 (1): 73-87.