

Introduzione alla Biologia Marina

PHYLUM PORIFERA - LA SISTEMATICA



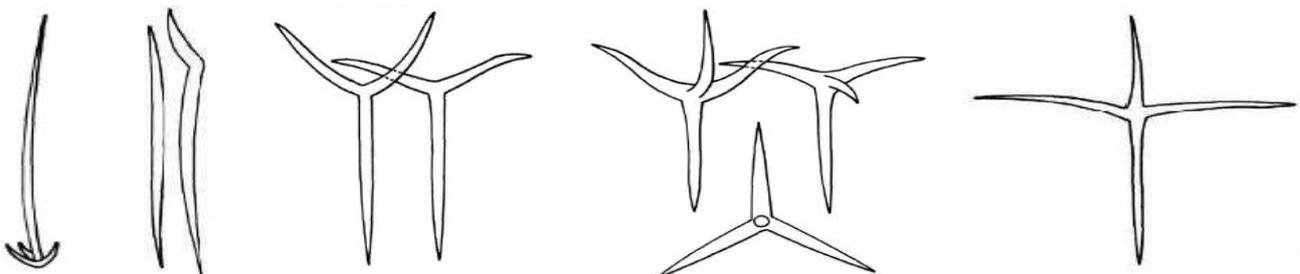
Come già evidenziato da pagina 27 a pagina 29 de “Dagli Unicellulari ai Pluricellulari”, la maggior parte dei ricercatori contemporanei considera il phylum Porifera come un taxon monofiletico basale a tutti i metazoi, suddiviso in due subphylum e quattro classi (che per alcuni autori sono però cinque) in base alla struttura del loro corpo e alla natura delle loro spicole, oltrechè alla presenza o meno di spongina:

subphylum	classi
1 - Cellularia <i>struttura cellulare del corpo</i>	1 - Calcispongiae vel Calcarea 2 - Demospongiae 3 - Homoscleromorpha * - Sclerospongiae (non riconosciuta dalla maggioranza dei tassonomici)
2 - Symplasma <i>struttura sinciziale del corpo</i>	4 - Hyalospongiae vel Hexactinellidae

che comprendono in complesso **circa 9.500 specie** (la sistematica delle spugne è però in costante evoluzione e gli esperti ritengono che in realtà le specie siano almeno 15.000).

CALCISPONGIE vel CALCAREA (spugne calcaree)

Il nome di questa classe deriva dal fatto che l'intelaiatura scheletrica delle Calcispongiae è costituita solo da **macroscelere di carbonato di calcio o di calcite** (mancano le microscelere e la spongina) **dotate di 1** (spicole monoassone), **3** (spicole triassone) oppure **4 raggi semplici** (spicole tetrassone) e **mai ramificati**.



Si tratta di piccole spugne (10-12 cm di altezza massima) che possiedono perlopiù un'organizzazione interna di tipo ascon, mentre meno frequenti sono le strutture sycon e leucon. Nella maggior parte dei casi hanno aspetto sacciforme, ovoidale, a tubulo singolo o più tubuli anastomizzati tra loro, ma possono assumere anche aspetto incrostante, a cuscinetto oppure eretto e cespitoso (spesso hanno simmetria raggiata).

Le colorazioni delle Calcarea in genere sono chiare, andando dal bianco al bianco-grigiastro, ma non mancano tonalità più sgargianti (soprattutto nelle specie tropicali) che variano dal giallo al marrone-verdastro.

Queste spugne vivono soprattutto nelle acque costiere dei mari temperati e freddi di tutto il Pianeta, anche se diverse Calcarea si ritrovano abitualmente nei reef madreporici tropico-equatoriali; la maggior parte di esse è presente a partire dalle zone superficiali sino a 40-50 metri di profondità, mentre più del 90% non si spinge oltre i 100 metri; solo alcune Calcispongie si ritrovano a profondità elevate, comprese tra i 700 e gli 800 metri.

A parte le specie tropicali che frequentano anche gli ambienti soleggiati dei reef ben protette dai loro simbionti, la maggior parte di queste spugne predilige fondali ombrosi e scuri (molte vivono nascoste sotto le pietre oppure all'interno di grotte e cavità tra gli scogli), insediandosi sia sul benthos roccioso che in forma epibionte su gusci di Molluschi, carapaci di Crostacei, gorgonie, altri poriferi, rizomi di Posidonia e Cystoseira, talli di alge...ect.

In merito alla riproduzione, si hanno sia specie con tempi di versi di maturazione gametica (ermafroditismo insufficiente) che specie in cui tale maturazione è simultanea, per cui in alcuni casi si ha una vera e propria condizione ermafrodita; la larva tipica è l'anfiblastula (meno diffusa la parenchimula) e in molti casi l'uovo fecondato viene subito liberato nell'ambiente (specie vivipare) senza completare una parte dello sviluppo embrionale all'interno del corpo del genitore.

Nella seguente tabella sono riportati i principali taxa in cui si suddividono le 400 specie di Calcispongiae attualmente viventi (le specie estinte non verranno prese in considerazione).

In base alla loro disposizione più o meno ravvicinata, le spicole determinano tre livelli principali di consistenza corporea in queste spugne, che contraddistinguono le tre sottoclassi di questa classe.

* Calcinea: spicole sparse e non intricate tra loro = consistenza molliccia

* Calcaronea: spicole aggrovigliate tra loro = consistenza solida

* Pharetronia: spicole ravvicinate e immerse in uno stroma calcareo = consistenza dura, spesso "pietrosa"
si tratta comunque di poche specie relitte che risalgono al Permiano

sottoclasse	ordine	famiglia	genere e specie di riferimento
Calcinea	Clathrinida	Clathrinidae	Clathrina clathrus; Clathrina contorta; Arthuria hirsuta
		Leucaltidae	Ascandra falcata; Leucaltis clathria
	Leucettida	Leucettidae	Leucetta antarctica Pericharax carteri
Calcaronea	Leucosolenida	Leucosolenidae	Leucosolenia variabilis Leucosolenia solida
		Grantidae	Grantia compressa; Leuconia nivea; Leucandra aspera
		Sycettidae	Sycon raphanus; Sycon elegans
		Amphoriscidae	Amphoriscus cylindricus Leucilla nuttigi
Pharetronida	Lithonida	Petrobionidae	Petrobiona massilliana
		Minchinellidae	Minchinella kirkpatrick



Clathrina clathrus (Clathrinidae)



Ascandra falcata (Leucaltidae)



Grantia compressa (Grantidae)



Sycon gelatinosum (Sycettidae)



Leucetta antarctica (Leucettidae)



Pericharax carteri (Leucettidae)



Petrobiona massilliana è un vero e proprio fossile vivente presente anche in Mediterraneo dove frequenta soprattutto gli ambienti sciafili come le grotte, gli anfratti tra gli scogli e le aree costantemente ombreggiate da massi e rocce

DEMOSPONGIAE (spugne silicee)

Le Demospongiae comprendono più del 90% delle specie del phylum Porifera (8.500 circa attualmente accertate) e, di conseguenza, il nome dato a questa classe sembra essere decisamente appropriato (deriva infatti dal greco “demo”, che significa “popolo”, per cui Demo-Spongiae potrebbe venir parafrasato in “le spugne più popolari, le spugne più diffuse”). Presenti in tutti i mari del mondo, soprattutto però in quelli temperati, **le Demospongiae sono gli unici Poriferi che annoverano anche esemplari di acque dolci** (200 circa, ripartiti in sette famiglie dell’ordine Haplosclerida e in alcune dei Poecilosclerida) e varie specie esclusive degli **ambienti anchialini** (sistemi idrici a salinità variabile, situati in zone ipogee del litorale e collegati al mare mediante connessioni al di sotto della superficie terrestre) e delle **acque sotterranee continentali**.

In merito all’ecosistema marino, le Demospongie frequentano sia le acque superficiali che quelle profonde (8.000 metri e probabilmente anche oltre), anche se la maggior parte vive nella zona eufotica (o comunque entro i limiti dello zoccolo continentale) per favorire l’attività fotosintetica delle zooxanthellae e dei cianobatteri con cui molte di esse sono stabiliscono relazioni simbiotiche. Caratterizzate da un’organizzazione interna di tipo leucon (più raramente sycon, mai ascon), le demospongie hanno un’impalcatura “scheletrica” che può essere formata:

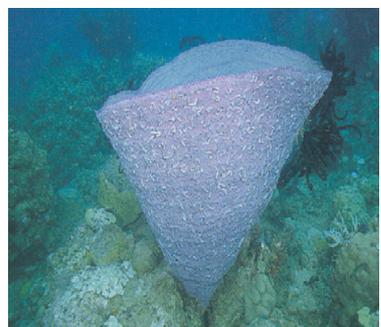
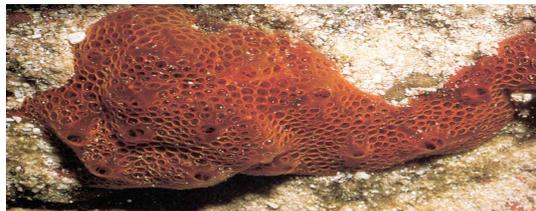
1) solo da **macro & microsclere silicee non esactine**, cioè dotate di 1-2-3-4 raggi ma mai di sei, come avviene invece per gli hexaster delle Hyalospongiae

2) soltanto da **spongina**

3) da **spicole e spongina insieme**, che spesso formano un complesso molto solido e spesso detto **cortex**.

In qualche caso (soprattutto nell’ordine Halisarcida) manca completamente lo scheletro, cioè non sono presenti né spicole né spongina, per cui questi Poriferi - perlopiù incrostanti e di piccole dimensioni - sono ricoperti da un rivestimento muco-gelatinoso formato **solo da fibre di collagene**.

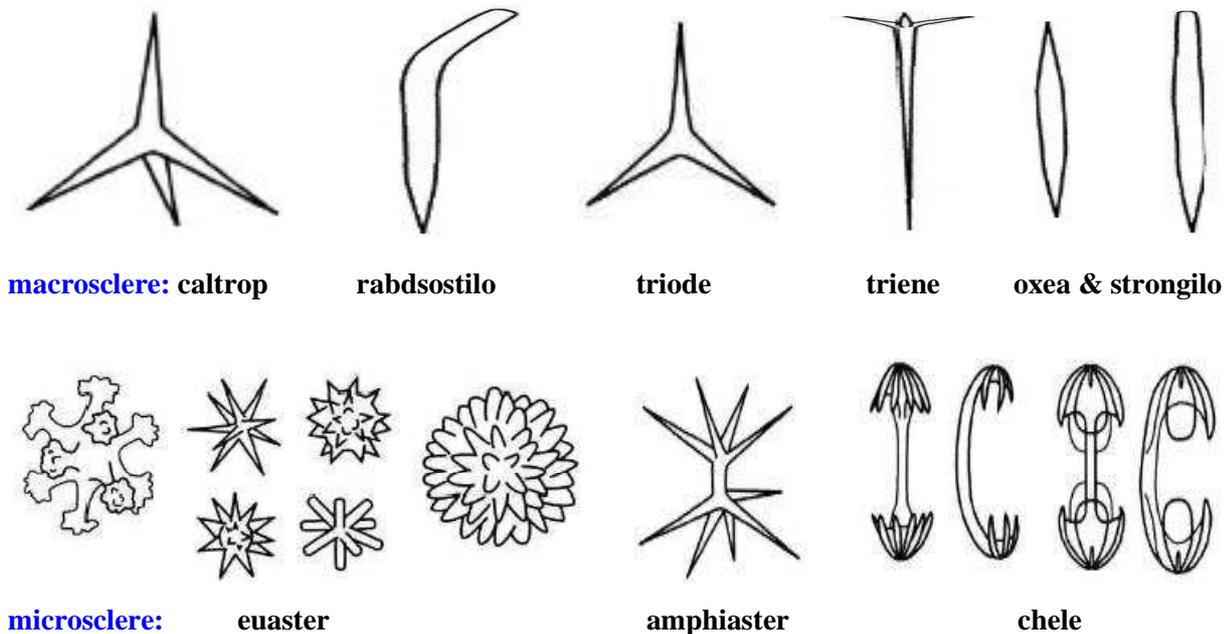
Le Demospongie annoverano esemplari le cui dimensioni variano da qualche millimetro a 2 mt e più di diametro e 1 mt di altezza, le cui forme e colorazioni sono estremamente varie e molteplici, potendo presentarsi in tutte le tonalità cromatiche dello spettro luminoso e assumere conformazioni che vanno dall’incrostante al ramificato, dalla lamina espansa al tubolare, dal cespuglioso-ramificato al globoso, dalla botte al colonnare...ect (la simmetria radiata è meno diffusa che nelle Calcispongiae e Hyalospongiae, per cui si ha spesso asimmetria corporea).



In merito all’alimentazione, nella maggior parte delle Demospongiae avviene per filtrazione e assorbimento di sostanze prodotte dai simbionti fotosintetici ma - come già detto a pag. 12, 13 e 14 della Parte Generale- varie specie della famiglia Cladorhizidae (Poecilosclerida) che vivono in ambienti profondi scarsamente dotati di plancton e sostanza organica in sospensione si sono trasformate in organismi predatori di piccoli metazoi, per cui possono definirsi come spugne carnivore. Le Demospongiae si riproducono sia asessualmente (gemme, gemmule

e frammentazione) che sessualmente; in questo caso, si tratta perlopiù di ermafroditismo insufficiente, con varie situazioni di accertato gonocorismo; la larva è in genere una parenchimula e, spesso, completa all'interno del corpo del genitore almeno la prima parte del suo sviluppo embrionale; in molti vasi, però, dalla spugna madre esce già un piccolo porifero in miniatura (specie vivipare) perché tutto il suo sviluppo embrionale è avvenuto nel corpo materno; in varie Demospongie, infine, le uova fecondate vengono subito liberate nell'ambiente (specie ovipare). Per quanto riguarda la sistematica delle "spugne silicee", le due sottoclassi in cui sono state a lungo ripartite - cioè le Ceractinomorpha e le Tetractinomorpha - attualmente non vengono più ritenute tassonomicamente accettabili perché analisi genomiche hanno messo in evidenza la parafilia dei loro taxa; di conseguenza, la sistematica contemporanea delle circa 8.500 specie riconosciute di Demospongie non prevede più la distinzione in due sottoclassi ma solo in (a seconda dei vari esperti) 13 - 15 ordini, 90 - 100 famiglie e poco più di 500 generi, in base soprattutto (ma non solo) ai seguenti parametri diagnostici:

1- presenza o assenza di spongina, **2-** presenza o assenza di sclere e al loro tipo (microsclere, macrosclere, entrambi i tipi, numero dei loro raggi...ect) e **3-** loro disposizione nel corpo del Porifero (sparsa oppure assiale o radiale, a seconda della forma dell'animale).



Nelle due successive tabelle sono riportate:

1- le caratteristiche base delle ex-Tetractinomorpha (in azzurro) e delle ex-Ceractinomorpha (in giallo) e
2- la suddivisione dei principali taxa delle Demospongiae secondo il precedente ordinamento che prevedeva l'appartenenza a una delle due suddette sottoclassi; è vero che quest'ultime hanno perso il loro significato tassonomico, ma alcune fondamentali caratteristiche loro attribuite sono ancora valide per i taxa che comprendevano, per cui costituiscono una linea guida di riferimento per la classificazione di questi animali:

caratteristiche ex-Tetractinomorpha	1) megasclere tetrassone (tetractine) o monassonidi 2) microsclere soprattutto a forma di aster e suoi derivati 3) niente spongina 4) larva perlopiù parenchimula 5) riproduzione predominante ovipara, ma presenti anche casi di sviluppo embrionale parzialmente interno e di viviparità
caratteristiche ex-Ceractinomorpha	1) megasclere di vario tipo, ma mai tetractine 2) microsclere di vario tipo, ma mai a forma di aster le specie del superordine Cheratose non hanno sclere 3) spongina presente (assente solo negli Halisarcida) 4) larva perlopiù parenchimula 5) riproduzione predominante vivipara, ma presenti anche casi di sviluppo embrionale parzialmente interno e di oviparità

ordine	famiglia	genere e specie di riferimento
Astrophorida	Ancorinidae	Asteropus niger; Ancorina cerebrum; Jaspis johnstoni; Paracordyla lignea; Stelletta grubii; Myriastras subtilis
	Geodiidae	Geodia cydonium
	Pachastrellidae	Pachastrella monilifera
Spirophorida	Tetillidae	Tetilla euplocamos; Cinachyra subterranea
	Samidae	Samus anonymus
Lithistida	Corallistidae	Corallistes gracilis; Corallistes aculeatus; Corallistes multituberculatus
	Desmanthidae	Desmanthus meandroides; Sulcastrella clausa
	Azoricidae	Leiodermatium heteroformis; Azorica pfeifferae
	Theonellidae	Theonella atlantica; Theonella cupola; Siliquariaspongia japonica
Hadromerida	Clionidae	Cliona viridis, Cliona celata; Cliona patera; Spheciospongia vesparium
	Polymastiidae	Polimastia atlantica; Astrostylus astrostylus
	Spirastrellidae	Spirastrella carnosae; Diplastrella bistellata
	Suberitidae	Suberites domuncula; Aaptos aaptos; Protosuberites ephiphytum
	Tethyidae	Tethya auriantum; Xenospongia patelliformis; Oxytethya mirabilis
	Stylocordylidae	Stylocordila borealis; Oxycordila pellita; Stylocordila chupachups
Halichondrida	Halichondriidae	Halichondria panicea; Halichondria attenuata; Hymenieacidon flavia
	Dictyonellidae	Dictyonella incisa; Achantella aculeata
	Heteroxyidae	Higginsia ciccaresei; Higginsia coralloides; Heteroxya corticata
	Axinellidae (ordine Axinellida ?)	Axinella damicornis; Axinella cannabina; Axinella polypoides; Pipestela candelabra; Phakellia foliacea; Auletta elongata
Poecilosclerida	Microcionidae	Microciona atrasanguinea; Clathria compressa
	Raspailiidae	Raspailia typica; Raspaciona aculeata
	Cladorhizidae	Cladorhiza abyssicola; Abyssocladya tecta; Asbestopluma hypogea; Chondrocladia lyra
	Hymedesmiidae	Hymedesmia atlantica; Phorbas gray
	Isodictyidae	Coelocarteria singaporensis; Isodictya alata
	Coelosperidae	Coelosphaera polymasteides
	Mycalidae	Mycale crassissima
	Crambeidae	Crambe crambe
	Myxillidae	Myxilla gracilis; Myxilla crucifera
	Desmacellidae	Neofibularia nolitangere
	Tedaniidae	Tedania meandrica; Tedania ignis
Haplosclerida	Callyspongiidae	Callyspongia ramosa; Siphonochalina expansa
	Chalinidae	Chalinula renieroides; Haliclona panis
	Niphataidae	Niphates erecta; Cribrochalina punctata; Gelliodes biformis; Pachychalina alveopora Amphimedon queenslandica
	Petrosiidae	Petrosia borealis; Neopetrosia chaliniformis; Xestospongia coralloides; Xestospongia plana
	Phloeodictyidae	Oceanapia atlantica; Calyx nicaeensis; Tabulocalyx pedunculatus
	Acarinidae	Iophon proximus

Agelasida	Agelasidae	Agelas oroides; Agelas carpenteri
	Astroscleridae	Astrosclera willeyana; Ceratoporella nicholsoni
Chondrosida	Chondrillidae	Chondrosia reniformis; Chondrilla nucula
Dictyoceratida (superordine Cheratose)	Dysideidae	Dysidea flabellum; Citronia vasiformis
	Irciniidae	Ircinia variabilis; Ircinia clavata
	Spongiidae	Spongia officinalis; Hippospongia communis; Hyattella polyphemus; Coscinoderma sinuosum
	Thorectidae	Phyllospongia foliascens; Thorecta calyx; Strepsichordaia caliciformis; Cacospongia dendroides; Cateriospongia sp
Dendroceratida (superordine Cheratose)	Darwinellidae	Darwinella muelleri; Aplysilla rosea; Dendrilla achanta
	Dictyodendrillidae	Dictyodendrilla cespitosa
Verongida (superordine Cheratose)	Aplysinidae	Aplysina aerophoba; Verongula gigantea
	Aplysinellidae	Aplysinella stongylata
	Ianthellidae	Ianthella flabelliformis; Ianthella reticulata
	Pseudoceratinidae	Pseudoceratina purpurea
Halisarcida	Halisarcidae	Halisarca rubra; Halisarca laxus
Verticillitida	Verticillitidae	Vaceletia cripta

Agli ordini Spirophorida (Tetillidae: Cinachyra subterranea e Cinachyrella allocalda); Hadromerida (Suberitidae: Protosuberites geracei); Halicondrida (Heteroxyidae: Higginsia ciccaresei) e Haplosclerida (Phloeodictyidae : Oceanapia penicelliformis) appartengono le 5 specie attualmente riconosciute come “**spugne di ambiente anchialino**” perché tipiche di questi sistemi idrici a salinità variabile, situati in zone ipogee del litorale e collegati al mare con connessioni al di sotto della superficie terrestre. Agli Haplosclerida appartengono **7 famiglie di spugne d’acqua dolce** (tra cui Spongillidae, Paleospongillidae, Potamolepidae e Metaniidae) mentre qualche specie si riscontra anche nei Poecilosclerida

Segue ora una serie di immagini di Demospongiae, inserite seguendo la sequenza sistematica della precedente tabella; nella descrizione dei vari ordini sono riportate solo le parti più specifiche e peculiari perché quelle più generali sono già state descritte a pagina 5; agli ordini evidenziati in azzurro sono attribuibili le caratteristiche base delle ex-Teractinomorpha, mentre agli ordini evidenziati in giallo quelle delle ex-Ceractinomorpha.

ASTROPHORIDA: perlopiù forme di tipo globoso-arrotondato; niente spongina; megasclere tetractine (calthrop, trieni e oxea); microsclere ad aster; le sclere formano in genere raggi dipartenti dal centro della spugna, diretti verso l’esterno del porifero; cortex in genere robusto



Asteropus niger
(Ancorinidae)



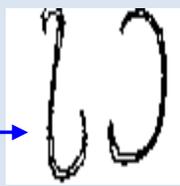
Geodia cydonium
(Geodiidae)



Jaspis johnstoni
(Ancorinidae)

SPIROPHORIDA:

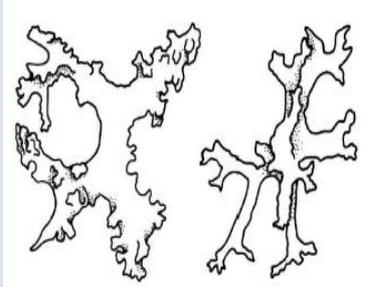
forme globoso-arrotondate, differiscono dall’ordine precedente soprattutto per la presenza di microsclere **sigmaspire** → le macrosclere sono in genere oxea o trieni



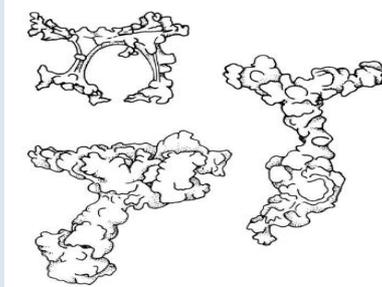
Tetilla cranium (Tetillidae)



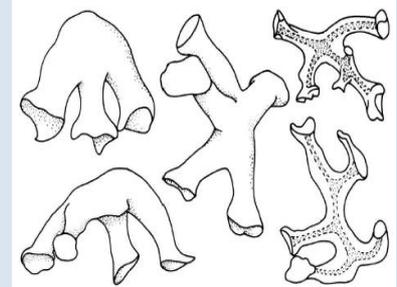
LITHISTIDA: si tratta di un ordine molto antico di spugne, una sorta di specie relitte del periodo Cambriano pervenute quasi immutate sino ai nostri giorni; sono caratterizzate da un'impalcatura scheletrica silicea molto dura e rigida, formata dalla saldatura delle spicole che la compongono. Si tratta di spicole esclusive dei Lithistida dette **desma spicole**, che derivano da sclere monoassone, triassone e tetraassone modificate dalla deposizione irregolare e multi stratificata di silicio, che da vita a strutture spicolari variegata e composite, proprio come estremamente variegata e composite sono le forme che assumono queste spugne



Theonella cilindrica
(Theonellidae)

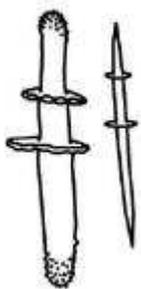


Corallistes verrucosa
(Corallistidae)



Leiodermatium heteroformis
(Azoricidae)

HADROMERIDA: in genere niente spongina (talora presente in quantità ridottissime); megasclere perlopiù monoassone, mentre le microsclere sono di vario tipo, dal semplice aster allo spiraster (aster spiralati); microsclere peculiari sono i **disco-rabdi** (micro oxea dotata di due dischi lungo il percorso del suo asse); l'impalcatura scheletrica consiste (come in molti ex-Tetractinomorpha) in raggi di spicole che dipartono dal centro della spugna



disco-rabdi



Cliona vastificata (Clionidae)



Tethya aurantium (Tethyidae)



Spirastrella cuntatrix
(Spirastrellidae)



Cliona patera
(Clionidae)



Per quanto riguarda le **Suberitidae** e i loro rapporti con i paguri si veda a pagina 24 della Parte Generale; invece, in merito alle **spugne perforanti** della famiglia Clionidae (*Cliona viridis*...ect) si veda a pagina 16 della medesima Parte Generale.

Speciospongia vesparium (Clionidae)

è (insieme a *Cliona patera*) una delle spugne più grandi del mondo, dato che può raggiungere 1,5 mt di altezza e 2 mt di diametro; nel suo interno ospita sino a svariate migliaia di animali commensali (crostacei, vermi, ofiure, molluschi...) che, in cambio di protezione e cibo (rifiuti del metabolismo e produzione fotosintetica delle zooxantelle del porifero) contribuiscono a mantenere puliti e sgombri i canali del suo sistema acquifero



Stylocordila chupachups (Stylocordylidae)

questa piccola Hadromerida deve il suo nome al fatto che il suo aspetto ricorda proprio quello di un lollipop; vive nelle fredde acqua antartiche tra i 100 e i 500 mt di profondità e, sino a non molti anni fa, si riteneva fosse una fase bipolare di *Stylocordila borealis*, tipica dell'Artico; recentemente, però, *S. chupachups* è stata elevata a livello di specie a se stante ed endemica dell'Antartide, come sono endemici molti altri organismi che vivono in queste zone dato che, essendo l'Antartide derivato dalla parte più meridionale del supercontinente mesozoico di Gondwana, è stato isolato dal resto delle terre emerse del Pianeta per almeno 30 milioni di anni, potendo così dar vita a speciazioni uniche e caratteristiche.

HALICONDRIDA: macrosclere di vario tipo ma mai tetractine (perlopiù *oxea* e *strongili*, con varie fasi intermedie), sparse senza un ordine preciso all'interno di un reticolato di spongina (spesso ridotta) e collagene (il cortex può mancare oppure essere spesso e robusto); forme che variano dallo incrostante al globulare, dal fogliaceo all'eretto ramificato (*Axinellidae*) nel qual caso le macrospicole si dispongono a formare una sorta di asse centrale da cui dipartono appendici secondarie ad andamento ramo-plumuloso formate da spongina/collagene e microsclere



Axinella cannabina
(Axinellidae)



Axinella polypoides
(Axinellidae)



Phakellia aurensis
(Axinellidae)



Pipestela candelabra
(spugna Bob Marley)
(Axinellidae)



Acanthella klethra
(Dictyonellidae)



Halichondria panicea
(Halicondriidae)

POECILOSCLERIDA: è l'ordine più grande delle Demospongiae, dato che comprende diverse migliaia delle 8.500 specie attualmente riconosciute; alcune specie possiedono ancora strutture primitive, in cui le spicole (silicee ma anche calciche) sono fuse insieme (spicole desmoidi) come nei Lithistida; nella maggior parte dei casi, però, le spicole non sono fuse tra loro; in generale, le macrosclere possono essere di tipo monoassone monactino (con le due estremità dell'assone diverse) oppure diactino (con le due estremità uguali) e con l'assone liscio oppure più o meno dotato di spine; nella maggior parte dei casi si osserva **una diversa e ben precisa dislocazione delle megasclere**, nel senso che quelle che si rinvencono nell'ectosoma (derma e mesenchima costituenti un tutt'uno) sono diverse dalle megasclere del coanosoma (parte interna della spugna, in cui risiedono i coanociti); le microsclere sono di vari tipi tra cui soprattutto sigmaspire, rafidi, micro-oxea e **chele** (spicole con le due estremità formate una sorta di tenaglia, come rappresentato a pagina 5); la spongina in genere presente e il cortex è sviluppato; la forma e l'aspetto di questi Poriferi sono molto variabili



Cladorhiza
conrescens

Le Cladorhizidae comprendono varie **specie carnivore** - tra le quali *Asbestopluma hypogea* a *Condrocladia lyra* - di cui si è già detto alle pagine 12 / 14 della Parte Generale. Un'altra specie predatrice di questa famiglia che merita ricordare, non fosse altro per il clamore che ha suscitato in passato è:

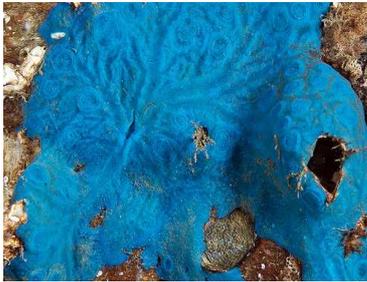
Cladorhiza conrescens

Nel 1964, nelle acque antartiche situate 1.600 km a sud di Capo Horn e a circa 4.000 mt di profondità, un'equipe di scienziati della marina americana fotografò un "qualcosa" che faceva pensare a un'antenna TV sottomarina. Nell'ambito di quella che allora era la guerra fredda, gli statunitensi inizialmente sospettarono che i russi avessero predisposto un sistema segreto di telecomunicazioni in fondo all'oceano.

In seguito, poiché una simile tecnologia all'epoca era pura fantascienza, prese corpo addirittura l'idea che si trattasse di un congegno installato dagli extraterrestri.

Il mistero venne risolto dai biologi Charles Hollister e Bruce Heezen che, nel 1971, nel loro libro *The Face of The deep* identificarono l'Eltanin Antenna (Eltanin era il nome della nave oceanografica che effettuò la spedizione del 1964) con la spugna carnivora *Cladorhiza conrescens*, che - come correttamente riportarono i due scienziati - era già stata descritta nel 1888 dallo studioso svizzero Alexander Emanuel Agassiz, che l'aveva rinvenuta in acque più superficiali.

Altri importanti e interessanti rappresentanti dei Poecilosclerida sono le cosiddette **spugne di fuoco**, soprattutto quelle appartenenti alle famiglie Tedaniidae e Desmacellidae, di cui si è già parlato a pagina 16 e 17 della Parte Generale. Seguono ora altre immagini relative alle numerosissime specie che fanno parte dell'ordine in questione, che danno un'idea della grande diversità di forme riscontrabili:



Hymedesmia pauperatus
(Hymedesmiidae)



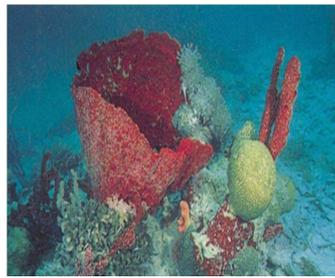
Raspailia ramosa
(Raspailiidae)



Raspaciona aculeata
(Raspailiidae)



Coelocarteria singaporensis
(Isodyictidae)



Echinodyctium sp
(Raspailiidae)



Crambe crambe
(Crambeidae)



Clathria tuberosa (Microcionidae)



Clathria basilana
(Microcionidae)



Clathria reimwardti
(Microcionidae)

HAPLOSCLERIDA: caratterizzati da uno stroma reticolare di spongina in cui le macrosclere (esclusivamente oxea e strongili monactini o diactini) sono sia semplicemente avvolte in essa che disposte in conformazioni poligonali o a triangolo rettangolo; a seconda delle specie, le microsclere possono essere numerose o scarse, ma perlopiù di tipo sigma o micro-oxea; forme molto variabili: dall'incrostante al nastriforme, dalla botte alla struttura a tubulo; cortex robusto



Challispongia ramosa
(Challispongidae)



Challispongia sp
(Challispongidae)



Siphonochalina expansa
(Challispongidae)



Callyspongia muricina
(Challispongidae)



Cribrochalina sp
(Niphatidae)



Haliclona fascigera
(Chalinidae)



Niphates erecta
(Niphatidae)



Xestospongia testudinaria
(Petrosidae)



Petrosia sp
(Petrosidae)



Gelliodes sp (Niphatidae)



Iophon proximus
(Acanthodesmidae)



Oceanapia amboinensis
(Phloeodictyidae)



Calix nicaeensis
(Phloeodictyidae)



Amphimedon queenslandica (Niphatidae)

In merito all'importanza degli studi genomici condotti su questa spugna australiana, si è già detto a pag. 28 e 29 de Dagli Unicellulari ai Pluricellulari

AGELASIDA: in genere prive di microsclere, mentre le macrospicole sono tipicamente oxea o stili, spesso dotate di spine, soprattutto alle loro estremità; la sclere si inseriscono in modo sparso nella spongina, che si dispone in reticolati regolari o irregolari; forme che vanno dal massivo (spesso ricordano le Spongidae) al tubulare e all'eretto più o meno ramificato

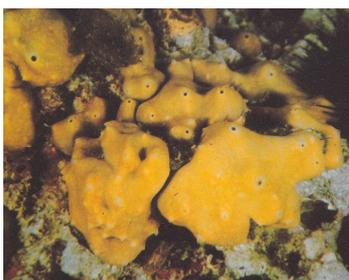


Agelas cerebrum (Agelasidae)



Agelas oroides (Agelasidae)

CONDROSIDA: in un primo tempo assegnato agli Hadromerida, la sistematica di questo piccolo taxa (temporaneamente elevato a ordine) è ancora in via di definizione; due le ipotesi principali:
1) si tratta di una famiglia (Chondrosidae) appartenente all'ordine Verongida
2) si tratta di un nuovo ordine (Chondrillida) che annovera anche gli attuali Halisarcida
si tratta, comunque, di Demospongiae prive di macrosclere ma dotate di microsclere e di un cortex molto robusto costituito da collagene e spongina; forme variabili da incrostanti a massive



Chondrilla nucula
(Chondrillidae)



Chondrosia reniformis
(Chondrillidae)

DICTYOCERATIDA (superordine CHERATOSE, sempre sprovviste di ogni tipo di sclera): scheletro formato solo da fibre di collagene e spongina; la spongina è disposta in strati reticolari spesso sovrapposti da 1 a 3 (cioè, a seconda delle specie, sotto il 1° strato di spongina se ne può formare un 2° e in molti casi anche un 3°); nel robusto cortex sono spesso presenti inclusioni minerali provenienti dall'esterno (spicole di altre spugne, gusci di protozoi, sabbia...ect) che rendono la loro consistenza molto solida e difficile da spezzare anche con le mani; forme variabili da incrostanti a erette (lamina fogliare, struttura tubulare e ramificata...ect) anche di discrete dimensioni



Dysidea janiae
(Dysideidae)



Ircina calavata
(Irciniidae)



Spongia officinalis
la comune spugna da bagno
(Spongiidae)



Phyllospongia lamellosa
(Thorectidae)



Cacospongia scalaris
(Thorectidae)



Cateriospongia sp
(Thorectidae)



Strepsichordaia caliciformis
(Thorectidae)



Hyattella polyphemus
(Spongiidae)

DENDROCERATIDA (superordine CHERATOSE, sempre sprovviste di ogni tipo di sclera): differiscono dalle Dictyoceratida perché non presentano mai corpi minerali estranei nella loro impalcatura scheletrica e perché la spongina non forma strati sovrapposti distinguibili, ma una struttura perlopiù omogenea e compatta, anche se meno resistente che nelle Dictyoceratida; forme in genere di piccole dimensioni, che variano dall'incrostante al globoso e massivo



Aplysilla rosea
(Darwinellidae)



Darwinella australiensis
(Darwinellidae)



Dendrilla anctartica
(Darwinellidae)

VERONGIDA (superordine CHERATOSE, sempre sprovviste di ogni tipo di sclera): a differenza dei due precedenti ordini di Cheratose, nelle Verongida la spongina non forma strati di fibre ravvicinate e compatte, ma fasci e reticoli con ampi spazi tra di loro, per cui la consistenza del cortex di queste spugne (solo raramente interessato da inclusioni minerali esterne e spesso quasi assente) è in genere soffice e delicata; forme molto variabili (tubi cilindrici, lamine fogliari...ect) in genere erette (ma anche incrostanti e globose) e di discrete dimensioni



Pseudoceratina purpurea
(Pseudoceratinidae)



Aplysina cauliformis
(Aplysinidae)



Aplysinella sp
(Aplysinellidae)



Aplysina fistularis
(Aplysinidae)



Ianthella basta
(Ianthellidae)



Verongula gigantea
(Aplysinidae)

HALISARCIDA: piccolo ordine di spugne composto da Poriferi che mancano non solo delle sclere come le Cheratose, ma anche della spongina; la loro impalcatura scheletrica è quasi esclusivamente formata da fibre di collagene e rivestimenti mucosi; perlopiù incrostanti e di ridotte dimensioni



Halisarca coerulea



Halisarca dujardini

(Halisarcidae)

VERTICILLITIDA: sono definiti “Sphinctozoa viventi” perché la struttura di queste Demospongie (scoperte solo negli anni 80) ricorda molto quella della suddetta classe estinta di spugne calcaree. Infatti, proprio come gli Sphinctozoa, i Verticillitida non hanno spicole libere ma le loro sclere monoassone e triactine di natura calcica si fondono tra loro per formare una serie di camere di aragonite disposte l’una sull’altra, entro le quali risiede il tessuto vivente di questi Poriferi; le camere sono ampiamente traforate per permettere il passaggio dell’acqua in entrata e in uscita. Attualmente la posizione sistematica dei Verticillitida è incerta perché la struttura calcarea del loro scheletro le dovrebbe far classificare tra le Calcispongie, ma dal punto di vista genomico e riproduttivo sono molto più vicine alle ex-Ceractinomorpha.

Attualmente, alcuni ricercatori pensano che questo piccolo ordine di spugne rappresenti una sorta di antica e indipendente convergenza di specie appartenenti sia alle Calcispongie che alle Demospongie e che, quindi, i Verticillitida costituiscano una classe a se stante; altri autori li considerano, invece, un ordine di Demospongie (classificazione adottata in questa dispensa) mentre altri ancora come una famiglia dell’ordine Dictyoceratida



Vaceletia cripta (Verticillitidae)

HOMOSCLEROMORPHA

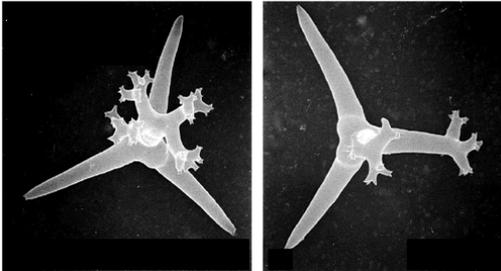
Le Homoscleromorpha comprendono 80-90 specie di piccole spugne marine che si presentano con forma variabile dall’incrostante al globoso-massivo e ramificato ma, comunque, sempre poco elevata al di sopra del substrato (massime dimensioni intorno a pochi cm di altezza).

Perlopiù dotati di organizzazione leucon (ma anche asconoide), questi poriferi hanno in genere un’impalcatura scheletrica molto ridotta e spesso vengono confusi con gli Halisarcida; infatti, varie specie mancano di spicole e il loro parenchima è costituito solo da fibre di collagene e spongina (che può anche mancare), per cui risultano spesso soffici e delicate al tatto. Altre specie, invece, possiedono spicole di natura silicea che sono pressappoco sempre dello stesso piccolo e minuto ordine di grandezza, rendendo quindi impossibile distinguerle in micro e macrosclere (da cui li nome di questa classe: “sclere dalla forma uguale”). Quando sono presenti, le spicole sono generalmente di tipo caltrop (tetrassoni formati da raggi di uguale lunghezza che, incontrandosi, formando angoli di uguale ampiezza) e derivati (diodi, triodi...ect, sempre con raggi di egual misura); i caltrop delle Homo-

scleromorpha ricordano quelli delle Demospongiae, da cui però si distinguono sia per le dimensioni molto più ridotte che per le diramazioni secondarie delle estremità dei loro raggi.

Il termine caltrop deriva dal latino “calcitrapa” (trappola per piedi) e indica una sorta di struttura chiodata a quattro punte che, nascosta nel terreno, veniva utilizzata come arma anti-uomo o anti-cavallo durante le battaglie nei tempi antichi dato che, passandoci sopra, i fanti e i cavalli subivano gravi ferite; nei tempi moderni, invece, i caltrop vengono ancora impiegati per forare gli pneumatici delle auto in transito.

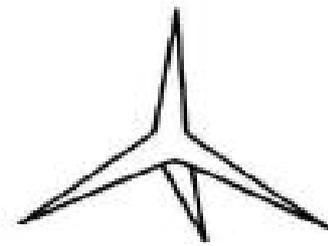
Le spicole caltrop devono il loro nome al fatto che ricordano proprio la forma di questi marchingegni bellici.



caltrop delle Homoscleromorpha



caltrop bellico



caltrop delle Demospongiae

Le Homoscleromorpha prediligono acque poco profonde (8-60 metri) di tipo sciafilo, cioè le zone con poca luce riparate dai raggi solari, come le grotte o le aree costantemente ombreggiate (quelle a ridosso di massi e scogliere, nel benthos riparato dalle praterie di Posidonia o), dove spesso sono predominanti rispetto ad altri organismi che condividono il loro stesso ambiente; solo poche specie dimorano in profondità (800-1.000 metri).

In merito alla riproduzione, queste spugne sono perlopiù ermafrodite insufficienti di tipo viviparo, dotate di larva cintoblastula (una variazione specifica dell’anfiblastula); diffusa l’agamia mediante frammentazione ed emissione di gemme. Dal punto di vista tassonomico, le Homoscleromorpha sono state a lungo considerate come una sottoclasse delle Demospongie, mentre attualmente fanno parte di una classe distinta formata da una sola famiglia (Plakinidae) che comprende attualmente 7 generi e 80-90 specie (la sistematica degli Homoscleromorpha è tuttavia ancora in via di definizione). L’elevamento al rango di classe di questi Poriferi è stato reso necessario dal fatto che recenti analisi approfondite del loro genoma e della loro struttura hanno messo in evidenza non solo la loro diversità dalle spugne silicee (con cui però hanno vari aspetti in comune) ma **soprattutto la loro vicinanza agli eumatozoi**, perché le Homoscleromorpha evidenziano alcune caratteristiche tipiche dei cosiddetti “veri animali” che le altre spugne non hanno. Tra queste, le più importanti sono:

1) la presenza di una **vera membrana basale** che sorregge l’ectoderma e lo separa nettamente dal mesenchima; negli altri Poriferi, invece, questa separazione non è così netta perché il pinacoderma e il mesenchima si compenetrano spesso a vicenda per formare una struttura quasi omogenea.

La netta separazione tra i due suddetti strati delle Homoscleromorpha è molto importante, perché segna il primo passo verso la differenziazione di un vero tessuto epiteliale al posto del tipico pseudo-tessuto delle spugne

2) la presenza di **recettori di membrana, proteine di adesione e proteine cito-scheletriche** (microtubuli...ect) tipiche dei metazoi e non degli altri Poriferi

Questi due aspetti contribuiscono ulteriormente a confermare la teoria secondo la quale le spugne sono basali a tutti i metazoi (di cui si è già detto ne “Dagli Unicellulari ai Pluricellulari”) perché - anche se gli Homoscleromorpha non sono certamente i diretti ancestrali dei bilateri - il fatto che le caratteristiche sopracitate siano già presenti nei phylum Porifera testimonia un’indubbia sequenza filogenetica ed evolutiva tra quelli che un tempo erano definiti Parazoa e i cosiddetti “animali superiori”.



Oscarella lobularis



Plakortis halichondriodes



Plakina jamaicensis



Plakortis nigra

SCLEROSPONGIAE

Si tratta di un piccolo raggruppamento di Porifera che vari autori considerano (o hanno considerato) una classe a se stante oppure una sottoclasse di Demospongiae, mentre per la maggior parte dei ricercatori contemporanei si tratta solo di **una categoria di comodo**, in cui raggruppare tutte quelle spugne che hanno sviluppato la capacità di costruire strutture simili a quelle di alcuni Antozoi che vivono nei reef tropicali.

Considerare il termine Sclerospongiae come una categoria di comodo e non un vero e proprio taxon è giustificato dal fatto che le “**spugne coralline**” (così vengono generalmente definiti questi Poriferi) appartengono a vari ordini delle Demospongiae (alcuni autori vi annoverano anche le Pharetronida delle Calcispongiae) per cui non ha alcun significato sistematico estrapolarle dal loro reale contesto tassonomico, per inserirle in un taxa artificioso e forzato. Infatti, esse rappresentano un fenomeno di “**convergenza adattativa**” di organismi diversi che hanno adottato la medesima soluzione di sviluppo vivendo in ambienti simili, e non un’effettiva differenziazione sistematica. Le Sclerospongie attuali sono animali molto antichi, già ampiamente diffusi nel Cambriano (le Stromatophorida oggi estinte erano tra i principali organismi costruttori di reef), che si possono considerare delle vere e proprie specie relitte e sono generalmente formate da una parte organica (perlopiù leuconoide) che si accresce al di sopra e tra le intercapedini e gli spazi (detti camere) di una “base scheletrica” costituita da spicole silicee e spongina, immerse in una matrice di carbonato di calcio.

L’accrescimento della base scheletrica di queste spugne avviene soprattutto in modo laminare-espanso, con deposizione di materiale inorganico siliceo-calcareo in strati concentrici o laminari, per cui il loro aspetto ricorda vagamente quello di alcune specie di Antozoi costruttori. Le sclerospongie frequentano perlopiù gli ambienti sciafili dei reef a medio-basse profondità (soprattutto all’interno di grotte e anfratti) e, tra le specie principali di questa “non-classe” ancora viventi possiamo ricordare le seguenti Demospongiae:

ordine	famiglia	Genere e specie
Agelasida	Astroscleridae	Ceratoporella nicholsoni Stromatospongia vermicola
Hadromerida	Acanthochaetetidae	Acanthochaetes suenesi
Poecilosclerida	Merliidae	Merlia normani



Acanthochaetes wellsi
Ceratoporella nicholsoni



Stromatophorida fossili del Devoniano
Stromatospongia sp



HYALOSPONGIAE vel HEXACTINELLIDA (spugne di vetro)

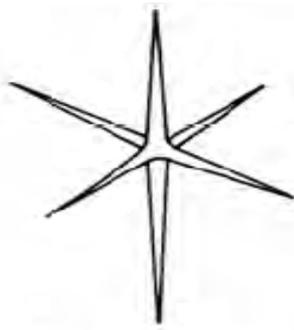
Anche se è sostanzialmente riconducibile a un'organizzazione interna di tipo leucon (quella sycon è meno diffusa e quella ascon è assente), la struttura delle Hyalospongiae differisce da quella delle altre classi del phylum perché:

- * manca lo strato dermatico del pinacoderma
- * e perlopiù non si ha il mesenchima, oppure è molto ridotto

Pertanto, il corpo di questi poriferi esternamente è formato da un **sincizio trabecolare** di cellule ameboidi più o meno differenziate, che avvolgono e compenetrano un'intelaiatura scheletrica costituita da un spicole silicee strettamente connesse tra loro (manca la spongina), le quali danno vita a una struttura rigida finemente traforata a reticolo, dai cui pori entra l'acqua da filtrare.

Le **spicole silicee** possono essere riconducibili a due tipi principali:

- 1) macrosclere e microsclere esactine **hexaster**, formate cioè da 3 raggi monassoni perpendicolari tra loro, la cui risultante è una spicola a 6 raggi di uguale lunghezza, da cui il nome di Hexactinellida (si hanno però variazioni da questo tipo di forma base, dovute all'allungamento di uno o più raggi o alla perdita di uno di essi)
- 2) microsclere dette **anfidischi** perchè la loro struttura monoassone si allarga alle due estremità in una sorta di disco; tuttavia, mentre gli anfidischi sono tipici di tutte le Hyalospongiae, gli hexaster si rinvengono solo nella sottoclasse degli Hexasterophora (vedi in seguito).



esactina o hexaster

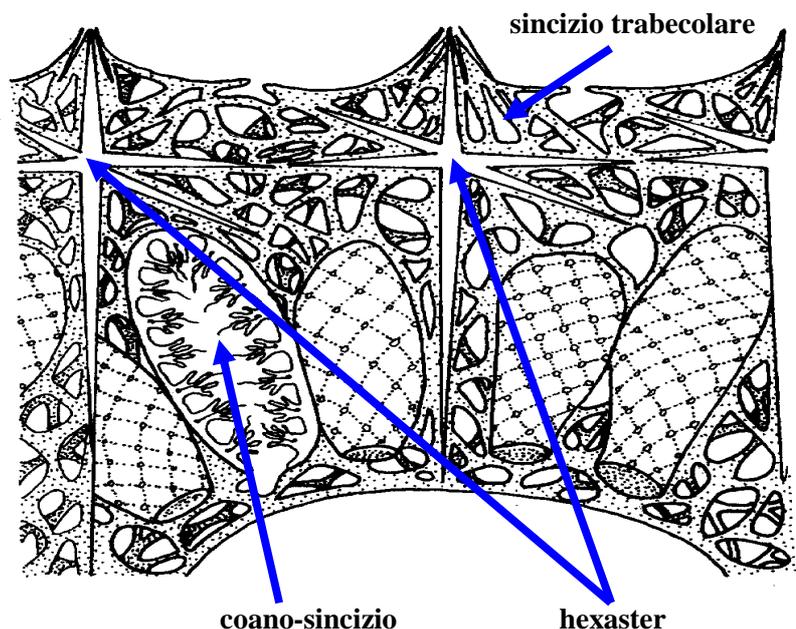
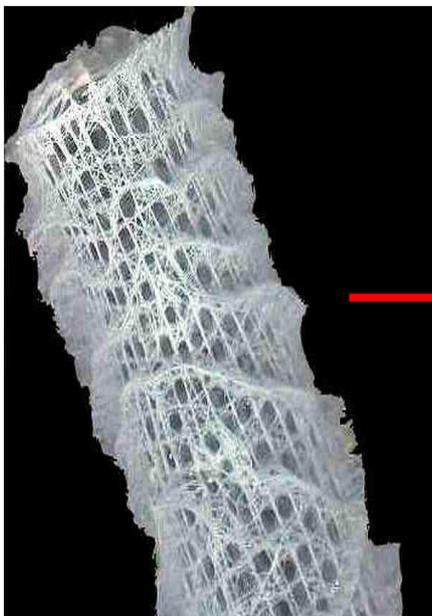


anfidisco

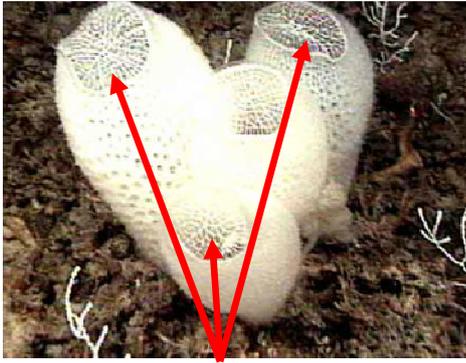


pentactina
exaster senza un raggio

Il sincizio esterno si presenta, a seconda delle specie e della loro dimensione, come "una grande cellula" dotata di molti nuclei oppure come più cellule all'interno di un'unica membrana, ma è comunque perlopiù in fase fluida per favorire il movimento delle varie unità strutturali della spugna (archoblasti, amebociti, sclerociti...ect) e il trasporto dei nutrienti al coanoderma, anch'esso organizzato in modo sinciziale e, quindi, detto coano-sincizio. Infatti, sulle pareti delle camere coanocitarie non si notano singoli coanociti separati l'uno dall'altro ma solo i loro flagelli e collarini cigliati, dato che i rispettivi nuclei si trovano indipendenti in un sottostante strato basale.



Dopo la filtrazione ad opera del coano-sincizio, gli archeoblasti si occupano di distribuire il cibo alle altre cellule della spugna mentre l'acqua filtrata confluisce nello spongocele (in genere ampio e cilindrico) e da qui - attraverso un osculo apicale frequentemente chiuso da piastre cribrose di spicole sottili - fuoriesce all'esterno.

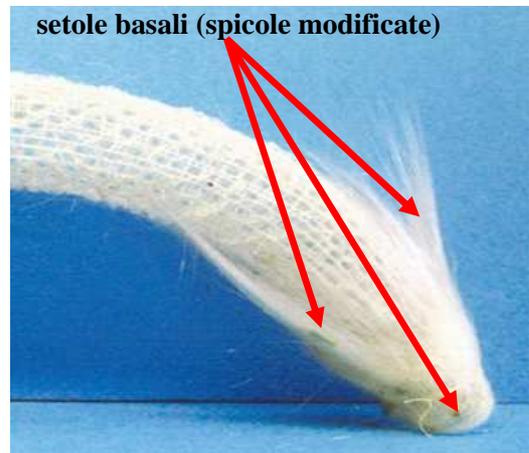


osculi chiusi da piastre cribrose di spicole sottili

Mentre nelle altre spugne (soprattutto quelle dotate di spongina) durante le fasi di ingresso e di uscita dell'acqua l'animale si "gonfia e si sgonfia", negli Hexactinellida ciò non avviene, sia perché non hanno miociti (cellule pseudo-muscolari) sia perché la loro impalcatura scheletrica è molto rigida, per cui determina in genere forme ben precise e definite. Infatti, gli Hexactinellida non presentano forme incrostanti ma solo erette, perlopiù di aspetto cilindrico, tubolare, a coppa oppure a vaso, più raramente dendritico o appiattito (simmetria raggiata). Lo pseudo-tessuto sinciziale di queste spugne è spesso vivacemente colorato (giallo, rosso, arancione...ect) anche se non mancano le specie in cui è biancastro proprio come l'intelaiatura di spicole che lo sorregge. Il nome Hyalospongiae (spugne vitree) sta proprio a indicare la tonalità ialina degli hexaster che, nel loro insieme intricato, ricorda vagamente quella dei una massa di piccoli frammenti di vetro grezzo.

Gli Hexactinellida, tutti esclusivamente marini, prediligono le acque fredde, per cui sono molto abbondanti in quelle polari (soprattutto antartiche), dove si insediano a partire da profondità medio basse (40-70 metri), mentre nei mari temperati e caldi si trovano perlopiù nella fascia compresa tra i 200 e i 2.000 metri, con varie specie che si spingono sino a 4.000 metri e alcune che scendono a 8.000 e oltre.

In genere si ritrovano insediate sul benthos molle, da quello finissimo del limo abissale a quello più grossolano del coralligeno, cui si ancorano grazie a una sorta di peduncolo formato da ciuffi di lunghe setole basali, derivate da spicole modificate. Mediamente l'altezza o la lunghezza di queste spugne varia da 10 a 30-40 cm, ma diverse specie possono arrivare anche sino a 2 metri, come per esempio l'Euplectella aspergillum, cui si è accennato a pagina 23-24 parlando della relazione di inquilinismo che stabilisce con i crostacei della famiglia Stenopodidae.



setole basali (spicole modificate)

Gli Hexactinellida sono ermafroditi insufficienti (in varie specie, però, si ha simultanea maturazione dei gameti) che si riproducono sia in modo agamico (gemme) che sessuato; dalla fecondazione deriva una larva parenchimula esternamente più o meno uguale a quella standard, da cui però differisce nettamente perché nel suo interno possiede già in minitatura l'organizzazione sinciziale dell'adulto, per cui si sviluppa molto velocemente una volta conclusa la sua brevissima fase planctonica. Le Hyalospongiae comprendono attualmente circa 500 specie (anche se si ritiene che ne esistano almeno il doppio) suddivise in due sottoclassi principali:

* Hexasterophora: comprendente le spugne vitree dotate sia di hexaster che di anfidischi

* Amphidiscophora: comprendente le spugne vitree dotate di soli anfidischi

La suddivisione in ordini, famiglie e specie dipende poi dal livello di fusione/interconnessione degli hexaster, dalla lunghezza dei loro raggi, dal tipo di spicole secondarie che da loro derivano per la perdita di un raggio o per l'allungamento di uno di essi...ect. Nella seguente tabella sono riportati solo alcuni ordini, famiglie e specie esemplificative delle Hyalospongiae attualmente viventi (le specie estinte non verranno considerate), la cui sistematica è in costante aggiornamento e revisione:

sottoclasse	ordine	famiglia	genere e specie di riferimento
Hexasterophora	Lyssacosida	Euplectellidae	Euplectella aspergillum
	Hexactinosida	Dactylocalycidae	Dactylocalyx purniceus
	Aulocalycoida	Tretodictyidae	Tretodictyum sp
		Farreidae	Farrea occa
		Uncinateridae	Tretopleura styloformis
Amphidiscophora	Amphidiscosida	Hyalonematidae	Hyalonema infundibulum
		Monorhaphididae	Monorhaphis cluni
		Pheronematidae	Pheronema grayi



Euplectella aspergillum (Euplectellidae)



Tretodictyum sp (Tretodictyidae)



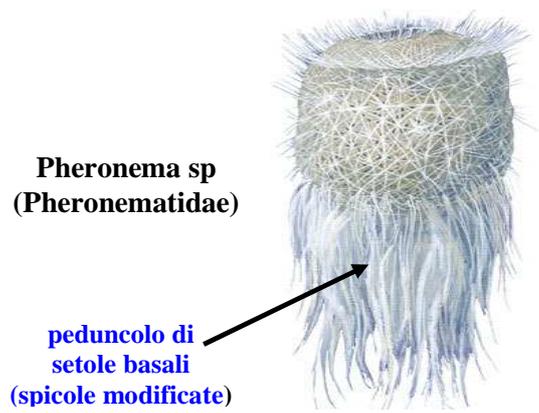
Farrea occa (Farreidae) in forma globosa e dentritico-arborescente



Tretopleura sp (Uncinateridae)



Hyalonema sp (Hyalonematidae)



Phoronema sp (Phoronematidae)

peduncolo di setole basali (spicole modificate)

L'EVOLUZIONE ALL'INTERNO DEL PHYLUM PORIFERA

Come riportato a pagina 27-29 de “Dagli Unicellulari ai Pluricellulari” e a pagina 2 della Parte Generale, i Porifera sono con ogni probabilità un taxon monofiletico basale a tutti gli altri Metazoa, essendo il loro capostipite derivato dall'urmetazoo coanoflagellato che (quasi) tutti i ricercatori contemporanei considerano l'ancestore primo degli animali.

All'interno del phylum si sono, poi, venute a creare varie situazioni parafiletiche e polifiletiche, che però non sembrano poter contraddire i presupposti su cui si basa l'ipotesi di monofilia relativa alle spugne in senso lato, ma solo imporre e indirizzare più approfondite revisioni delle categorie sistematiche in cui esse sono ripartite. Nell'ambito di queste revisioni, tra le questioni più frequentemente sollevate ci sono due interrogativi di grande importanza che non hanno ancora una risposta definitiva:

- 1) come si è svolta la differenziazione delle classi dei Poriferi a partire dall'ancestore primo?
- 2) qual è la classe più evoluta dei Poriferi?

Ovvero, in sintesi, le varie classi delle spugne si sono differenziate con una sequenza progressiva partendo da quella ipoteticamente meno evoluta per arrivare a quella ipoteticamente più evoluta, oppure hanno avuto origine dall'urmetazoo in modo autonomo e indipendente?

Se si prende in considerazione la struttura di questi animali, le Demospongiae paiono essere le spugne più evolute, non solo perché sono le più diffuse ma perché il loro sistema acquifero e le modalità riproduttive sono più efficienti e funzionali rispetto a quelle delle altre classi.

Inoltre, la presenza delle spicole silicee favorisce una maggior penetrazione e diffusione della luce a disposizione dei simbionti fotosintetici rispetto a ciò avviene per le Calcispongie, per cui le sclere a base di silicio sembrano essere un successivo sviluppo di quelle a base di calcio.

In teoria, quindi, si potrebbe supporre una sequenza evolutiva di questo genere:



Se però si prendono in esame le sequenze geniche, si osserva che le Calcispongie sono più vicine alle Homoscleromorpha di quanto non lo siano le spugne silicee, e le Homoscleromorpha sono i Porifera che maggiormente riconducono agli Eumatozoa (vedi a pagina 17), per cui - analizzando questi animali a partire dalla fonte prima del loro bauplan - la suddetta sequenza evolutiva sarebbe diversa:



In realtà, nessuna delle due precedenti sequenze soddisfa completamente i requisiti necessari per essere accettata; infatti, la teoria attualmente più seguita dai ricercatori è che le varie classi dei Porifera abbiano avuto un'origine indipendente l'una dall'altra a partire dall'urmetazoo, anche perché erano tutte già presenti nel tardo Pre-Cambriano. In seguito, fra i vari taxa si sono venuti a creare fenomeni di convergenza adattativa e di interferenze nella speciazione che hanno portato a situazioni para-polifiletiche, le quali rendono ora molto difficile adottare oggettivi criteri di valutazione per definire una sequenza evolutiva ben definita e, quindi, anche indicare la classe maggiormente evoluta di questi animali, anche perché sono tutti perfettamente adattati all'ambiente in cui vivono.

