

Biocostruzioni marine

Quaderni habitat

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare
Museo Friulano di Storia Naturale - Comune di Udine

coordinatori scientifici

Alessandro Minelli · Sandro Ruffo · Fabio Stoch

comitato di redazione

Aldo Cosentino · Alessandro La Posta · Carlo Morandini · Giuseppe Muscio

"Biocostruzioni marine - Elementi di architettura naturale"

a cura di Giulio Relini

testi di

Daniela Maria Basso · Guido Bressan · Carlo Cerrano · Renato Chemello · Francesco Cinelli ·
Silvia Cocito · Maria Cristina Gambi · Giuseppe Giaccone · Thalassia Giaccone · Maria Flavia Gravina ·
Paolo Guidetti · Maurizio Pansini · Andrea Peirano · Giulio Relini · Antonietta Rosso · Giovanni Santangelo ·
Leonardo Tunesi · Angelo Tursi

illustrazioni di

Roberto Zanella

progetto grafico di

Furio Colman

foto di

Daniela Maria Basso 45 · Guido Bressan 89, 94, 147, 148, 149 · Frine Cardone 119 · Carlo Cerrano 128,
141 · Renato Chemello 96 · Francesco Cinelli 11, 20, 28, 34, 38, 40, 42, 75/2, 114, 117, 124, 125, 126,
135, 136, 138, 139, 142, 145/1, 145/2 · Silvia Cocito 60, 61, 62, 110 · Maria Cristina Gambi 105 ·
Giuseppe Giaccone 31, 32, 33/1, 33/2, 35/1, 35/2, 37, 39, 43, 46, 47, 109, 116, 121, 133, 146 ·
Jean Georges Harmelin 92 · Maurizio Pansini 26, 49, 52/2, 54/1, 69 · Roberto Pronzato 123 ·
Giulio Relini 129 · Giovanni Santangelo 66, 67 · Egidio Trainito 6, 7, 8, 10, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19,
21, 22, 23, 24, 27, 29, 30, 48, 50, 51, 52/1, 53, 54/2, 55, 56, 57, 58, 59, 63, 64/1, 64/2, 65, 68, 71,
72, 73/1, 73/2, 74, 75/1, 76/1, 76/2, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 90, 95, 99, 100,
101, 102, 106, 107, 108, 112, 113, 115, 120, 122, 130, 132, 134, 144 · Angelo Tursi 111, 143 ·
Christian Vaglio 140

Volume realizzato con la partecipazione della Società Italiana di Biologia Marina (SIBM)

©2009 Museo Friulano di Storia Naturale - Udine

*Vietata la riproduzione anche parziale dei testi e delle fotografie.
Tutti i diritti sono riservati.*

ISBN 88 88192 42 5

ISSN 1724-7209

In copertina: Parete di coralligeno con *Paramuricea*, *Eunicella* e *Parazoanthus* (foto E. Trainito)

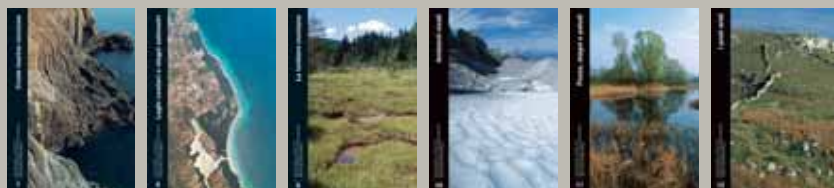
Biocostruzioni marine

Elementi di architettura naturale

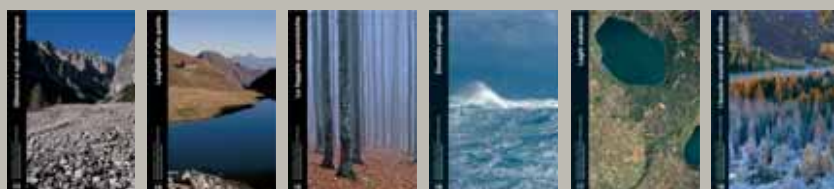
Quaderni habitat



- 1 Grotte e fenomeno carsico
2 Risorgive e fontanili
3 Le foreste della Pianura Padana
4 Dune e spiagge sabbiose
5 Torrenti montani
6 La macchia mediterranea



- 7 Coste marine rocciose
8 Laghi costieri e stagni salmastri
9 Le torbiere montane
10 Ambienti nivali
11 Pozze, stagni e paludi
12 I prati aridi



- 13 Ghiaioni e rupi di montagna
14 Laghetti d'alta quota
15 Le faggete appenniniche
16 Dominio pelagico
17 Laghi vulcanici
18 I boschi montani di conifere



- 19 Praterie a fanerogame marine
20 Le acque sotterranee
21 Fiumi e boschi ripari
22 Biocostruzioni marine
23 Lagune, estuari e delta
24 Gli habitat italiani

Indice

Introduzione	7
Giulio Relini	
Il coralligeno	13
Francesco Cinelli · Leonardo Tunesi	
Le alghe	29
Thalassia Giaccone · Giuseppe Giaccone · Daniela Maria Basso · Guido Bressan	
La fauna: gli invertebrati	49
Maurizio Pansini · Carlo Cerrano · Silvia Cocito · Maria Cristina Gambi · Antonietta Rosso	
La fauna: i vertebrati	79
Paolo Guidetti	
Altre principali biocostruzioni	89
Guido Bressan · Renato Chemello · Maria Flavia Gravina · Maria Cristina Gambi · Andrea Peirano · Silvia Cocito · Antonietta Rosso · Angelo Tursi	
Aspetti di conservazione e gestione	115
Francesco Cinelli · Giulio Relini · Leonardo Tunesi	
Proposte didattiche	143
Guido Bressan · Giuseppe Giaccone · Giulio Relini	
Bibliografia	151
Glossario	153
Indice delle specie	155

Introduzione

GIULIO RELINI

■ Introduzione

La capacità di alcuni organismi di costruire strutture permanenti (biocostruzioni) aumentando il volume e la complessità ed eterogeneità dell'habitat e quindi caratterizzando il paesaggio subacqueo, è un fenomeno di notevole importanza scientifica e pratica. L'esempio più vistoso sono le barriere coralline tropicali che si possono estendere per migliaia di chilometri.

Molteplici sono le tipologie delle biocostruzioni presenti nei mari italiani anche se di molto minore estensione.

La biocostruzione può riguardare diversi aspetti: da quelli biologici ed ecologici (evoluzione, biodiversità, strutturazione della comunità) a quelli

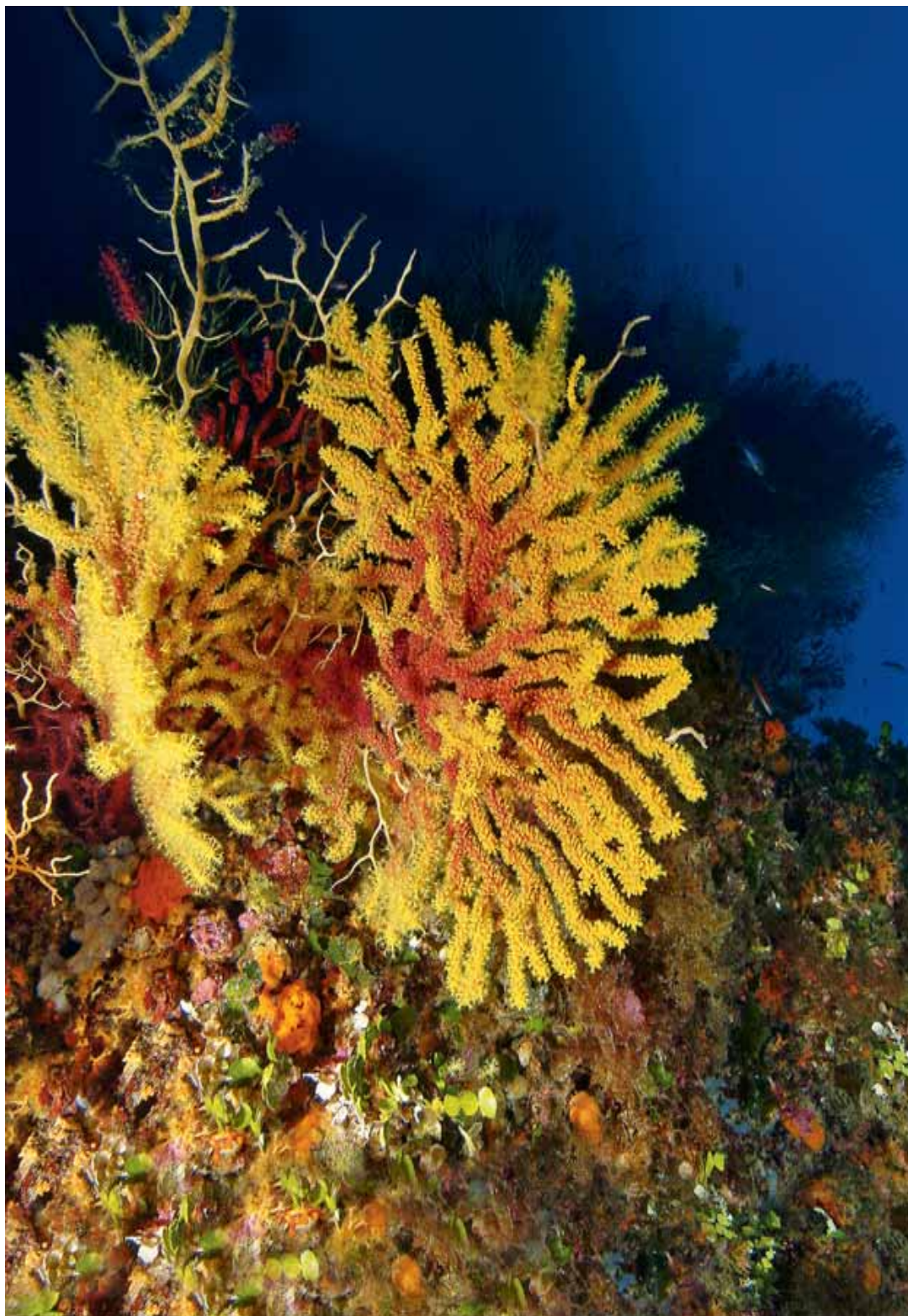
ambientali e climatici (eterogeneità, complessità, ciclo della CO₂, cambiamenti climatici e del livello marino) e persino socio-economici (pesca, subacquea). Si tratta di un fenomeno altamente dinamico, risultato dell'equilibrio tra l'azione dei costruttori e quella dei demolitori e su scala temporale sufficientemente ampia e compatibile con la durata della vita di alcuni biocostruttori. Questi ultimi, secondo alcuni autori, sarebbero soltanto gli organismi capaci di formare strutture carbonatiche e quindi sarebbero compresi in questa categoria anche mitili, ostriche e balani, ma sarebbero escluse le scogliere a *Sabellaria alveolata* che sono costituite da sabbia agglutinata e le "matte" di *Posidonia oceanica*, struttura lignificata dei rizomi della fanerogama che può persistere per millenni e giungere anche alla superficie del mare (vedi il volume sulle Praterie a fanerogame marine, di questa stessa collana).

La biocostruzione si basa fondamentalmente su due strategie vitali:

- il gregarismo, cioè gli individui si insediano gli uni accanto agli altri come succede nei serpulidi e nei vermetidi;



Coralligeno all'imbocco di una grotta marina



Paramuricee

- la colonialità, che dipende dalla riproduzione asessuata (moltiplicazione vegetativa) come nei coralli.

Tra le biocostruzioni il coralligeno è senza dubbio tra le più interessanti e complesse. È difficile dare una definizione univoca di coralligeno non essendo una comunità ma un insieme di comunità, risultato dell'equilibrio dinamico tra gli organismi costruttori e quelli distruttori, considerato da alcuni soprattutto come paesaggio sottomarino. Una recente definizione, concordata nell'ambito della Convenzione di Barcellona, è la seguente: "Il coralligeno è un complesso di biocenosi ricche in biodiversità che formano un paesaggio di organismi animali e vegetali sciafili e perennanti con un concrezionamento più o meno importante fatto di alghe calcaree".

Il nome è stato coniato nel 1883 dal francese Marion il quale, studiando le concrezioni calcaree del Golfo di Marsiglia, trovava nei campioni pezzi di corallo rosso e ha chiamato impropriamente tale formazione "coralligeno" cioè "generatore di corallo". Tale errata definizione si trova ancora in qualche testo. Sappiamo oggi che il corallo rosso appartiene ad un habitat differente, caratterizzato da ambienti semioscuri spesso frammisti a coralligeno.

Il coralligeno è caratterizzato da due aspetti determinanti:

- la biocostruzione è realizzata prevalentemente da alghe calcaree, in condizioni ambientali marcate da irradianza debole, ma sufficiente per la fotosintesi di alghe sciafile, da temperatura relativamente bassa e costante, da salinità uniforme, da acque pulite, da idrodinamismo debole;



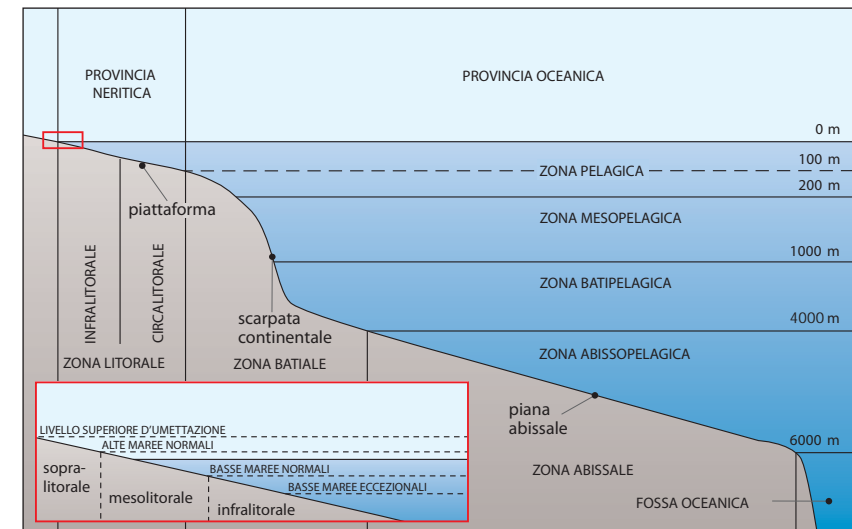
Coralligeno con, in primo piano, *Axinella polypoides*

- la costruzione organogena si sviluppa sia sui substrati rocciosi (coralligeno dell'orizzonte inferiore della roccia litorale), sia sui substrati mobili del detritico costiero a partire generalmente da una formazione a grosse rodoliti, a ghiaie e sabbie organogene (coralligeno di piattaforma).

In Mediterraneo il coralligeno, come accennato, non è una biocenosi singola, per l'assenza di un contingente di specie caratterizzanti esclusive e spesso anche preferenziali, ma è una formazione complessa, marcata da una biocostruzione con prevalenza di alghe calcaree e che si sviluppa sia nell'infra-litorale (irradianza tra 10-20 e 1% di quella misurata in superficie) sia nel circo-litorale (irradianza tra 0,1 e 0,02% di quella misurata in superficie), ma che costituisce uno straordinario paesaggio marino sommerso biocostruito del sistema fitale (che si estende dal sopralitorale all'inizio del batiale, vedi schema) di questo mare e uno dei suoi poli più ricchi di biodiversità.

Nella regione di Marsiglia sono state descritte 124 specie animali che contribuiscono al concrezionamento e rappresentano circa il 19% delle specie descritte. I gruppi più numerosi sono quelli dei briozoi (62%) e dei policheti (23,4%), seguiti da cnidari (4%), spugne (4%), molluschi (4%), crostacei (1,6%), e dagli altri con valori inferiori. Queste percentuali variano se si prendono in esame tutte le specie finora descritte nel coralligeno mediterraneo che ammontano a 315 alghe, 61 protozoi e 1290 animali di cui 110 pesci.

La luce è uno dei fattori determinanti per la crescita e lo sviluppo del coralligeno perché le macroalghe, che sono i principali macrocostruttori, necessitano



Suddivisione degli ambienti marini rispetto alla profondità e al profilo del fondale

di un range ben preciso di irradianza con un'intensità né troppo alta né troppo bassa. Secondo alcuni studi spagnoli, l'irradiazione varierebbe da 1,3 MJ m²/anno a 50-100 MJ m²/anno. Quindi il coralligeno è caratterizzato dalla presenza di alghe calcaree, debole intensità luminosa, acque relativamente calme, temperature tra 10 e 23 °C, salinità 37-38‰, profondità da 20 a 120 m su substrato orizzontale; è presente in tutto il Mediterraneo anche se le maggiori conoscenze sono per il bacino nord-occidentale. È una formazione, come già detto, complessa con in superficie le alghe vive concrezionanti, i sospensivori sono alla base delle concrezioni e sulle pareti delle cavità, i perforanti sono all'interno delle concrezioni e non manca la fauna dei fondi mobili per la presenza di sedimento depositatosi nelle cavità e interstizi.

In base a studi effettuati in Francia con il ¹⁴C, l'accrescimento di alcune alghe calcaree, principali costruttori del coralligeno, è stato valutato tra 0,11 e 0,26 mm/anno, mentre l'età in Mediterraneo nord-occidentale è stata stimata tra 640±120 e 7760±80 anni BP.

L'accrescimento della concrezione è basso (0,006-0,830 mm/anno) e varia moltissimo nel tempo ma soprattutto con la profondità. I valori più alti sono stati riscontrati nel coralligeno profondo (0,20-0,83 mm/anno) tra 8000 e 5000 anni BP, quando il coralligeno profondo, con ogni probabilità, si trovava a circa 15 m di profondità. A partire da 5000 BP solo il coralligeno poco profondo non al di là dei 35 m di profondità, presenta un accrescimento rilevabile tra 0,11 e 0,42 mm/anno.



Bioconcrezioni

Per quanto riguarda la bioerosione sono tre le categorie di organismi: i brucatori, i macroperforanti, i microperforanti. Il 95% del calcare eroso, secondo alcune stime, è opera dei brucatori e il 5% delle due altre categorie. Uno degli organismi brucatori più attivi è il riccio viola con punte bianche degli aculei *Sphaerechinus granularis*, con una stima di prodotto eroso tra 16 e 210 g di CaCO₃/m²/anno; i valori più alti sono stati misurati in acque meno profonde. Tra i macroperforanti si possono ricordare policheti (*Polydora* spp.), molluschi, spugne e sipunculidi. Secondo alcune stime la bioerosione totale si aggira tra 220 g CaCO₃/m²/anno in acque poco profonde e 20 g verso i 60 m di profondità.



Lithophyllum frondosum e *Parazoanthus axinellae*

Il coralligeno oltre che nel suo aspetto primario con dominanza di alghe calcaree dell'associazione *Lithophyllo-Halimedetum tunae*, si può presentare con dominanza di animali biocostruttori e formare varie facies. Le specie algali maggiormente responsabili della biocostruzione appartengono ai generi *Lithophyllum*, *Lithothamnion*, *Mesophyllum*, *Neogoniolithon*, *Peyssonnelia*, *Halimeda*. Le principali facies con dominanza animale sono caratterizzate da: grandi briozoi ramificati (coralligeno di piattaforma); madreporari coloniali e zoantari (coralligeno della roccia inferiore del litorale); gorgonacei su formazioni rocciose con differente inclinazione, profondità e idrodinamismo.

In questo volume, oltre al coralligeno, vengono trattati le piattaforme intertidali a corallinacee e a vermetidi, i banchi del madreporario *Cladocora caespitosa*, i banchi a policheti (*Sabellaria* e *Ficopomatus*), le facies a corallo rosso e briozoi, le associazioni a rodoliti, le biocenosi dei coralli bianchi profondi.

Ci sono molti altri gruppi di organismi costruttori che qui non possono essere trattati per motivi di spazio, come i balani nella fascia intertidale superiore, i mitili e le ostriche che possono dar luogo anche ad imponenti banchi sui quali si insediano altri organismi. I mitili, in particolare, presentano dei ritmi di accrescimento notevoli in Adriatico: sono state segnalate in un anno formazioni che potevano superare i 100 kg/m². Nell'Alto Adriatico si trovano interessanti formazioni organogene simili al coralligeno, chiamate trezze e/o tegnuè, che negli ultimi anni sono state oggetto di studio e pubblicazioni e alcune di queste aree godono di misure di protezione.

Il coralligeno

FRANCESCO CINELLI · LEONARDO TUNESI

■ Coralligeno infra- e circalitorale

Il coralligeno può essere considerato come un substrato duro di origine biologica, prodotto principalmente dall'accumulo di alghe calcaree incrostanti che vivono in condizioni di illuminazione ridotta. Queste alghe e gli invertebrati che vivono nelle stesse condizioni di limitata illuminazione sono specie sciafile, diverse da quelle



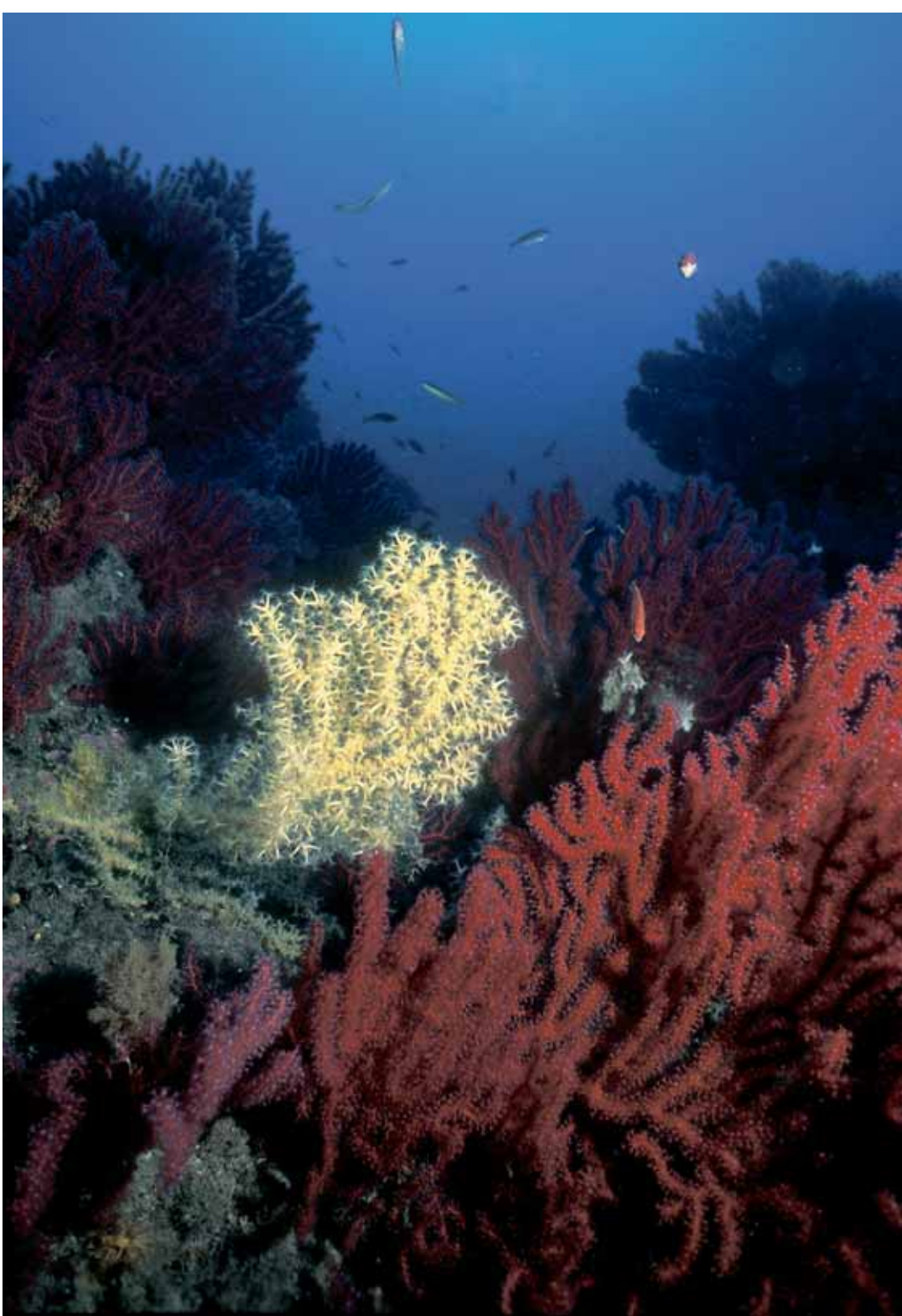
Lo cnidario *Alcyonium acaule*

fotofile, più superficiali, che per accrescersi necessitano di livelli maggiori di intensità luminosa. Considerando la successione dei piani bionomici che caratterizza i popolamenti bentonici del Mediterraneo, il passaggio dal piano infralitorale a quello circalitorale è strettamente legato alla riduzione dell'intensità luminosa che arriva sul fondo. Formalmente questa transizione si verifica in corrispondenza del limite inferiore della presenza di *Posidonia oceanica* o, in assenza di questa specie, alla profondità oltre la quale scompaiono le alghe fotofile. Quindi il limite tra infra e circalitorale non corrisponde ad una profondità costante, ma è variabile in funzione delle caratteristiche ambientali del singolo tratto costiero e si può assumere che il passaggio tra questi due piani si verifichi tra i -20 e i -45/50 metri, principalmente in funzione della trasparenza media delle acque.

Alle profondità alle quali inizia il piano circalitorale la luce ambiente è quindi molto ridotta (0,1-0,02% dell'irradianza superficiale), e il colore dominante è l'azzurro, a causa dell'assorbimento selettivo che lo strato d'acqua soprastante compie sullo spettro luminoso. Un'altra peculiarità di questo piano è la temperatura, che presenta generalmente variazioni molto più ridotte rispetto a quanto avviene nelle acque soprastanti.

In queste condizioni, scendendo in immersione lungo pareti rocciose, si incontra il coralligeno, popolamento caratterizzato da formazioni che presentano una straordinaria esuberanza di vita. Come abbiamo accennato, una prima caratteristica è l'importanza che in esso rivestono delle particolari alghe calcaree, le corallinacee.

Savalia (=Gerardia) savaglia in mezzo a *Paramuricea clavata*



Questo popolamento, oltre a coprire i fondi duri posti al limite inferiore delle scogliere sommerse, è presente anche sulle pareti delle secche site alle profondità interessate dal circolitorale e si può sviluppare anche su fondali pianeggianti. Il coralligeno che caratterizza questo tipo di fondali in questo caso è detto di "piattaforma"; questo appellativo è strettamente limitato a quello che poggia su concrezioni calcaree di origine biologica, a loro volta poste su di un fondo mobile.

Un altro aspetto che conviene rammentare è che per il coralligeno non è del tutto corretto utilizzare il termine di biocenosi, normalmente assegnato ad un popolamento la cui presenza è strettamente legata ad un solo piano bionomico. Infatti le formazioni coralligene non sono esclusive del circolitorale poiché possono essere rinvenute anche nell'infralitorale, ovviamente in siti dove le condizioni di luce, temperatura e concentrazione di materia in sospensione siano ad esse congeniali.

Quando presente nell'infralitorale questo popolamento, seppure generalmente caratterizzato da alghe non calcificate, presenta concrezioni che concorrono a costituire strutture stabili simili a quelle presenti nel circolitorale, alla cui creazione concorrono anche specie vistose e molto note ai subacquei come la gorgonia candelabro (*Eunicella singularis*) e la gorgonia gialla (*Eunicella cavolinii*). Alcuni autori in passato hanno utilizzato per questo tipo di popolamento il nome di "pre-coralligeno", con il quale indicare da un parte la forte affinità con i popolamenti del circolitorale e, nel contempo evidenziarne la presenza nel più superficiale piano infralitorale. Altri autori hanno invece preferito considerare il coralligeno una biocenosi (quindi strettamente legata ad un piano, quello circolitorale), caratterizzata però dalla capacità di presentare delle "enclaves", cioè delle isole anche nel soprastante piano infralitorale.

Questa difficoltà a "catalogare" il coralligeno nell'ambito della classificazione bionomica del Mediterraneo in passato ha in parte nuociuto alla rilevanza che il coralligeno avrebbe meritato dal punto di vista biologico ed ecologico rispetto ad altri popolamenti meglio valorizzati come, ad esempio, quelli associati alle praterie di *Posidonia oceanica*.

Negli ultimi anni anche per il coralligeno ha prevalso un approccio di tipo conservazionistico che, indipendentemente dalla "collocazione concettuale" di questo popolamento, ha evidenziato l'importanza di focalizzare l'attenzione sulle caratteristiche comuni delle diverse realtà che lo possono comporre, al fine di identificare specifici strumenti gestionali atti a salvaguardarne la particolare valenza ambientale. Per questi motivi attualmente la definizione di coralligeno quale "popolamento in grado di costruire substrato duro di origine biologica mediante l'accumulo di strutture calcaree (bioconcrezionamenti), costituite in gran parte dalle alghe incrostanti che vivono in condizioni di illuminazione ridotta" può essere considerata la più opportuna.

■ Descrizione ed ecologia

Le alghe calcaree più rappresentate nel coralligeno sono le rodoficee (alghe rosse) corallinacee come *Lithophyllum stictaeforme*, *Neogoniolithon mamillosum* e *Mesophyllum lichenoides*, e le peissonneliacee, come *Peyssonnelia rubra*, e altre, tutte caratterizzate dal possesso di un tallo impregnato di carbonato di calcio. Queste svolgono un'attività costruttrice, ricoprendo e saldando mediante una sorta di cemento, detriti di roccia, resti animali e scorie di varia origine. Questi bioconcrezionamenti presentano una superficie rugosa, cavità e condotti, che costituiscono il substrato perfetto per l'insediamento di molte specie di invertebrati e organismi sessili, e forniscono rifugio anche a specie di elevato valore economico come l'aragosta (*Palinurus elephas*) e a specie ittiche che possono raggiungere anche notevoli dimensioni come murena (*Muraena helena*) e grongo (*Conger conger*).

Il coralligeno costituisce quindi una struttura particolarmente complessa che ospita molteplici microhabitat, sui quali i fattori ambientali (quali ad esempio luce, idrodinamismo e sedimentazione) sono in grado di agire in modo talmente diverso e marcato da determinare differenze notevoli nella composizione di popolamenti siti anche a meno di un metro di distanza l'uno dall'altro. Questa eccezionale eterogeneità ambientale consente a diversi popolamenti di coesistere in ambiti molto ridotti. Dal punto di vista spaziale, schematicamente si possono distinguere due tipi di coralligeno: quello di acque



Aragosta (*Palinurus elephas*)



Margherita di mare (*Parazoanthus axinellae*)
su *Savalla* (= *Gerardia*)

aperte, che può popolare sia tratti pianeggianti che pareti verticali, e quello proprio di sporgenze o cavità.

Il popolamento bentonico che concorre a caratterizzare un tratto di fondale sito in acque aperte interessato dal coralligeno è talmente ricco e diversificato che per descriverlo è necessario distinguere almeno quattro diversi strati:

- strato superiore, più appariscente, costituito da esemplari di dimensioni notevoli quali gorgonie, grosse spugne

erette, briozoi coloniali, che a loro volta fungono da supporto per specie epibionti, che possono essere vagili, come ad esempio il giglio di mare (*Antedon mediterranea*), o sessili come ad esempio lo cnidario *Parazoanthus axinellae* (meglio noto come margherita di mare), i cui esemplari possono ricoprire quasi completamente la parte distale delle spugne gialle *Axinella damicornis*;

- strato intermedio, caratterizzato dalle alghe calcaree non ancora coperte da epibionti, spugne, cnidari (di dimensioni più ridotte rispetto a quelli costituenti lo strato superiore come, ad esempio, la mano di morto *Alcyonium acaule*), tunicati (i più comuni sono *Halocynthia papillosa* e *Microcosmus sulcatus*), policheti (ad esempio *Filograna implexa*) e briozoi (come *Pentapora fascialis*);

- strato basale, costituito da numerosissime specie di dimensioni molto ridotte, di frequente più sciafile di quelle degli strati superiori, che costituiscono per esse un riparo;

- strato sottobasale, caratterizzato da una ricca fauna interstiziale con specie in grado di spostarsi e trovare rifugio nelle cavità offerte dal substrato, come i crostacei decapodi dei generi *Alpheus* e *Athanas*, e da specie capaci di perforare sia il substrato duro organogeno, sia la roccia in posto.

I popolamenti coralligeni di sporgenze e cavità, anche ampie come le grotte, sono caratterizzati da specie diverse rispetto a quelle delle acque aperte. Le alghe sono spesso assenti a causa dell'intensità luminosa molto ridotta, anche se si possono incontrare occasionalmente esemplari di *Peyssonnelia* e *Palomophyllum*. Una facies particolare delle grotte semi-oscuere è quella dominata dal corallo rosso (*Corallium rubrum*), specie alla quale si accompagnano generalmente i madreporari *Caryophyllia smithi* e *Leptopsammia pruvoti*, le spugne *Petrosia ficiformis* e *Aplysina cavernicola*, e il briozoo *Celleporina caminata*.

Le relazioni biotiche costituiscono una delle forzanti principali nella strutturazione di tutti gli ecosistemi. Nello specifico l'opera di biocostruzione propria del coralligeno, che porta alla formazione di fondo duro di natura organogena, può essere considerata, in estrema sintesi, come il frutto delle relazioni che intercor-



Il tunicato *Halocynthia papillosa*, circondato da altri ascidiacei e da spugne

rono da una parte tra le alghe corallinali e gli altri invertebrati costruttori, contrapposto all'opera delle specie scavatrici e/o demolitrici, in grado di modificare anche in modo rilevante l'operato delle prime. Inoltre, va considerato che la maggior parte degli invertebrati sessili costituenti il coralligeno non si alimentano direttamente di vegetali o animali propri di questo popolamento, ma piuttosto di nutrimento proveniente dal comparto pelagico. Non bisogna infatti

dimenticare che, nonostante erbivori e carnivori rappresentino importanti componenti del coralligeno, le due maggiori costituenti della biomassa vivente del coralligeno appartengono al comparto algale e a quello dei sospensivori.

Un aspetto che svolge un ruolo molto importante per la strutturazione del coralligeno è la produzione di sostanze attive chimicamente. Queste possono essere sintetizzate per difendersi dall'attacco diretto di predatori e/o consumatori, oppure nella competizione per lo spazio, mediando le interazioni tra specie. Proprio questo secondo ambito può essere considerato quello più tipico dell'ecologia chimica del coralligeno e caratterizza sia le specie di grandi dimensioni come spugne, briozoi e tunicati, sia soprattutto quelle che vivono nello strato basale e sottobasale, per le quali vi sono indicazioni che proprio la produzione di queste sostanze gioca un ruolo chiave nella competizione spaziale.

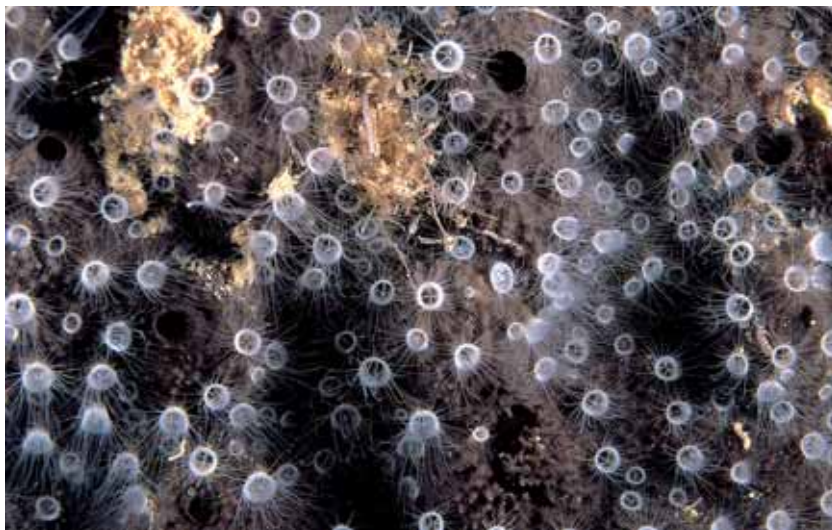
Focalizzando l'attenzione sulle relazioni che legano le specie, il coralligeno fornisce numerosi esempi di associazioni. Il più eclatante può essere considerato proprio quello dell'epibiosi non-selettiva perché è chiaramente comprensibile il ruolo giocato da questo tipo di associazione in un popolamento bentonico caratterizzato dalla sovrapposizione di numerosissime specie in spazi anche estremamente limitati. Vale la pena ricordare alcuni esempi di epibiosi selettiva perché motivo di interesse e bellezza scenografica: la gialla margherita di mare *Parazoanthus axinellae*, in grado di vivere su spugne del genere *Axinella*, trasformandone la silhouette in quella di una gorgonia, o *Parerythropodium coraloides*, antozoo rosso porpora con polipi bianchi, che generalmente si accresce sui rami delle gorgonie *Eunicella singularis* e *E. cavolinii*.

Anche il commensalismo è un tipo di relazione particolarmente comune nel coralligeno. Un esempio ben noto è quello che lega la spugna *Cliona viridis* e il polichete *Dipolydora rogeri* che fruisce della protezione e del nutrimento assicurategli dal flusso inalante della spugna nella quale vive, ripagandola con un'azione di ripulitura dell'area circostante la papilla inalante, evitandone il collasso degli orifizi e consentendo una più efficace azione inalante.

Nel coralligeno sono stati descritti anche esempi di mutualismo, come quello tra lo scifozoo *Nausithoe punctata* e alcune specie di spugne dei generi *Cacospongia* e *Dysidea*. Queste ultime utilizzano la teca dello scifozoo come sostituto delle fibre scheletriche, probabilmente per ridurre i costi metabolici legati alla produzione di nuove fibre scheletriche. A sua volta l'esemplare vivente di *Nausithoe punctata* ospitato all'interno della spugna si trova in una situazione di particolare protezione (in un porifero in grado di produrre sostanze efficaci a scoraggiare i predatori), con la possibilità di alimentarsi catturando le particelle presenti nel flusso inalante della spugna ospite. Non mancano anche i casi di parassitismo come quello descritto per il balano *Acasta spongites* che si insedia nell'osculo di una spugna (ad esempio *Ircinia variabilis*), rendendolo con il tempo inutilizzabile.

Il coralligeno è considerato il secondo più importante *hot spot* per la diversità specifica del Mediterraneo dopo la prateria di *Posidonia oceanica* e, al contrario di questa ultima, costituisce una delle mete di maggior interesse per la subacquea sportiva in Mediterraneo proprio perché caratterizzato da popolamenti altamente scenografici per i colori e per le forme delle specie che li contraddistinguono.

Proprio la ricchezza faunistica e floristica, la complessità della struttura e il numero relativamente ridotto di ricerche specificatamente dedicate allo studio della biodiversità lasciano ipotizzare che il coralligeno sia in realtà il popolamento più ricco in specie dell'intero bacino del Mediterraneo.



Polipi di *Nausithoe punctata* su una spugna cornea

■ Struttura e funzionamento

La notevole mole di dati che riguardano la diversità dei popolamenti del mare e specialmente la sorprendente alta diversità riscontrata nelle biocenosi di mare profondo, ha portato, alcuni decenni fa, alla formulazione del concetto che un ambiente ecologicamente vecchio e stabile sia caratterizzato da un'alta biodiversità e che una biocenosi giovane e instabile, al contrario, da una bassa biodiversità. Il concetto è conosciuto in genere come "ipotesi tempo-stabilità", distinguendo tra comunità vecchie e ad alta diversità come "adattate biologicamente" e comunità giovani e a bassa diversità come "controllate fisicamente". La complessa geomorfologia delle comunità del coralligeno ha dato origine a una grandissima varietà di microhabitat e, con essi, una moltitudine di opportunità di suddivisione dell'habitat in "nicchie ecologiche" molto specifiche.



La complessa biodiversità del coralligeno

Altre ipotesi sono state formulate proponendo che la loro gran diversità sia da ricercare nelle conseguenze ecologiche del disturbo e dello sconvolgimento causato da cataclismi naturali come uragani, allagamenti, tsunami o dall'attacco da parte di predatori, piuttosto che nel rapporto tra stabilità e prevedibilità. Questa ipotesi, anche se altrettanto affascinante, si adatta forse meglio a sistemi ad accrescimento abbastanza rapido come le scogliere madreporiche, piuttosto che a sistemi a lenta crescita come quelli rappresentati dal coralligeno mediterraneo.

Altre ipotesi sono state formulate proponendo che la loro gran diversità sia da ricercare nelle conseguenze ecologiche del disturbo e dello sconvolgimento causato da cataclismi naturali come uragani, allagamenti, tsunami o dall'attacco da parte di predatori, piuttosto che nel rapporto tra stabilità e prevedibilità. Questa ipotesi, anche se altrettanto affascinante, si adatta forse meglio a sistemi ad accrescimento abbastanza rapido come le scogliere madreporiche, piuttosto che a sistemi a lenta crescita come quelli rappresentati dal coralligeno mediterraneo.

Non c'è dubbio che la distinzione tra l'ipotesi "tempo-stabilità", quella del "disturbo intermedio" e quella della dominanza delle specie a più alta velocità d'accrescimento, si fonda principalmente sull'efficienza dei processi d'esclusione competitiva e sui suoi effetti sulla diversità della comunità.

Nel tempo sono state formulate anche altre ipotesi come quella che affermava che le fluttuazioni dei fattori ambientali impediscono alle popolazioni o alle comunità di raggiungere un equilibrio di dimensioni e di taglie.

Il problema che si pone a questo punto per la biocenosi coralligena è quello di stabilire se si tratta di una biocenosi antica oppure di recente formazione. Alcuni fanno pensare ad un sistema molto antico (Plio-Pleistocene) la cui elevata diversità è il risultato delle interazioni con molti fattori abiotici e biotici e provare di dimostrare che la loro importanza attuale è la medesima è molto arduo.

I fattori ambientali favorevoli alla formazione e allo sviluppo del coralligeno consistono in un gruppo abbastanza ristretto di fattori ambientali di controllo (chimici, fisici, geologici e biologici). Il coralligeno è un sistema dinamico e,

L'alga corallinacea *Mesophyllum alternans*

attraverso il proprio accrescimento, modella il suo ambiente in modo da farlo apparire unico e rendendolo ben distinto dall'ambiente circostante.

Dato che l'aspetto più peculiare di un coralligeno riguarda essenzialmente la sua struttura, questi ecosistemi sono da considerare soprattutto fenomeni biologici. Purtroppo, qualora i fattori abiotici si rivelino non ottimali, le strutture biologiche possono iniziare a per-

dere le loro caratteristiche uniche. I fattori biotici che hanno contribuito, soprattutto in passato, al loro successo sono dati dal loro elevato metabolismo ed efficienza ecologica, espressi dalla loro elevata biomassa (struttura molto complessa e stratificata), ed elevato tasso di calcificazione. Gli scheletri della rete degli organismi si dimostrano larghi, coloniali e robusti atti a dare origine a strutture coloniali e rigide. La crescita e la distruzione periodica della rete sembrano modificare alcuni aspetti dell'insieme in modo da fornire nuovi habitat e nuove "nicchie" (cioè ruoli, funzioni) che portano successivamente ad una maggior diversità delle comunità coralligene rispetto a comunità di fondo o pelagiche degli stessi livelli batimetrici.

■ Dinamica di costruzione e demolizione

Questi due aspetti (costruttivi e distruttivi) possono essere presi in considerazione sia a livello di singoli organismi (accrescimento di cellule e tessuti) o di gruppi di organismi o della intera biocenosi coralligena (fotosintesi, biomassa, produttività) e dei fattori che maggiormente influenzano questi aspetti. Tuttavia, ogni organismo e l'intero ecosistema includono un importante aspetto distruttivo (la respirazione), che può essere misurato considerando la quantità di ossigeno consumato oppure la materia organica distrutta. Negli organismi viventi questo bilancio è, in genere, in pareggio e viene indicato più propriamente col termine di "metabolismo". Questo concetto generale e il termine metabolismo possono essere estesi anche ai livelli più elevati dell'organizzazione ecologica (popolazioni, comunità, biocenosi) e quindi adoperati in tutti i processi biochimici che nelle biocenosi coralligene coinvolgono sia i processi di costruzione (fotosintesi, calcificazione), sia quelli di distruzione (respirazione e bioerosione).

La biogeochimica di una porzione del coralligeno o del suo insieme può essere determinato sia misurando la produzione di O_2 o di CO_2 (per unità di superficie o di biomassa), oppure come carbonio organico sotto forma di $C_6H_{12}O_6$. Per le formazioni coralligene molti degli studi sul metabolismo hanno riguardato

soprattutto la produzione di O_2 da parte della componente algale e la produzione di carbonato di calcio. Tenendo conto della biomassa e del rapporto P/R (rapporto tra produzione e respirazione) è stata stimata per una comunità di coralligeno di acque relativamente basse (con *Mesophyllum alternans* e *Halimeda tuna* come alghe dominanti) una produzione di $465 \text{ g di } CaCO_3/m^2/anno$. Mentre per un coralligeno più

profondo dominato da *Lithophyllum stictaeforme* è stata stimata una produzione molto più bassa (circa $170 \text{ g di } CaCO_3/m^2/anno$). Valori comunque sempre più alti di quelli calcolati per l'intera piattaforma delle Baleari che si aggira attorno ad un valore di 100 g . Molto maggiore sembra il valore riscontrato per la zona del mare di Alboran, dove il popolamento profondo (25-50 m) di substrato roccioso dominato da organismi sospensivori a scheletro calcareo come *Dendrophyllia ramea*, *Pentapora fascialis*, *Myriapora truncata*, *Smittina cervicornis*, *Salmacina dysteri*, *Protula* sp. e altri, ha dato valori di circa 660 g . In molte formazioni coralligene, la maggior influenza sul tasso di calcificazione è data dal tasso di precipitazione della $CaCO_3$ nello scheletro delle specie dominanti nella comunità presa in considerazione. Numerosi fattori, sia fisici che biologici, influenzano il tasso di crescita degli scheletri ed è ancora abbastanza sconosciuto quale di essi sia il più importante. Dato che molti di questi fattori variano con la stagione o annualmente o sono irregolari, le misure di accrescimento basate su brevi periodi hanno un valore molto approssimativo.

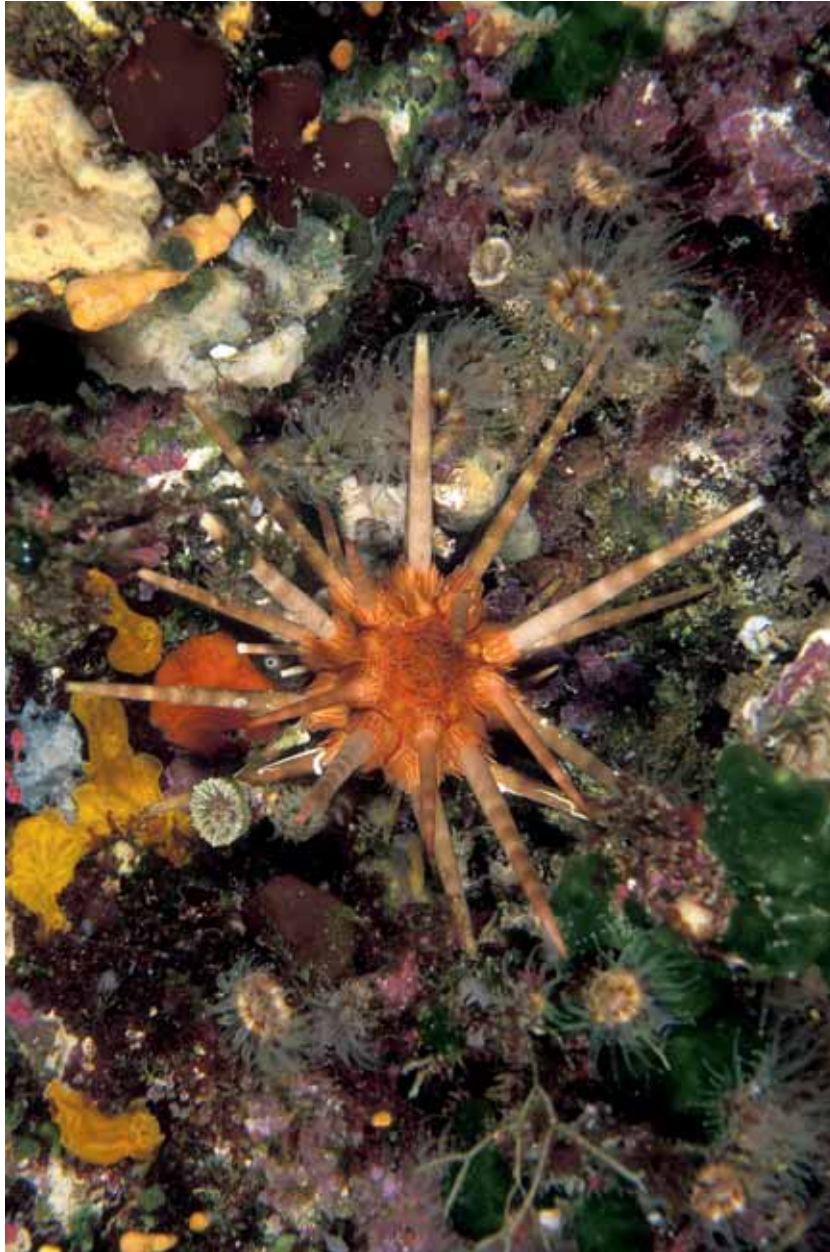
Se prendiamo poi in considerazione gli aspetti distruttivi, questi ultimi debbono essere suddivisi in quelli che sono di origine fisica e quelli che sono di origine biologica. Va tenuto in debito conto anche che molti degli impatti che il coralligeno sta affrontando attualmente derivano sia da varie attività antropiche che da invasione di specie aliene (vedi a pag. 133).

Un altro fenomeno importante, ancora poco conosciuto, è quello rappresentato dalla progressiva acidificazione delle acque di tutti gli oceani.

È chiaro che le distruzioni di origine fisica sono, in molti casi, gravi ed immediatamente evidenti, soprattutto in caso di grandi fenomeni meteorologici o di grandi disastri ambientali. Al contrario, le distruzioni di origine biologica sono più sottili, metodiche e molto più lente, ma i loro risultati e gli effetti a lungo termine possono dimostrarsi molto più gravi degli effetti di origine fisica.

Tra i processi fisici possiamo includere: distruzione meccanica, rotture dovute a mareggiate, cambiamenti nella salinità o nella temperatura, aumento della sedimentazione che può portare ad una diminuzione dell'irraggiamento e quindi alla

Il polichete *Protula*



Stylocidaris affinis

morte o alla diminuzione della componente fotosintetica o al soffocamento degli organismi. Lo spostamento di grandi masse di sedimento può anche avere effetti abrasivi sugli organismi costruttori. Ma anche le attività di eruzione vulcanica sia primaria che secondarie (come l'apertura di bocche con fuoriuscita di acque calde o ricche di gas, fenomeni affatto rari in molte zone del Mediterraneo) hanno una rilevanza



Sphaerechinus granularis

notevole sia sulle formazioni coralligene che su altre biocenosi bentoniche.

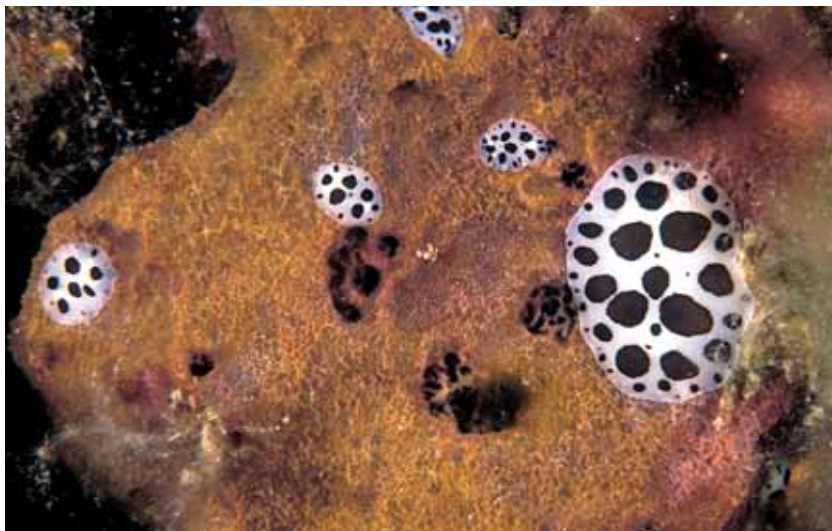
I processi biologici che portano allo scalzamento, alla perforazione o alla caduta di porzioni del substrato biogeno sono chiamati bioerosioni. È anche stato dimostrato come l'attività di bioerosione sia più facile su strutture morte che su quelle coperte da organismi viventi. Alcuni echinodermi come *Sphaerechinus granularis* o, in parte minore anche perché più rari, *Echinus melo*, *Stylocidaris affinis* o *Centrosthephanus longispinus* possono avere un certo impatto soprattutto sul coralligeno di profondità. Sembra comunque che la bioerosione sia inversamente proporzionale alla profondità anche se l'azione di molte spugne, come quelle del genere *Cliona* o molluschi come *Lithophaga lithophaga*, si esplica in maniera molto evidente anche a più basse profondità. I pescatori di datteri di mare delle coste napoletane o del Salento hanno trovato nel coralligeno di falesia una fonte quasi inesauribile di datteri. La loro azione è stata, ed è tutt'ora, una delle attività antropiche più distruttive a cui queste biocostruzioni costiere siano andate incontro.

Anche se difficilmente quantificabile, l'azione di alcuni molluschi nudibranchi come *Discodoris atromaculata* su spugne del genere *Petrosia*, che ne rappresentano la preda d'elezione, può avere un'importanza di tutto rilievo tra le attività di bioerosione. Le perforazioni vere e proprie sono effettuate da organismi che variano nelle loro dimensioni da alcuni millimetri a qualche centimetro di diametro e sono da attribuire a una larga varietà di organismi diversi. Perforazioni ripetute, riempimento da parte del sedimento, cementificazione dei sedimenti e riperforazioni sembra che siano in grado di rimpiazzare, in tempi molto lenti, più del 50% della struttura di partenza. Mentre nelle scogliere coralline questi processi sembrano avere una rilevanza notevole nella dinamica naturale facilitandone il collasso fino al crollo sotto lo stesso loro peso; nei sistemi coralligeni mediterranei non sembrano avere la stessa rilevanza e soprattutto la stessa intensità. Questi fenomeni contribuiscono spesso alla formazione di materiale sciolto che può contribuire alla costituzione di strati importanti di sedimenti alla base delle falesie o attorno alle formazioni di piattaforma che, a

loro volta, possono essere trasportati e ricompattati all'interno delle stesse formazioni coralligene o andare a costituire parte dei sedimenti che si accumulano nelle *matte* morte di *Posidonia oceanica*.

Anche gli sversamenti incontrollati di acque di scarico da parte degli impianti di depurazione concorrono alla degradazione delle biocostruzioni marine. Non solo c'è una consistente diminuzione della diversità specifica ma spesso, come in tutti i fenomeni d'inquinamento, alla diminuzione del numero di specie segue la proliferazione incontrollata di molti individui di poche specie più tolleranti. Nel caso del coralligeno molte di queste specie appartengono al gruppo dei "bioerosori" e ciò non fa altro che aumentare la degradazione delle strutture coralline. Inoltre la presenza di ioni ortofosfato sembra che impedisca la calcificazione così come la diminuzione di alghe a tallo calcareo a favore di alghe a tallo molle (*Peyssonnelia* spp. al posto di *Mesophyllum alternans*) determina una minore capacità di biocostruzione e di resistenza di queste strutture.

Da non dimenticare anche che l'inquinamento determina spesso una forte diminuzione della trasparenza delle acque con conseguente drastica diminuzione della radiazione luminosa, causando spesso una sensibile diminuzione delle specie algali (da circa quaranta in aree non inquinate a meno di venti in aree soggette ad inquinamento). Il coralligeno di piattaforma della Puglia ha, negli anni recenti, cambiato completamente fisionomia passando da una formazione a prevalente componente vegetale a formazioni in cui la componente animale, costituita da filtratori, ha quasi completamente sostituito quella vegetale.



Il mollusco nudibranco *Discodoris atramaculata* che pascola sulle spugne *Petrosia ficiformis*

■ I fattori ecologici determinanti

Lo sviluppo delle formazioni coralligene, così come succede per molte biocenosi marine, è regolato da un gruppo di fattori ambientali che possono essere distinti in tre categorie: due abiotiche (chimica e fisica), una biotica. In una biocenosi in equilibrio questi fattori fanno parte integrante o interagiscono con una coerente e autoregolante unità funzionale (la comunità) che resiste ai cambiamenti e ha una capacità molto marcata di riprendersi da eventuali stress. Ma il coralligeno rappresenta molto di più che una semplice enumerazione di un gruppo di fattori limitanti. È un sistema dinamico che non solo si accresce ma, con la sua crescita, modifica l'ambiente circostante in modo da acquistare un carattere di unicità che lo contraddistingue dalle altre biocenosi.

Tra i fattori fisici che hanno maggiormente efficacia, ci sembra debba essere considerata la luce dato che la componente vegetale rappresenta la base strutturale di queste formazioni biogene. Alla disponibilità di luce è legato anche il rapporto tra produzione e respirazione e quindi la possibilità di concentrare parte della CO₂ emessa come gas sotto forma di carbonio organico. Naturalmente il rapporto tra produzione e respirazione dipende anche da altri fattori come la latitudine, la profondità e la torbidità dell'acqua. Nelle zone sottoposte a una certa turbolenza la CO₂ prodotta in eccesso per le necessità fotosintetiche della componente vegetale viene rimossa. In acque calme la rimozione della CO₂ per mezzo della fotosintesi induce il bicarbonato al rilascio di un'ulteriore quantità di CO₂ spostando l'equilibrio chimico verso un innalzamento del pH, i cui valori vengono ristabiliti durante la notte. La CO₂ può essere rimossa anche dal sistema per un innalzamento della temperatura o per precipitazione di carbonato di calcio.

Per quanto riguarda la temperatura sembra che le comunità coralligene sopportino molto agevolmente le normali variazioni di questo fattore nel Mediterraneo. Mentre alcuni ritengono che la maggior parte delle specie del coralligeno siano di tipo stenotermo, altri, più recentemente hanno dimostrato che essendoci una certa variabilità di questo fattore, molte specie del coralligeno si comportano come euriterme, anche se esistono specie, come l'alga bruna endemica del Mediterraneo *Laminaria rodriguezii*, che dimostra una spiccata stenotermia. Non c'è dubbio che le condizioni termiche cui sono sottoposte le comunità coralligene durante tutto l'anno variano meno di quelle che agiscono sulle comunità più superficiali. Si è visto infatti che durante l'anomalia termica degli anni 1999-2000, molte delle specie coralligene costituite da *filter-feeders* sono andate incontro a una forte moria, probabilmente dovuta al permanere di temperature elevate per un periodo troppo lungo. A questo forse si sono aggiunte altre cause come la poca disponibilità di cibo, agenti patogeni o stress fisiologici. Sembra comunque che la temperatura sia un fattore molto



Crelia mollior viene parzialmente ricoperta da un'altra spugna incrostante

importante per quanto riguarda la riproduzione e che le forme larvali siano maggiormente sensibili agli stress termici rispetto alle forme adulte. Per quanto riguarda i nutrienti, la loro concentrazione è simile a quella che si riscontra in analoghe situazioni in tutto il Mediterraneo con una maggiore concentrazione durante l'inverno e una diminuzione durante l'estate, mantenendosi comunque su valori abbastanza bassi. Le comunità coralligene sem-

bra che si adattino molto bene a questa situazione dato che un incremento di queste concentrazioni, come avviene a causa di scarichi ricchi di nutrienti, interferisce con la composizione delle specie, inibisce i processi di costruzione, accentua quelli di distruzione e facilita lo sviluppo di specie nitrofile.

Come altre specie bentoniche anche le alghe e gli animali costruttori sono in gran parte specie stenoaline e variazioni anche modeste di salinità possono determinare estesi fenomeni di moria. Anche per queste specie vale il principio secondo il quale l'abbassamento della salinità è più efficace di un suo innalzamento (sempre che non si tratti di valori eccessivi) e anche in questo caso, come per la temperatura, conta soprattutto il tempo di esposizione ai valori alterati. Tra gli altri fattori abiotici il movimento dell'acqua (moto ondoso o correnti) ha una certa rilevanza. Le correnti presenti a livello delle formazioni coralligene sono generalmente di tipo unidirezionale e lungo la loro direzione sono spesso orientate le colonie di filtratori come le gorgonie o gli idrozoi. Non bisogna però sottovalutare l'effetto che ha comunque il moto ondoso anche a profondità rilevanti (oltre i 50 metri) quando le onde superino il metro di altezza.

Per quanto concerne i fattori biotici, uno dei fattori più importanti è senza dubbio la competizione. Essa può avere due aspetti: intraspecifica e interspecifica, ma è comunque il fattore biotico che maggiormente influenza la composizione e la struttura delle comunità coralligene. Il suo effetto si esplica congiuntamente ai fattori abiotici già ricordati. Nel coralligeno, così come in molte altre bioce-nosi bentoniche, si manifesta sotto forma di competizione per lo spazio e per l'energia (luce, risorse alimentari). Il primo è molto più importante e porta ad un "successo" momentaneo molti organismi del coralligeno, ma la superficie estremamente irregolare della biostruttura (sporgenze, spaccature, cavità più o meno ampie) tende ad aumentare la superficie disponibile e di conseguenza a diminuire la competizione per lo spazio e a incrementare le opportunità per gli organismi di nutrirsi a differenti livelli in relazione al substrato e alla colonna d'acqua e questo tende a ridurre la competizione per il cibo. Comunque si pos-

sono elencare alcune delle più comuni e "ingegnose" capacità di competizione degli organismi biostruttori:

- crescita diretta di un organismo al di sopra di un altro, particolarmente frequente tra specie incrostanti che crescono orizzontalmente (competizione "spalla a spalla");
- comportamento aggressivo tra vicini di casa, spesso molto evidente tra cnidari e pesci. Nei primi si tratta spesso di una interazione diretta tra i tentacoli



La murena (*Muraena helena*) è particolarmente aggressiva nella difesa del proprio territorio

dei polipi e i mesenteri (competizione "testa a testa"), nei secondi si assiste spesso ad una difesa aggressiva del territorio per limitare la competizione per lo spazio e per il cibo (murene, cernie, gronghi, ecc.);

- ricoprimento indiretto da parte di una specie sull'altra. Spesso una forma di alga calcarea fogliacea ad accrescimento più rapido può "ombreggiare" una forma sottostante riducendone ancora la capacità di sviluppo senza entrare direttamente in contatto con essa.

Per ridurre o quantomeno limitare le differenti forme di competizione o di predazione, numerose specie hanno sviluppato risposte immunologiche o allopatiche per respingere forme adulte aggressive o larve che tentano d'insediarsi. La produzione di sostanze allochimiche sembra infatti essere una delle strategie più remunerative per quanto riguarda la competizione per lo spazio da parte di molti organismi del coralligeno.

Altri fattori biotici, non meno importanti, intervengono a regolare la vita delle formazioni coralligene. Dal colonialismo al gregarismo, all'epibiosi, al mutualismo, al commensalismo e al parassitismo. Ognuna di queste interazioni ha differenti motivazioni e differenti strategie di attuazione.

■ Cenni agli aspetti geomorfologici

Il principale criterio di distinzione geomorfologica tra i vari tipi di coralligeno è basato sull'origine del loro sviluppo: a partire da un substrato mobile o da matrice rocciosa. Oltre a questi criteri si tiene conto, nella loro classificazione, della presenza, prossimità o assenza, di coste a forte antropizzazione, degli effetti dei cambiamenti climatici e di fattori biologici come la dominanza di certi organismi e la loro velocità di accrescimento. La loro prossimità alla terraferma o a piccole isole è molto variabile ma il loro sviluppo e la loro "potenza" geologica possono variare moltissimo a seconda della qualità, soprattutto la trasparenza, delle acque costiere.

Le alghe

THALASSIA GIACCONE · GIUSEPPE GIACCONE · DANIELA MARIA BASSO · GUIDO BRESSAN

■ Le alghe del coralligeno

La biocenosi del coralligeno, originariamente descritta, è caratterizzata nel suo aspetto tipico dal prevalere delle alghe calcaree come agenti costruttori della formazione organogena.

Queste specie sono chiamate "specie ingegneri" perché edificano la struttura biocenotica secondo un modello funzionale allo sviluppo di un popolamento

variegato di specie vegetali e animali, anche se non coordinano tra di loro un progetto urbanistico come fanno i nostri ingegneri. Si tratta quindi di specie algali capaci di diventare fattori biotici importanti per fare nascere, evolvere e conservare nel tempo una complessa formazione che caratterizza allo stato vivente estesi paesaggi sommersi e allo stato fossile importanti rilievi montuosi e collinari dei paesaggi emersi nelle epoche geologiche.

Le alghe calcaree che si trovano nel coralligeno sono una ventina di specie e dal punto di vista tassonomico appartengono non soltanto alle rodoficee o alghe rosse (con generi e specie delle famiglie corallinacee e peissonneliacee), ma anche alle cloroficee (con il genere *Halimeda* della famiglia udoteacee). Ma le alghe calcaree che con la loro crescita contribuiscono in maniera determinante alla costruzione organogena sono solo una dozzina.

I differenti generi e le varie specie, per le quali esistono in letteratura dati certi sulla loro funzione costruttrice, non si trovano sempre e dovunque insieme. Ugualmente varia è la loro importanza nella dinamica evolutiva della formazione organogena, sia sulla base delle regioni biogeografiche, definite su basi climatiche, sia in funzione della zonazione bionomica, risultato del complesso sinergismo dei fattori biotici e abiotici di natura climatica (temperatura, luce, idrodinamismo, ecc.) ed edafica (salinità, sali nutritivi, tipologia del substrato, ecc.).

La biodiversità algale del coralligeno del Mediterraneo è stata calcolata recentemente da uno studioso spagnolo in 316 specie; queste possono avere ruolo costruttore, strutturante in vari popolamenti o ruoli di specie demoli-



Halimeda tuna



Peyssonnelia bornetii

trici (soprattutto cloroficee e cianobatteri) o semplicemente ruoli poco definiti, come quello delle specie denominate accompagnatrici, trasgressive da altre cenosi, aliene, invasive, ecc.

La capacità di costruire l'habitat in queste specie algali è conseguente al meccanismo di mineralizzazione della parete cellulare sotto forma di carbonato di calcio e di magnesio e con forme cristalline prevalentemente di natura calcitica nelle corallinacee e aragonitica nelle peissonneliacee e nelle udoteacee. Il meccanismo nelle alghe calcaree sembra originato da strutture vescicolari del citoplasma (reticolo endoplasmatico e apparato di Golgi).

Si è accertato sperimentalmente che la mineralizzazione non è conseguente all'attività fotosintetica, essendo presente anche in specie parassite ed eterotrofe. Il fenomeno della calcificazione contribuisce ad equilibrare il deficit di anidride carbonica che accompagna la fotosintesi e a mantenere quindi il potenziale alcalino nell'acqua di mare.

Dai dati sperimentali molto preliminari, riportati nello studio spagnolo sopra ricordato si ricava che sono state ottenute misure di produzione di calcare comprese tra 465 g di $\text{CaCO}_3/\text{m}^2/\text{anno}$ in comunità infralitorali con dominanza di *Halimeda tuna* e di *Mesophyllum alternans* e 170 grammi in popolamenti circalitorali con dominanza di *Lithophyllum stictaeforme*. I tassi di maggiore accumulo (tra 0,006 e 0,83 mm/a) si sono misurati in ambienti del circalitorale superiore caratterizzati da fenomeni di risalita di acque profonde e limpide (*up-welling*).



Halimeda tuna

Le alghe costruttrici del coralligeno.

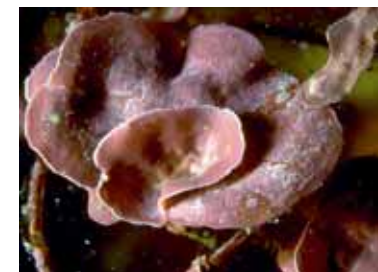
Le alghe calcaree viventi in Mediterraneo e riportate anche in letteratura come costruttrici di habitat (*bioconstructor* o *engineer species*) nel coralligeno sono: *Halimeda tuna*, *Lithophyllum stictaeforme*, *L. incrustans*, *L. (=Titanoderma) pustulatum*, *Lithothamnion philippii*, *Mesophyllum alternans*, *M. lichenoides*, *Neogoniolithon brassica-florida*, *Peyssonnelia polymorpha*, *P. rosa-marina*, *Spongites fruticulosus*, *Sporolithon ptichoides*.

Di queste specie *Lithophyllum stictaeforme* e *Mesophyllum alternans* svolgono la maggiore attività di costruzione della formazione coralligena sia vivente sia fossile (almeno dal Pliocene inferiore). Pertanto si riportano di seguito il portamento e l'ecologia delle specie più comuni, rinviando per le altre specie di alghe calcaree alle guide disponibili.

Lithophyllum stictaeforme

Le forme più sviluppate (oltre 5-10 cm di diametro) presentano una serie di lamelle semicircolari e lobate in palchi parzialmente sovrapposti. Lo spessore delle lamelle nella porzione centrale raggiunge i 2 mm, ma il bordo si presenta più sottile e quasi affilato. La superficie è ondulata e a volte anche accartocciata. Quando l'alga è in riproduzione la fascia prossimale al bordo appare coperta da minute protuberanze appuntite. L'adesione al substrato dell'intero individuo è soltanto per punti e ciò facilita il distacco manuale di grandi esemplari che si presentano relativamente consistenti e poco fragili. Il colore nei campioni freschi va dal violetto intenso al

rosa fuxia: i campioni secchi perdono rapidamente il colore e diventano biancastri (bianco sporco).



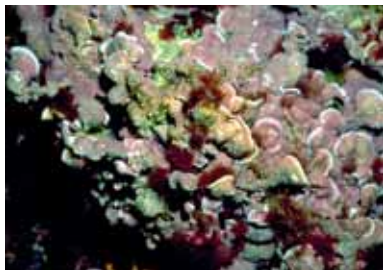
Lithophyllum stictaeforme

Lo sviluppo ottimale della specie si ha su substrati suborizzontali nel circalitorale e nell'infralitorale inferiore. Forme incrostanti o laminari senza o con scarse lamelle sovrapposte, a volte a forma di specchio concavo, si possono trovare nelle grotte superficiali o in pareti rocciose dell'infralitorale superiore. Può svilupparsi anche come epifita attorno ai rizomi di *Posidonia* o ai cauloidi di fucali e inoltre può incrostare le rodoliti nelle formazioni ad alghe calcaree libere.

Mesophyllum alternans e/o *M. lichenoides*

Queste due specie non possono essere distinte sulla base del portamento; i caratteri distintivi, infatti, sono visibili soltanto nell'anatomia del tallo, dopo opportuna preparazione, con osservazioni al microscopio (ottico o elettronico). La differenza principale sta nelle cellule del cortex, cioè degli strati intermedi, che si presentano con una alternanza di cellule di diversa dimensione nella prima specie e della stessa dimensione nella seconda specie. I singoli talli non sono molto estesi

(2-5 cm) e possono sviluppare croste variamente corrugate o ondulate o lamelle fogliacee, molto fragili, con spessore inferiore al millimetro. Le lamelle presentano bordi lobati e i vari lobi possono presentare pieghe con parziale sovrapposizione di alcuni lobi.



Mesophyllum lichenoides

I talli sono aderenti al substrato nella parte centrale delle lamelle, ma possono avvolgerne la superficie adattandosi alla sua morfologia. Quando gli individui sono in riproduzione, a ridosso dell'area lobata si formano addensamenti irregolari di papille emisferiche che diventano cave e anulate dopo l'emissione delle spore (bispore, tetraspore, carpospore). Il colore sui campioni freschi va dal rosso corallo al rosso violaceo. Delle due specie *M. alternans* ha una più ampia valenza ecologica, una maggiore capacità di costruzione, collegate alla maggiore efficienza di un metabolismo facoltativo eterotrofo in ambienti instabili nell'idrodinamismo, nella temperatura e con acque torbide. Entrambe le specie possono vivere attaccate al substrato roccioso o vivere su altri organismi viventi o formare corallinali libere nella biocenosi del detritico costiero. La loro ripartizione batimetrica copre l'infralitorale e il circalitorale. Nella ripartizione geografica il primo è citato come più frequente sulle coste della Catalogna, il secondo nel Mediterraneo centrale, nell'Adriatico e

nell'Egeo. Comunque le segnalazioni riportate in letteratura devono essere verificate, con uno studio accurato in laboratorio degli esemplari, con l'ausilio dell'osservazione microscopica dell'anatomia dei talli.

Halimeda tuna

Il portamento di questa alga verde calcarea ricorda quello di un fico d'India in miniatura. La base è formata da un intrigo di rizomi a struttura sifonale, cioè con un unico citoplasma non diviso da setti trasversali in cellule o articoli: da questi rizoidi nasce una fronda articolata in dischi semicircolari lunghi in media 35 mm e larghi 22 mm, con spessore di 1 mm. L'intera fronda si presenta ramificata sullo stesso piano e può essere formata da una decina fino ad alcune centinaia di articoli, con uno sviluppo in lunghezza di 10-15 cm. Meinesz nel 1980 ha osservato che la vita di ogni articolo della fronda non dura oltre i 10 mesi e quindi vi è un continuo e veloce ricambio nell'arco dell'anno. Il ricambio avviene generalmente in occasione degli eventi di riproduzione. Questa avviene per olocarpia, cioè tutto il citoplasma dell'articolo svuota il proprio contenuto negli otricoli riproduttivi che si sviluppano sopra gli articoli fertili. I gameti dei due sessi sono portati da piante differenti unisessuate e quindi la specie è chiamata dioica (due case: una per ogni sesso). La distribuzione di questa specie è di tipo cosmopolita. Essendo una specie termofila vegeta nella fascia tropicale e subtropicale e in Mediterraneo è assente nei settori settentrionali a causa della bassa temperatura invernale. La sua distribuzione verticale è molto ampia e negli ambienti termofili del Mediterraneo si trova dalla frangia infralitorale fino a circa 70 metri di profondità nel circalitorale. In ambienti termofili e con luminosità ridotta gli articoli possono

superare in lunghezza i 4 cm, mentre negli ambienti fotofili gli articoli sono più minuti. Per le forme con articoli più grandi è stata introdotta la forma *H. tuna* f. *platydisca*. Per l'ampia distribuzione batimetrica e il veloce turnover, questa specie è considerata non soltanto costruttrice delle formazioni organogene, ma anche una fonte importante nella genesi del sedimento organogeno dei fondali marini.

Peyssonnelia polymorpha

Forma incrostazioni ondulate, con pieghe generalmente parallele al bordo formato da lobi arrotondati. La superficie al tatto è percepita scorrevole e il colore cambia nello stesso individuo dal rosso carminio, con striature giallastre, al rosso porpora scuro. Le croste aderiscono al substrato con rizoidi pluricellulari, ma si staccano facilmente, sono molto fragili e friabili. La si trova con frequenza su tutti i substrati rocciosi nell'infralitorale sciafalo, ma può penetrare anche nel circalitorale.



Peyssonnelia polymorpha

Oltre ad incrostare la roccia, può formare manicotti sui rizomi di *Posidonia* e sui cauloidi eretti di alghe perennanti. Le strutture riproduttive formano macchie di colore più intenso sulle lamine, ma sono interne e non sono sporgenti sulla superficie. Il diametro delle croste su roccia può raggiungere anche 10-15 cm. Raramente può incrostare grosse rodoliti (*boxwork*) nella formazione a corallinali

libere. La specie è subcosmopolita, quindi con ampia ripartizione geografica nelle fasce temperate e subtropicali.

Peyssonnelia rosa-marina

Questa specie forma generalmente rodoliti nel circalitorale caratterizzato da sedimenti con significativa componente fangosa e con acque torbide. I noduli si presentano con superficie ondulata, ripiegata a cartoccio, con cavità interne piene di sedimento. Il colore è rosso porpora scuro, tendente al vinaccia. In presenza di ghiaie e ciottoli la specie può aggregare i clasti e/o le rodoliti (*boxwork*) formando anche i primi nuclei organogeni del coralligeno di piattaforma.

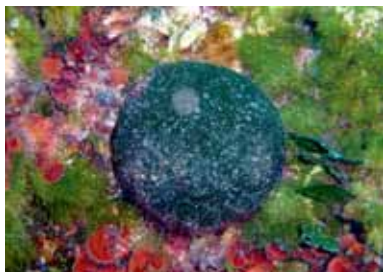


Peyssonnelia rosa-marina

Questa forma aggregante è stata classificata come *Peyssonnelia rosa-marina* f. *saxicola* e può crescere anche sui substrati rocciosi dell'infralitorale e del circalitorale. Le strutture riproduttive non emergono in superficie come in tutte le specie del genere. Il tallo nella porzione inferiore è fissato da rizoidi unicellulari. La specie è un'endemita del Mediterraneo e si distingue da *P. polymorpha* anche per la sua più ampia valenza ecologica che ne consente lo sviluppo in ambienti instabili. Nel Mediterraneo è stata descritta in questi stessi ambienti un'altra specie: *P. magna*. I caratteri distintivi tra questa e *P. rosa-marina* sono osservabili solo al microscopio.

Le alghe che strutturano e/o caratterizzano le diverse associazioni o subassociazioni del coralligeno.

Le alghe strutturanti costituiscono generalmente, in fitosociologia, il contingente delle specie preferenziali con buoni valori di abbondanza/dominanza. La biocenosi del coralligeno oltre ad avere una successione di strati organogeni, con prevalenza di alghe calcaree costruttrici, può presentare una stratificazione di specie che vivono nelle fessure della formazione calcarea o che la perforano contribuendo alla sua demolizione. Nei fondali con acque limpide si può avere anche una stratificazione di alghe molli che si attaccano sulle alghe calcaree. Tra le specie vegetali demolitrici del calcare ricordiamo le alghe azzurre (cianobatteri) dei generi *Entophysalis* (incluso *Hyella*, *Stigonema*, *Mastigocoleus*, *Kyrtuthrix*, ecc.), *Schizothrix* e le alghe verdi (chetoforacee) del genere *Phaeophila*. Tra gli animali che erodono o perforano il calcare prodotto dalle alghe si possono ricordare *Sphaerechinus granularis* (con un tasso di erosione tra 16 e 210 g di $\text{CaCO}_3/\text{m}^2/\text{anno}$), *Echinus melo* (echinodermi), *Hiatella arctica*, *Lithophaga lithophaga* (molluschi), *Polydora* spp. (policheti) e *Cliona viridis* (spugne). Lo strato in epibiosi è formato in prevalenza da alghe incrostanti, reptanti o vescicolose dei generi *Codium*,



Codium bursa

Palmophyllum, *Valonia* (alghe verdi), *Cutleria*, *Lobophora*, *Zanardinia* (alghe brune), *Acrothamnion*, *Gelidium*, *Jania*, *Peyssonnelia*, *Polysiphonia*, *Womersleyella* (alghe rosse), *Calothrix*, *Microcoleus*, *Oscillatoria* (alghe azzurre o cianobatteri).

Vi si possono sviluppare anche specie a tallo eretto. Per alcune di esse, considerate specie guida per individuare associazioni e subassociazioni, si riporta di seguito una breve descrizione sulla base del portamento e dell'ecologia.

Le alghe con tallo più grande appartengono in prevalenza alle alghe brune degli ordini fucali e laminariali.

Le fucali, considerate specie guida o specie chiavi, appartengono ai generi *Cystoseira* e *Sargassum*.

Tra i sargassi, che si distinguono dalle altre fucali per le vescicole aerifere portate all'apice di ramuli cresciuti tra il fusticino e le foglie, *Sargassum hornschurchii* e *Sargassum trichocarpum* formano popolamenti densi, il primo nel coralligeno del Mediterraneo occidentale e il secondo in quello del Mediterraneo orientale

Le *Cystoseira* del coralligeno sono generalmente senza vescicole aerifere, che in altre specie sono comunque in serie intercalari e mai apicali nei ramuli. Le vescicole aerifere sono presenti raramente in individui adulti e in riproduzione di *Cystoseira foeniculacea* che si distingue dalle altre specie perché ha innumerevoli e dense formazioni spiniformi sia su numerosi fusticini, detti cauloidi, sia sui rami primari.

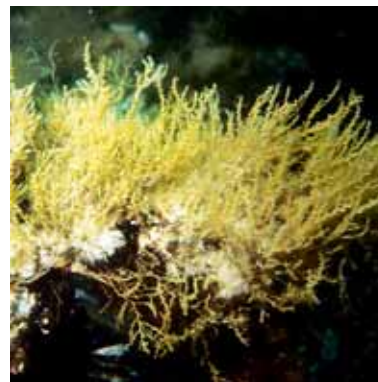
Sul coralligeno dell'infralitorale inferiore è comune *Cystoseira spinosa* che può presentarsi con alcune varietà che permettono la presenza della specie in differenti condizioni ambientali anche nel circalitorale superiore.

Questa specie ha un solo fusticino o cauloidi che porta lungo l'asse strutture

di riserva di forma ovoidale e spinose, detti "tofuli".

Queste strutture si formano nella stagione estiva alla base dei rami primari che cadono in autunno.

Nella primavera successiva dai tofuli si formano i nuovi germogli della fronda. Altre specie accompagnano *C. spinosa*



Cystoseira spinosa

solo in condizioni di idrodinamismo vorticoso e sono: *C. funkii* e *C. jabukae*, caratterizzate da fronde iridescenti. Altre due *Cystoseira* sono presenti nel coralligeno e formano associazioni vegetali: *C. usneoides* in ambienti con correnti pulsanti e *C. zosteroides* in ambienti con correnti laminari. Entrambe le specie portano sull'unico cauloidi tofuli a superficie liscia, ma la forma di questi è rigonfia in basso e rastremata all'apice nella prima e invece tipicamente cilindrica nella seconda. Infine quando sul coralligeno si deposita un sottile strato di sedimento si sviluppano due altre *Cystoseira* caratterizzate da cauloidi striscianti e aderenti al substrato organogeno o roccioso con una specie di ventose sviluppate sulla porzione inferiore. Se l'ambiente è luminoso, cioè con acque limpide, domina *C. corniculata*.

Questa specie è diffusa nell'infralitorale e nel circalitorale del Mare Egeo, dell'Adriatico e nella parte orientale del Mar Jonio; vive anche nell'Alto Oceano Indiano e ha una posizione strategica nell'evoluzione del genere perché ha differenziato per prima sostanze antierbivore formate da prodotti chimici del gruppo degli idrocarburi dette terpeni lineari.

Cauloidi e rami primari sono coperti da formazioni spiniformi anche attorno agli ingrossamenti alla base dei rami chiamati emitofuli. In ambienti con acque di fondo torbide e luce debole nel circalitorale di tutto il Mediterraneo forma un'associazione *C. dubia*, caratterizzata da cauloidi striscianti lisci, da rami primari fogliosi che portano alla base emitofuli lisci. In condizioni di instabilità ambientale nell'infralitorale inferiore e nel circalitorale superiore può dominare una *Cystoseira* con tofuli ed emitofuli spinosi facoltativi: *C. brachycarpa* var. *claudiae*,



Cystoseira brachycarpa var. *claudiae*

caratterizzata da fronde con ramuli cilindrici coperti da formazioni spiniformi e da cauloidi spinosi nella porzione subapicale spesso ingrossata e con apice infossato e senza spine.

Altre alghe brune che formano in epibiosi sul coralligeno associazioni vegetali appartengono all'ordine laminariali. *Laminaria rodriguezii* è una specie endemica del circalitorale del Mediterraneo. Ha un asse prostrato stolonifero (come quello della gramigna) che striscia attaccandosi con apteri ventrali al substrato organogeno del coralligeno, ma anche ai noduli delle corallinali libere nel detrito costiero. Sugli stoloni si elevano fronde laminari larghe circa 10 cm e lunghe allo stato adulto circa 50 cm. Le lamine adulte sono strozzate all'apice dove possono trovarsi due lunghi contenitori, detti sori, di spore. L'accrescimento, come in tutte le laminarie, è alla base della lamina, immediatamente sopra il cauloide. Le spore germinano sulle alghe calcaree e formano piantine microscopiche che producono gameti che germinando penetrano attivamente con la base dentro l'alga causandone una parziale demolizione. I gameti fecondandosi ridanno le piante macroscopiche che maturano spore. Questo ciclo sulle alghe calcaree è comune a tutte le laminari anche se cambia l'ospite di germinazione: *Lithophyllum stictaeforme* per *Laminaria rodriguezii*; *Lithothamnion philippii* per *Laminaria ochroleuca*, *Mesophyllum alternans* e *Mesophyllum lichenoides* rispettivamente per *Phyllariopsis purpurascens* e per *Ph. brevipes*. *Laminaria ochroleuca* è la più grande alga vivente nel Mediterraneo, ma è diffusa anche nell'Atlantico orientale sia dell'Africa sia dell'Europa. Forma piante grandi che maturano spore con un cauloide flessibile di 3-5 cm di diametro, fissato da una serie di "radici" dette ramponi sia sul substrato organogeno sia su grossi ciottoli rivestiti da alghe calcaree (detti *coated grains*). La fronda laminare è digitata e laciniata

e la lunghezza totale della pianta può raggiungere oltre 4-5 m. Nel Mediterraneo è limitata nella sua distribuzione allo Stretto di Messina e al Mare di Alboran presso Gibilterra sia sulla costa della Spagna sia su quelle del Marocco e dell'Algeria. Tra le alghe rosse che strutturano associazioni vegetali nel coralligeno vi sono tre specie del genere *Rodriguezella* (famiglia rodemelacee). Le specie di questo genere vivono in prevalenza nel circalitorale o in ambienti molto sciafili dell'infralitorale (es. ingresso di grotte sommerse). Studi sulla loro ecologia hanno evidenziato che queste specie per la fotosintesi utilizzano soprattutto la luce blu dello spettro e quindi sono dette anche alghe cianofile. La specie più diffusa nel coralligeno e che conferisce il nome all'associazione sciafila, è *Rodriguezella strafforelloi*, una specie caratterizzata nella sua morfologia da un cauloide cilindrico eretto, lungo qualche decimetro e variamente ramificato. All'apice dei rami vi sono formazioni simili a foglie di colore rosso intenso, con contorno ellittico e con bordo ornato da lobi irregolari. Queste laminette hanno una tipica incisione apicale sul fondo della quale (come in tutte le rodemelacee) si trova la cellula apicale che con le sue divisioni costruisce tutta la fronda. Le specie di questo genere presenti nel Mediterraneo sono tutte specie endemiche di questo mare: *R. borneyi* ha sempre un cauloide cilindrico e ramificato, ma si distingue dalla prima per le formazioni simili a foglie più grandi, con un contorno apicale convesso e proliferazioni a forma di pinnule e dentelli; *R. pinnata* si distingue dalle altre due per la fronda compressa con ramificazione disposta in piani sovrapposti e ramuli apicali e laterali mai a forma di foglie.

■ Aspetti vegetazionali

L'importanza degli aspetti vegetazionali, per definire la composizione e la struttura della biocenosi del coralligeno, si deduce dall'analisi dei due requisiti fondamentali che la caratterizzano:

- la costruzione organogena è fatta prevalentemente da alghe calcaree, in condizioni ambientali caratterizzate da irradianza debole, temperatura relativamente bassa e stabile, salinità uniforme, acque limpide, idrodinamismo debole;
- la biocostruzione si sviluppa sia sui substrati rocciosi (coralligeno della roccia inferiore del litorale, cioè dell'infralitorale inferiore e del circalitorale) sia sui substrati clastici o mobili del detritico costiero, a partire generalmente da una formazione a grosse rodoliti (*boxwork*), su sabbie grossolane e ghiaie fini (coralligeno di piattaforma).

Sulla base delle regole condivise dalla fitosociologia, nel manto vegetale che si sviluppa all'interno della biocenosi del coralligeno in Mediterraneo, sono stati descritti due gruppi di associazioni e di facies vegetali: uno di base o epilittico, caratterizzato dalle alghe calcaree costruttrici (*bioconstructor species*), presentate nei paragrafi precedenti, e l'altro in epibiosi, formato dalle alghe a tallo molle (*bioformer species*), descritte anche queste nei paragrafi precedenti.

Le alghe calcaree nella biocenosi del coralligeno formano l'associazione denominata *Lithophyllo-Halimedetum tunae* introdotta sulla base di una tabella di rilevamenti effettuati nei fondali di Capo Zafferano, in Sicilia presso Palermo.



Associazione ad alghe brune con castagnole (*Chromis chromis*)



Lithophyllum stictaeforme e *Halimeda tuna*

Lithophyllum stictaeforme e *Halimeda tuna* sono le specie preferenziali ad alta fedeltà statistica, associate ad un corteo di una diecina di altre alghe calcaree descritte in precedenza. Nonostante l'attivo biocarsismo che rallenta l'accrescimento in spessore della biocostruzione, questa può raggiungere nel suo sviluppo plurisecolare qualche metro di altezza (in Puglia la formazione raggiunge nell'infraitorale anche 2,5 m in altezza per una diecina di metri in larghezza, per alcune centinaia di chilometri in lunghezza). L'associazione è diffusa in entrambi i tipi di substrato sopra indicati.

Esempi di coralligeno (studiato anche nella componente vegetale) nell'infraitorale sono riportati per le coste della

Liguria nel Mar Ligure (Portofino), per il Veneto nell'Alto Adriatico (le tegnùe), per la Puglia nel Basso Adriatico (coralligeno pugliese). Esempi di coralligeno del circalitorale, sviluppato sia su roccia sia su fondo mobile, sono stati studiati in molte località del Mediterraneo e in particolare delle coste italiane.

L'associazione con dominanza di alghe rosse sciafile con tallo molle, esclusiva della biocenosi del coralligeno, è stata denominata *Rodriguezelletum strafforelloii* ed è diffusa in tutto il Mediterraneo anche se nel Mediterraneo orientale si inserisce, come elemento differenziale, la specie endemica *Ptilophora mediterranea*. Si sviluppa in epibiosi sulle alghe calcaree in ambiente con debole idrodinamismo laminare, con luce diffusa debole, con temperature stagionali che oscillano tra 14 e 16°C. Oltre alle tre specie del genere *Rodriguezella* sono fedeli a questa tipologia vegetazionale anche specie dei generi *Spermothamnion*, *Ceramium*, *Polysiphonia*, *Peyssonnelia*, *Gracilaria*, *Kallymenia*, *Cryptonemia*, *Neurocaulon*.

Altre associazioni con alghe brune nello strato elevato si sviluppano in epibiosi sul coralligeno. Nell'infraitorale è diffusa l'associazione *Cystoseiretum spinosae*, descritta per le coste della Sicilia, ma diffusa in tutto il Mediterraneo anche su substrati rocciosi non di natura organogena.

L'associazione di questo gruppo più diffusa in epibiosi nel coralligeno è il *Cystoseiretum zosteroidis*, descritta nei fondali delle Isole Eolie e presente in ambienti caratterizzati da risalita di acque profonde (*up-welling*). Il popolamento si presenta come un boschetto in miniatura nel quale *Cystoseira zosteroides* forma

alberelli con fronde iridescenti ed è associata ad altre alghe reofile che possono con la loro abbondanza costituire facies vegetali, come *Arthrocladia villosa* e *Sporochnus pedunculatus*. Alcune specie a tallo molle incrostano il sottostrato (specie dei generi *Zanardinia*, *Cutleria*, *Lobophora*, *Codium*, *Peyssonnelia*, ecc.) o formano cespuglietti bassi (specie dei generi *Zonaria*, *Phyllophora*, *Osmundaria*, *Polysiphonia*, ecc.).

In ambienti con correnti laminari costanti e temperature particolarmente stabili e basse, in banchi e isole lontane dall'influenza delle acque neritiche (di origine costiera), si sviluppa la subassociazione *Laminarietosum rodriguezii*, descritta sul Banco Apollo a ovest di Ustica, ma diffusa ampiamente nel Mediterraneo sia sul coralligeno sia sulle corallinali libere del detrico costiero.

In ambienti caratterizzati da instabilità nell'intensità luminosa e sedimentaria sulle alghe calcaree si sviluppano in epibiosi popolamenti dominati nel Mediterraneo occidentale da *Sargassum hornschurchii* e in Mediterraneo Orientale da *Sargassum trichocarpum*, associati rispettivamente il primo a *Cystoseira brachycarpa* var. *claudiae* e il secondo a *Cystoseira corniculata*. In entrambi i bacini, quando sul fondo organogeno si hanno apporti di sedimenti fini con componente fangosa (peliti), si sviluppa l'associazione *Cystoseiretum dubiae*, descritta in Sicilia orientale. Tra le specie preferenziali di questa associazione nella località siciliana abbonda l'alga rossa *Nithophyllum tristromaticum*, non presente in altre località del Mediterraneo dove l'associazione è stata rilevata.

In ambienti con fondi coralligeni, caratterizzati da correnti di tipo pulsante, localizzati nel Mare di Alboran e nello Stretto di Messina si sviluppa sulle alghe calcaree l'associazione *Cystoseiretum usneoidis*. La specie preferenziale è stata ritrovata di recente anche sui fondali delle Bocche di Bonifacio insieme a *Phyllariopsis purpurascens*. La vegetazione si presenta stratificata con alcune Laminariales (*Laminaria ochroleuca*, *Phyllariopsis purpurascens*) in strato elevato e nel sottostrato con le specie a tallo molle: *Phyllophora heredia*, *Callophyllis laciniata*, *Umbraulva olivascens*, *Zonaria tournefortii*.

A profondità maggiori di 50 metri e fino a circa 90 metri *C. usneoides* manca nell'associazione e acquista notevoli valori di ricoprimento *Laminaria ochroleuca* che caratterizza la subassociazione *Laminarietosum ochroleuca*.



Cystoseira zosteroides



La ricca biodiversità che caratterizza la biocostruzione coralligena (*Oscarella lobularis*, con altre spugne, briozoi, ecc.)

■ Aspetti paesaggistici

La Convenzione Europea del Paesaggio definisce il paesaggio terrestre o *Landscape* "...una determinata parte del territorio, così come percepita dalle popolazioni, il cui carattere deriva dall'azione di fattori naturali e/o umani e dalle loro interrelazioni". Con qualche precisazione questa definizione si può estendere anche al paesaggio marino o *Seascape*. Nella cultura anglosassone il concetto di *marine landscape* comporta, invece, un approccio ecosistemico allo studio di unità ambientali intermedie tra un "mare regionale" e un habitat nel senso definito dall'omonima Direttiva.

Nella definizione di paesaggio mediterraneo entrano sempre due componenti: quella fisica, formata prevalentemente dalla geomorfologia del territorio, e quella biotica, formata nei fondali marini prevalentemente dal benthos vegetale e animale e, nell'orizzonte dell'acqua, anche dal necton. Ma per la percezione del paesaggio è necessaria una terza componente: quella dell'osservatore. Nel paesaggio marino sommerso del Mediterraneo, accessibile con addestramento e attrezzature di medio livello, si percepiscono tre unità principali:

- substrati rocciosi del sistema fitale coperti da un denso e articolato manto algale;
- substrati clastici coperti dalle praterie a fanerogame (piante superiori viventi in mare) marine e/o dai prati di alghe verdi che hanno perduto nell'evoluzione l'organizzazione cellulare, ma anche da estese formazioni a rodoliti;
- formazioni organogene con prevalenza di alghe calcaree del coralligeno che a volte, diminuendo l'irradianza, danno origine a paesaggi diversificati con dominanza di animali bentonici.

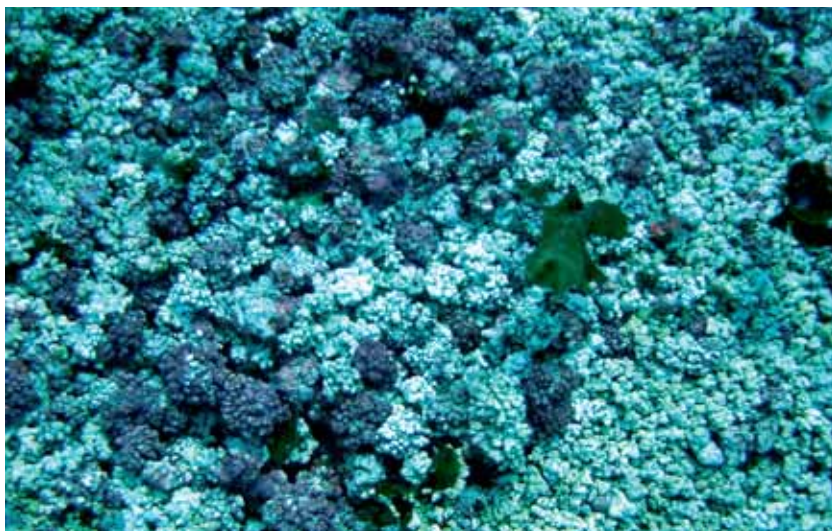
Nel sistema afitale (caratterizzato dall'assenza di vegetali) si hanno formazioni organogene a grandi coralli bianchi e gialli, ma la loro percezione è possibile attualmente soltanto attraverso lo schermo collegato ad una telecamera filoguidata o utilizzando un sommergibile. Questo è anche un modo di percepire il paesaggio sommerso anche se lo spettatore utilizza uno strumento tecnologico. Un modo scientificamente efficace per rappresentare i paesaggi emersi e sommersi è la cartografia che utilizza sia la visione satellitare sia la ricostruzione, con opportuni programmi informatici, delle informazioni raccolte da strumenti di emissione e di ricezione di segnali acustici.

Lo studio di un paesaggio dal punto di vista scientifico deve essere effettuato con il metodo sistemico e con un approccio ecosistemico. Pertanto le analisi con il metodo scientifico, riduttivo delle componenti abiotiche e della biodiversità, non sono idonee all'approccio ecosistemico, anche se ne costituiscono elementi importanti per conoscere l'ecologia, la composizione, la genesi e la dinamica evolutiva della formazione organogena edificatrice del paesaggio. Lo strumento per l'approccio ecosistemico allo studio del coralligeno è fornito

dalla bionomia bentonica, in quanto la formazione risulta essere un complesso di biotopi e di biocenosi con costruttori, demolitori, filtratori, detritivori, ecc. che hanno in comune affinità ambientale e corologica e la compatibilità biotica. La fitosociologia è una scienza idonea allo studio del coralligeno nella sua dimensione paesaggistica, in quanto è il risultato dell'azione complessa di associazioni vegetali gerarchicamente strutturate in unità sinecologiche sufficientemente caratterizzabili con l'approccio quali-quantitativo.

L'ambiente naturale biocostruito dagli organismi fissatori di calcare è il paesaggio maggiormente ripetitivo sia nei territori emersi (*Landscape* delle formazioni con rocce organogene calcaree) sia in quelli sommersi (*Seascape* delle biocostruzioni viventi e fossili) del Mediterraneo. Le scienze ecologiche in particolare studiano l'ambiente naturale biocostruito come un flusso di energia e di risorse (ambiente nella sua etimologia deriva dal verbo latino *amb-ire*, fluire intorno) attorno all'*oikos* che per i greci era lo spazio della vita domestica. L'analisi delle singole componenti della biosfera e dei suoi ecosistemi deve essere completata da una sintesi conoscitiva della natura relazionale dei processi naturali che si svolgono sia nella struttura della materia (microcosmo) sia tra le comunità viventi e nell'intero universo (macrocosmo).

Il paesaggio è un bene comune dell'umanità tutelato dagli accordi internazionali. Quando la tutela e la fruizione del paesaggio entrano negli atti legislativi dei vari stati o di aggregazioni di stati, si inserisce nel concetto di paesaggio la relazionalità sociale.



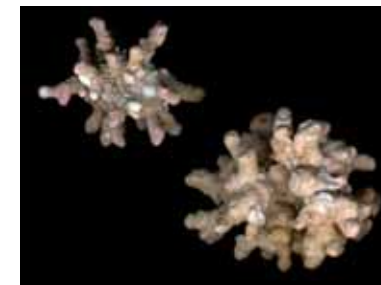
Fondo a rodoliti

■ Associazione a rodoliti

Il termine rodolite significa "pietra formata da rodofcee o alghe rosse calcaree". Si parla correttamente di rodoliti qualora queste alghe, per lo più Corallinales o peissonneliacee, arrivano a costituire almeno il 50% del nodulo organogeno; se la componente del deposito algale è inferiore allora si è in presenza di "ciottoli rivestiti" o "*coated grains*".

Le comunità vegetali o associazioni da esse costituite danno origine in mare a "letti a rodoliti" (*rhodolith beds*) o "fondi a maërl" di natura organogena, cioè ad habitat intermedi tra le biocenosi organogene di fondo duro o roccioso (es. biocenosi del coralligeno) e le biocenosi dei fondi molli con sabbie grossolane e ghiaie. I loro popolamenti sono inseriti sia nella biocenosi dei fondi detritici costieri del circalitorale, sia nella biocenosi delle sabbie grossolane e ghiaie fini sotto l'influenza delle correnti di fondo del circalitorale e dell'infralitorale. Queste formazioni organogene costruiscono un habitat, articolato in numerosi microhabitat, che condiziona lo sviluppo di una ricca biodiversità (oltre 400 specie di animali e oltre 100 di vegetali) sia di substrato duro, sia di substrato molle, oltre che di specie demolitrici, fossorie e interstiziali. Il termine maërl deriva da una parola bretone che indica un accumulo di forme ramificate di corallinali, prive di apparente nucleo. Il termine rodolite, più usato nella letteratura anglosassone, ha invece un'accezione più generale, che comprende sia i noduli veri e propri, sia il maërl. L'equivalente termine francese per indicare le piccole rodoliti nucleate è "*prâlines*". Le formazioni a rodoliti hanno un'ampia distribuzione geografica, dalle zone equatoriali a quelle polari, e batimetrica dall'infralitorale al circalitorale (da 20 a 100 m di profondità in Mediterraneo); inoltre sono ben documentate in paleontologia a partire dal Mesozoico.

Molte specie costituenti rodoliti possono crescere anche fissate al substrato roccioso, altre come *Lithothamnion corallioides* e *Phymatolithon calcareum* sono note soltanto come rodoliti. I letti a rodoliti formano estese coperture vegetali paragonabili a quelle delle angiosperme marine nell'infralitorale e della biocenosi del coralligeno nel circalitorale. Si tratta di specie che: vivono a lungo (una rodolite di 15 cm è compatibile con un'età superiore al secolo), resistono alle perturbazioni ambientali moltiplicandosi per frammentazione, hanno un'alta resilienza, ricolonizzando rapidamente i fondali marini, costituiscono dei veri "*reef mobili*" e, con la loro lenta crescita (intorno a 0,6 mm per anno), evidenziano strati sovrapposti di cellule, registrano anche i cambiamenti climatici e i tassi di carbonio dell'atmosfera e dell'idrosfera. La forma del



Rodoliti a *Lithothamnion valens* e *L. minervae*

nodulo (discoidale, sferoidale, ellissoideale); la forma di crescita della pianta che lo costruisce (laminare, ramificata); lo spessore e la percentuale di ricoprimento degli eventuali nuclei interni; le associazioni di specie in funzione dell'idrodinamismo, del tasso di sedimentazione e della granulometria del sedimento, contribuiscono a rendere le rodoliti efficaci indicatori ambientali sia dei fondi marini attuali sia di quelli del passato geologico.

Le rodoliti sono "specie costruttrici o ingegneri", cioè costruiscono o modificano nuovi habitat che promuovono lo sviluppo e il mantenimento della biodiversità. La ricchezza di risorse di pesca (soprattutto crostacei e molluschi) presenti in queste formazioni organogene attirano gli operatori della pesca a strascico che causa gravi danni ai letti a rodoliti. Sulle coste italiane queste formazioni sono state studiate nel Mar Ligure, nel Mar Tirreno nel Mare Adriatico settentrionale e nello Stretto di Sicilia, ma è probabile che questi letti si trovino quasi ovunque lungo le coste sia dell'Italia sia del resto del Mediterraneo.

■ Fitosociologia

La vegetazione ad alghe calcaree libere (corallinali e peissonneliacee) del Mediterraneo è stata studiata anche con il metodo fitosociologico. Esso permette di individuare in determinati ambienti su basi statistiche di frequenze di specie, associazioni di organismi vegetali che vivono insieme perché hanno condiviso nel tempo gli stessi valori medi dei fattori ambientali (affinità ecologica), hanno avuto storie evolutive nella stessa area geografica (affinità biogeografica), hanno sviluppato nella produzione e nell'uso delle risorse energetiche, nutritive e dello spazio strategie di cooperazione e di condivisione e hanno minimizzato la competizione che porta all'esclusione finale dei competitori (compatibilità biotica). L'associazione è denominata con i nomi delle specie preferenziali "*Phymatolitho-Lithothamnietum corallioidis*" o associazione a *Phymatolithon calcareum* e *Lithothamnion corallioides*.

Oltre a queste due specie, con alta fedeltà statistica nei rilevamenti, fanno parte del contingente preferenziale tutte le alghe calcaree del detritico costiero elencate in bionomia come caratteristiche di popolamenti caratterizzati dalla dominanza di alcune specie che determinano una fisionomia particolare al paesaggio sommerso, in rapporto anche con i valori dei fattori ambientali necessari allo sviluppo di queste specie che preferiscono ambienti con luce debole e con correnti. L'epiflora associata è generalmente considerata come aggruppamento di specie trasgressive dalle associazioni vegetali di substrato duro o roccioso del circalitorale (*Cystoseiretum zosteroidis* e la sua subassociazione *Laminarietosum rodriguezii*, *Lithophyllo-Halimedetum tunae* e *Rodriguezellum strafforello*) e dell'infralitorale (*Cystoseiretum spinosae*, *Peyssonnelietum squamariae* e la sua subassociazione *Osmundarietosum volubilis*).

Bionomia. La biocenosi delle sabbie grossolane e delle ghiaie fini, sotto l'influenza delle correnti di fondo (SGCF), è indipendente, nella sua distribuzione batimetrica, dalla zonazione bionomica; può sviluppare facies a rodoliti: sia nell'infralitorale, in rapporto ai valori dei due principali fattori ambientali (idrodinamismo e sedimentazione), soprattutto nei canali di "intermattes" dei posidonieti e nelle bocche delle lagune costiere, sia nel circalitorale fino a circa 70 metri, ma allora in condizioni impoverite nella composizione faunistica e floristica. La biocenosi del detritico costiero (DC) è tipicamente distribuita nel circalitorale e in Mediterraneo orientale è stata trovata fino a circa 120 metri, ma in maniera impoverita può trovarsi anche nell'infralitorale inferiore.

Le due biocenosi (DC e SGCF) possono differenziare facies nelle quali si sviluppano differenti popolamenti a Rodoliti: le principali facies con alghe

calcaree libere, sono brevemente descritte in questo paragrafo. Queste articolazioni delle due biocenosi sono state rivisitate nell'ambito della Convenzione di Barcellona (per brevità non sono elencate le associazioni dell'epiflora con alghe molli sciafile e reofile):

- Associazione a Rodoliti
- Associazione a *Lithothamnion corallioides* e *Phymatolithon calcareum* o facies del maèrl
- Associazione a *Peyssonnelia rosamarina*

Associazione a rodoliti (facies a pràlines). Il popolamento algale costituente le rodoliti è dominato dalla specie *Lithophyllum racemus* (spesso associata a *Lithothamnion valens* e ad altre rodoficee calcaree meno frequenti) che forma noduli sferoidali bossolati, con diametro di qualche centimetro. La facies è meglio sviluppata nella biocenosi delle



Relazioni che legano le biocenosi caratterizzate da rodoliti con la corrente (sopra) e i fattori ambientali

SGCF, ma i suoi componenti biotici possono trovarsi sparsi anche nella biocenosi del DC. I noduli sono generalmente stratificati, più spesso monospecifici. Come le altre rodoliti in sezione trasversale equatoriale possono presentare un nucleo (granulo litico o organogeno) sul quale sono germinate all'inizio dello sviluppo cellule riproduttive dell'alga. Altri noduli non nucleati sono derivati dalla frammentazione di individui ad opera dei biodemolitori o di forti correnti. L'idrodinamismo, su fondi influenzati da acque del largo molto pulite, è caratterizzato da correnti di fondo laminari con occasionali picchi di correnti forti vorticoso o turbolente. Sulle Rodoliti si impianta una ricca flora algale in epibiosi, di cui non si conosce però un'eventuale specie-specificità tra basifita ed epibionte e il valore, in termini fitosociologici, di compatibilità biotica. Il substrato è formato generalmente da sabbie grossolane e da ghiaie fini.

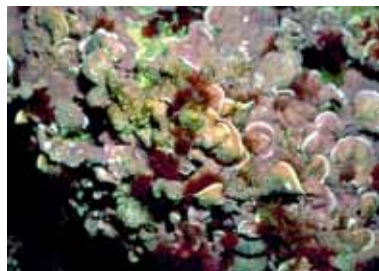
Associazione a Rodoliti - Facies a *Lithothamnion minervae* (DC).

Il popolamento è dominato da corallinali libere, caratterizzate da forme sferoidali o ellissoidali mammellonate, coperte cioè da corti rami cilindrici disposti a raggiera. Questa facies è la più diffusa nel Mediterraneo.

"*Lithothamnium fruticosum*", spesso riportato in letteratura come preferenziale di facies nel DC, non è una sola specie, ma un insieme di generi e di specie (ben caratterizzati da caratteri anatomici e riproduttivi), in parte elencati in questo paragrafo.

In condizioni di idrodinamismo occasionale o ridotto o a ridosso di ostacoli al movimento di frequente rotolamento, si sviluppano grosse rodoliti (diametro 10-15 cm) con composizione multispecifica, dette *boxwork*, a causa della struttura stratificata e cavernosa

nella quale è registrata a volte una successione di generi e specie differenti. Vi si trovano con frequenza, oltre a *Lithothamnion minervae*, anche *Spongites fruticosus*, *Neogoniolithon brassica-florida*, *L. valens*, *Mesophyllum alternans*,



Concrezione a *Mesophyllum alternans*

M. lichenoides, *Lithophyllum* (= *Titanoderma*) *pustulatum*, altre specie di *Lithophyllum* (come *L. stictaeforme*), *Lithothamnion* (come *L. philippii*) e *Peyssonnelia* (*P. harveyana*, *P. inamoena*, ecc.) maggiormente sviluppate nei substrati rocciosi del circalitorale e dell'infralitorale sciafili. L'idrodinamismo è più o meno forte con correnti pulsanti e oscillanti in ambienti di stretti e canali di comunicazione tra bacini. Semplificato nel contingente di specie preferenziali si può trovare anche nell'Infralitorale nei canali di "intermattes" dei posidonieti a cordoni o nelle bocche lagunari in comunicazione con il mare aperto e orientate in direzione dei venti dominanti e delle correnti di marea. La tipologia dell'idrodinamismo determina le forme sferoidali (correnti pulsanti) e le forme ellissoidali (correnti oscillanti). Il rotolamento può essere causato anche da bioturbazioni dovute a echinodermi, crostacei e pesci. I sedimenti sono costituiti da sabbie grossolane e ghiaie fini mescolate ad una variabile percentuale di fango, ma vi sono zone di transizione (ecotoni) con debole

idrodinamismo ed elevata torbidità ove si trovano associate rodoliti costituite da peissonneliacee (specie calcaree del genere *Peyssonnelia*). Sulle forme *boxwork* (dette anche rodoidi) può impiantarsi un ricco popolamento in epibiosi sia di natura animale, sia vegetale. In acque più limpide, su queste forme di rodoliti si sviluppano specie vegetali favorite dalle correnti di fondo, sono principalmente alghe a tallo molle con dominanza di *Arthrocladia villosa*, *Cryptonemia lomation*, *Kallymenia patens*, *K. spathulata*, *Laminaria rodriguezii*, *Osmundaria volubilis*, *Phyllophora crispa*, *Rythiphloea tinctoria*, *Sporochnus pedunculatus*.

Associazione a *Lithothamnion corallioides* e *Phymatolithon calcareum* - Facies del maërl (DC).

Il popolamento è dominato da specie a tallo ramificato: *Lithothamnion corallioides* e *Phymatolithon calcareum*.



Rodoliti con *Lithothamnion corallioides* e *Phymatolithon calcareum*.

In Mediterraneo si sviluppa su fondi con sabbie grossolane e ghiaie fini, sottoposti all'azione di correnti forti e reversibili. Le corallinali libere sono con frequenza aggregate da feltri di alghe filiformi dei generi *Jania* e *Gelidium*. Su queste strutture aggregate si accumula detrito organico, derivato principalmente dai posidonieti dell'infralitorale, utilizzato da molti organismi detritivori e in particolare

dall'echinoderma *Spatangus purpureus*. Questa facies è rara in Mediterraneo e limitata al circalitorale, dove le due specie preferenziali spesso si trovano insieme alle rodoliti della facies a *Lithothamnion minervae*.

Associazione a *Peyssonnelia rosa-marina* - Facies a peissonneliacee libere. Il popolamento è costituito prevalentemente da esemplari liberi, cioè non attaccati al substrato, di *Peyssonnelia rosa-marina*, di *P. magna* e più raramente di *P. polymorpha* che preferisce i substrati duri sciafili dell'infralitorale.

Tutte queste specie sono calcaree e spesso sono associate anche a specie non calcaree dello stesso genere come *P. harveyana* e *P. inamoena* che, oltre a rivestire parzialmente rodoliti vive, possono con frequenza rivestire rodoliti morte e frammenti conchigliari anche nella facies precedente. Il substrato è formato da fango straordinariamente fluido e mobile in ambiente con correnti turbinate associate ad eventi di tempesta.

La torbidità dell'acqua sopra il fondo riduce molto la luce, l'abbondanza di composti organici dell'azoto fa prevalere in queste specie un modello di metabolismo facoltativo che utilizza l'energia chimica e le sostanze organiche, su quello puramente autotrofo che utilizza i sali minerali e l'energia luminosa. Il movimento di queste rodoliti è basculante, favorito anche dall'ineguale attività di crescita del nodulo algale e dalla bioturbazione causata principalmente dall'ofiuroido *Ophiopsila aranea*. Le forme sono molto irregolari, con cavità interne a cartoccio con pareti irregolari e ripiene di sedimento fangoso. I frequenti movimenti e la secrezione di sostanze antigerminali, impediscono l'impianto degli epibionti animali e vegetali o il loro sviluppo su porzioni estese di rodoliti.

La fauna: gli invertebrati

MAURIZIO PANSINI · CARLO CERRANO · SILVIA COCITO · MARIA CRISTINA GAMBI · ANTONIETTA ROSSO

■ La fauna sessile

L'habitat coralligeno rappresenta un *hot spot* di diversità biologica nel Mediterraneo. I suoi complessi, variegati e colorati paesaggi sottomarini, la straordinaria ricchezza di forme di vita, e la natura biogenica del substrato inducono a fare un paragone e una analogia ecologica tra il coralligeno dei nostri mari e le barriere coralline tropicali.

La fauna associata a questo peculiare substrato duro secondario biogenico, ricco di microcavità, e con condizioni microclimatiche molto diverse anche a piccola-media scala (microambienti), presenta una elevata complessità e variabilità, in quanto raccoglie sia forme criptiche (legate alla presenza di microasperità del substrato), che forme legate al sedimento (accumulate nelle cavità), nonché moltissimi organismi più o meno strettamente associati ad altri organismi in rapporti molto frequenti e tipici di simbiosi, epibiosi, parassitismo, commensalismo, come alcuni molluschi e policheti specializzati che vivono su gorgonie e spugne, e alcuni crostacei decapodi strettamente associati al corallo rosso.

Inoltre il coralligeno si sviluppa generalmente al di sotto dei 20-25 m di profondità, pur con qualche eccezione nel Nord Adriatico (tegnùe) e in Puglia (coralligeno di piattaforma) in cui si trova più in superficie, ma sempre in ambienti a luminosità ridotta, cioè sciafili. Nel coralligeno si rinvencono specie sciafile che non è raro incontrare anche in altri ambienti a ridotta luminosità, come i rizomi di *Posidonia oceanica* o le zone antistanti e di ingresso delle grotte sommerse, anche poco profonde, e semi-sommerse. Similmente, parte dell'endofauna, che si rinviene all'interno dello scheletro carbonatico formato dalle alghe strutturanti l'habitat coralligeno, può colonizzare anche altri ambienti simili, ma distribuiti molto più in superficie, come le cornici a *Lithophyllum* e *Lithothamnion* che si sviluppano nella zona di marea, o i fondi a rodoliti dell'infralitorale. Questo fa sì che molte specie, soprattutto quelle criptiche endobionti, non siano da considerarsi come caratteristiche esclusive del coralligeno. Il coralligeno



Oscarella lobularis, spugna il cui scheletro è costituito da sole fibre di collagene

Parete di coralligeno con *Paramuricea*, *Eunicella* e *Parazoanthus*



rappresenta quindi per la fauna un "crocevia" ecologico in cui specie con differenti richieste ecologiche convivono, così come si riscontra anche per la fauna associata ai sistemi a *Posidonia oceanica*.

Attualmente gli studi sul coralligeno hanno ritrovato un certo interesse, dati anche i problemi di conservazione e salvaguardia di questi sistemi minacciati anch'essi del crescente impatto umano sul litorale e sui fondali, nonché dal cambiamento climatico. Questi includono anche indagini sui fondi a rodoliti (corallinali), quali fondi a *prâlines*, *maërl*, *boxwork*, associazioni che possono essere considerate come una sorta di "coralligeno mobile" di piattaforma. Un habitat affine, ma con alcune unicità riguardo a distribuzione, origine e struttura è infine rappresentato dalle *tegnûe* o *trezze*, formazioni relativamente poco profonde tipiche del Nord Adriatico, che rappresentano una forma di coralligeno a complessità un po' ridotta, ma che costituiscono comunque oasi di vita e *hot spot* di biodiversità nei fondi mobili nord-adriatici piuttosto monotoni e uniformi. Anche per le *tegnûe*, in recenti studi di sintesi, è stata comunque stimata una biodiversità di oltre 400 specie di invertebrati associati.

Gli organismi animali sessili e quindi "strutturanti" il coralligeno, e cioè che contribuiscono in modo determinante, assieme alle alghe calcaree corallinali, alla biocostruzione e alla sua tipica "tridimensionalità", sono soprattutto rappresentati da spugne, cnidari e briozoi, illustrati con maggiore dettaglio nella trattazione che segue. Partecipano in maniera minore altri gruppi come alcuni molluschi, tunicati e vermi policheti quali sabellidi e serpulidi.



Lo cnidaro *Parazoanthus*

Spugne. Sono organismi pluricellulari sessili, senza una simmetria ben definita ma con forme estremamente varie, che vivono in mare e nelle acque dolci filtrando acqua per respirare e nutrirsi. Quest'acqua entra da pori disseminati sulla superficie della spugna (da qui il nome di poriferi, portatori di pori) e fuoriesce dagli osculi, aperture circolari più grandi. Delle cellule particolari, i coanociti, creano questo flusso d'acqua con il movimento continuo del loro flagello e catturano le particelle di cibo con un collare di minuscoli prolungamenti o "microvilli". Dato che i coanociti sono proprio tanti (nelle spugne più complesse troviamo sino a 18.000 camere da loro rivestite per ogni mm³) la filtrazione è particolarmente efficiente. Il cibo è straordinariamente abbondante perché è costituito da protozoi, alghe unicellulari, grandi molecole organiche libere e persino materiale organico disciolto. Questo è il segreto del successo delle spugne: sfruttare una risorsa praticamente illimitata senza entrare in competizione con altri organismi bentonici che consumano prede e particelle alimentari mediamente più grandi. Per cui, quando le condizioni sono minimamente favorevoli e il substrato è adatto al loro insediamento, troviamo ricche popolazioni di spugne in qualsiasi ambiente marino. Nelle acque dolci il discorso è un po' diverso perché non sempre c'è abbastanza da mangiare. I poriferi sono "presenti" - anche se questo termine è riduttivo rispetto alle loro funzioni - sia nel coralligeno di piattaforma che in quello di falesia. In generale le spugne non amano la luce solare diretta ma le zone più ombreggiate

e oscure e vengono quindi correttamente incluse tra gli organismi sciafili. Esse, tuttavia, hanno due mezzi per proteggersi dai raggi solari: l'elaborazione di pigmenti (carotenoidi, melanine) e la simbiosi con organismi fotosintetici unicellulari (cianobatteri e zooxantelle) che, oltre a ripararle dai raggi ultravioletti, contribuiscono anche al loro nutrimento. Un'altra condizione non favorevole alle spugne è la sedimentazione eccessiva, che tende ad occludere gli osti, i piccoli fori attraverso i quali l'acqua entra all'interno del corpo, e ad ostacolare, quindi, il processo di filtrazione. Alle profondità in cui si sviluppa il coralligeno l'idrodinamismo è piuttosto ridotto e ha l'energia necessaria a spazzar via il sedimento. Questo influenza la distribuzione delle spugne e di altri taxa. La biocostruzione coralligena offre un substrato estremamente vario e irregolare, ricco di sporgenze, anfratti e microcavità che consente comunque alle varie specie di poriferi di trovare le condizioni ottimali per insediarsi. La distribuzione delle spugne, quindi, non è uniforme, ma decisamente stratificata. Alcune specie, come la spugna cornea *Pleraplysilla spinifera*, sono epibionti su

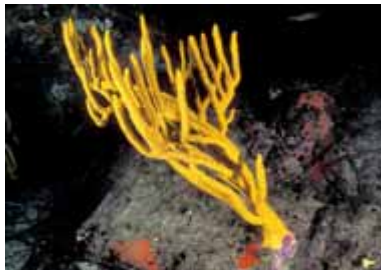


Pleraplysilla spinifera

altri organismi, soprattutto le grandi gorgonie rosse *Paramuricea clavata*, i cui ventagli intercettano la corrente e quindi l'alimento in sospensione.

Se la gorgonia presenta porzioni prive di tessuto, altre spugne come *Mycale* la possono rivestire completamente utilizzandola come supporto. Il fenomeno dell'epibiosi, nel coralligeno, è comune anche a livello del substrato, dove molti organismi, vegetali e animali, crescono uno sopra l'altro. Questa condizione è sopportata piuttosto bene dalle spugne, che riescono comunque ad inalare un quantitativo d'acqua sufficiente alla loro sopravvivenza.

L'orientamento del substrato, che implica la variazione dei fattori sopra descritti, agisce direttamente sulla distribuzione dei poriferi. Poche specie, generalmente arborescenti o a sviluppo massivo, si insediano sui substrati orizzontali non ombreggiati. Qui la competizione con le alghe, che hanno più luce per la fotosintesi, è intensa, e il sedimento può ricoprire tutto con un velo sottile. Le specie erette, tuttavia, come le grandi *Axinella polypoides* e *A. cannabina*



Axinella polypoides

o come *Dictyonella obtusa* con le sue ramificazioni digitate, si elevano notevolmente dal substrato, intercettando i flussi di corrente che le tengono pulite e le nutrono. Anche le specie arborescenti più piccole come *Axinella damicornis*,

A. verrucosa, la rara *A. vaceleti* e *Acanthella acuta* si possono occasionalmente trovare su questi substrati, ma prediligono le zone in cui si verificano rotture di pendenza e il substrato tende a diventare verticale. Alcune spugne, come *Clathrina clathrus* e *Acanthella acuta*, alternano fasi di contrazione del loro corpo a fasi di espansione, che possono durare qualche ora, e questo comportamento, oltre a regolare il flusso di acqua, può servire anche a liberare la superficie dal sedimento. Alcune spugne cornee (con scheletro proteico di fibre di spongina) a sviluppo massivo tollerano abbastanza bene il sedimento e sono frequenti su questi substrati orizzontali. Troviamo qualche esemplare di *Spongia officinalis*, le *Cacospongia* (*C. mollior* e *C. scalaris*), l'orecchia di elefante (*Spongia lamella*) a



Spongia lamella

forma di coppa o di sottile ventaglio. Quest'ultima specie, avendo gli osti concentrati sulla parte esterna, orientata verso il flusso di acqua, e gli osculi dalla parte opposta, ottimizza l'attività filtrante sfruttando al massimo la corrente. A più di 20 m di profondità, ma sempre su fondi orizzontali, ha il suo habitat preferito *Sarcotragus foetidus*, la spugna più grande, con i suoi 30-40 cm di diametro, tra quelle che abitano il coralligeno. Si distingue per il colore grigio scuro, la superficie disseminata di grandi conuli e

gli osculi spesso concentrati in una fossetta centrale dove si accumula il detrito. Anche altre specie massive assai comuni, come *Petrosia ficiformis*, *Chondrosia reniformis*, *Agelas oroides* ecc., si possono trovare in posizione orizzontale esposta, ma sono assai più frequenti sugli strapiombi e nelle zone al riparo di bioconcrezioni sporgenti. Bisogna sempre tener presente, tuttavia, che le spugne sono animali filtratori che creano autonomamente un flusso d'acqua al loro interno, ma sono anche favoriti dal movimento dell'acqua (onde, correnti) che assicura un continuo apporto di alimento in sospensione. Le posizioni più esposte, quindi, sono quelle più adatte allo sviluppo di grandi esemplari di poriferi. Le specie di poriferi che prediligono la falesia sono molto numerose e ne possiamo citare solo alcune. Tra le aploscleridi a sviluppo tubolare, con digitazioni e sottili processi filiformi, le più comuni sono *Haliclona mediterranea*, con tutte le gradazioni dal



Haliclona mediterranea

rosa al viola, e *Haliclona citrina* e *Haliclona mucosa* che sono invece giallastre. Intorno ai 30 m di profondità, troviamo i grandi esemplari digitati della spugna cornea *Aplysina cavernicola*, color giallo pallido, che, come dice il suo nome, è comune anche in grotta. Una forma digitata è anche *Crella elegans* che si distingue per la superficie costellata di

aree ostiolifere (inalanti) più scure e di canali esalanti che portano l'acqua agli osculi apicali. Alcune specie, come *Phorbas tenacior* sono normalmente incrostanti, ma spesso sfruttano come supporto colonie di polipi di idrozoi, riuscendo ad acquisire un *habitus* eretto. Forme più piccole, generalmente a cuscinetto, sono *Dictyonella incisa* e *Hemimycale columella*, che presenta una grande variabilità intraspecifica. Sempre su substrati più o meno verticali, ma in posizioni più riparate, hanno il loro habitat preferenziale le spugne del genere *Oscarella*, riconoscibili per la loro forma mammellonata. La specie più comune è *Oscarella lobularis*, ma ne sono state descritte diverse altre in Mediterraneo e non sono facili da distinguere. Decisamente meno appariscenti, ma estremamente diversificate, sono le spugne incrostanti (spesse da meno di 1 mm ad un paio di centimetri) che prediligono gli anfratti, le spaccature nella roccia e ogni tipo di cavità, comprese ovviamente le grotte, in cui sia disponibile un substrato libero e riparato dal sedimento. Esse competono attivamente tra di loro e con altri organismi, come i briozoi, per assicurarsi lo spazio dove vivere e hanno generalmente un ottimo successo per due motivi: in primo luogo, come abbiamo già detto, tollerano molto bene le epibiosi, e in secondo luogo sono, come tutti i poriferi, estremamente plastiche. Questo vuol dire che si possono riorganizzare come vogliono: dividendosi in frammenti (con un processo riproduttivo asessuale) che poi si accrescono o si riuniscono nuovamente (se hanno lo stesso patrimonio genetico) formando nuovi esemplari più grandi, oppure possono degenerare. Tali caratteristiche permettono alle spugne incrostanti di occupare buona parte delle zone più oscure del coralligeno. La maggior parte di loro

appartiene all'ordine pectiniferi, con i generi *Crambe*, *Hymedesmia*, *Raspaciona*, *Lissodendoryx*, *Phorbas*, ma non



Phorbas tenacior

mancano gli adromeridi, con *Spirastrella*, *Diplastrella*, *Timea* e le specie incrostanti di suberitidi. La descrizione delle specie è abbastanza inutile perché l'identificazione sulla base delle sole caratteristiche morfologiche è quasi impossibile: serve l'esame degli esemplari in laboratorio. La diversità dei poriferi in queste zone semi oscure è comunque molto alta. Il processo di formazione della bioconcrezione coralligena, con l'apporto graduale di organismi vegetali e animali, è particolarmente indicato per la costruzione di micro cavità. Esse rappresentano "micro ambienti", oscuri e riparati, dove i comuni parametri ambientali possono assumere valori peculiari, creando "micro habitat" singolari, ideali per l'insediamento di piccoli esemplari di spugne. Questo fenomeno può spiegare la presenza, nel coralligeno, di specie tipiche di livelli più profondi. Si ripete, su scala ridotta, il fenomeno che avviene nelle grotte a profilo discendente, dove, grazie alla temperatura dell'acqua, fredda nel corso di tutto l'anno, riescono a vivere anche specie tipiche dell'ambiente batiale. Un contributo determinante alla formazione di micro cavità lo danno i poriferi che perforano tutti i tipi di substrati

carbonatici e trovano nel coralligeno un ambiente ideale. La maggior parte di essi appartiene alla famiglia clionaidi, ma anche i generi *Spyroxia*, *Aka* e *Thoosa* sono importanti. Le cellule di queste spugne nel processo di perforazione sono in grado di scalzare - con un'azione combinata, chimica e meccanica - piccole schegge di substrato (*chips*) che vengono espulse con il flusso di acqua effluente e contribuiscono alla formazione dei sedimenti. La spugna abita le cavità che man mano scava e si mantiene in contatto con la superficie con delle papille, spesso di colori molto vivaci, che servono sia da osti che da osculi. Dopo aver bucherellato tutto il substrato con le loro gallerie i clionidi possono svilupparsi anche sulla sua superficie assumendo una forma massiva. Questo comportamento è più frequente alla base della falesia, dove si accumula il detrito formato dall'attività bio-erosiva degli organismi. Grandi esemplari di *Cliona viridis*, dal colore giallo



Papille inalanti e osculari di *Cliona viridis*

verdastro, studiati recentemente in Liguria, hanno mostrato la capacità di inglobare nel loro corpo importanti quantitativi di sedimento, stabilizzando così il fondo mobile e costituendo un cosiddetto fondo duro secondario. In pratica si vengono a formare delle isole di fondi duri che rappresentano un substrato idoneo a numerose altre specie tipiche del coralligeno.

Anche le specie di *Cliona* sono numerose e non facili da distinguere. Oltre a *C. viridis* che ha grandi papille appiattite e irregolari, possiamo riconoscere *C. celata* e *C. schmidti* con le papille giallo limone e viola rispettivamente. Anche lo sclerose calcareo del corallo rosso viene attaccato in maniera selettiva da una particolare spugna perforante, *Cliona janitrix*. Essa danneggia gravemente le colonie che - se oggetto di pesca - possono essere utilizzate solo per la preparazione di monili di corallo "camolato" con un valore decisamente più basso di quello non perforato. Il fenomeno della bioerosione non è in sé dannoso, purché rimanga in equilibrio con l'attività degli organismi costruttori. È stato recentemente dimostrato, però, che la crescita e l'attività delle spugne perforanti è favorita dagli alti livelli di nutrienti legati all'inquinamento antropico. La storia delle piccole cavità biogeniche, tuttavia, non è finita, perché vengono occupate da specie che si insinuano all'interno del substrato permeandolo completamente. I generi più comuni sono *Jaspis*, *Stoeba* e *Triptolemus*. Hanno spesso colorazione smorta o biancastra perché non sono mai esposte alla luce. Pur se poco appariscenti, queste spugne hanno un'importanza ecologica notevole perché impediscono al substrato di disgregarsi e lo consolidano. Svolge la stessa azione anche una piccola spugna cornea molto abbondante nel coralligeno: *Spongia virgultosa*. Il consolidamento del substrato da parte dei poriferi non è un fenomeno esclusivo del coralligeno: sui fondali oggetto di pesca con esplosivi, le spugne sono i primi organismi che, insediandosi sui frammenti di calcare, contribuiscono ad aggregarli. Per comprendere il ruolo dei poriferi nel coralligeno non si può fare a meno di considerare i loro rapporti con gli altri organismi. Numerosissime sono le specie

di spugne che ospitano simbionti che possono rappresentare una preziosa fonte di carbonio. I cianobatteri fotosintetici di *Petrosia ficiformis* ne influenzano colore, forma, distribuzione



Petrosia ficiformis

e contribuiscono alla nutrizione della spugna. Tra gli organismi unicellulari i dinoflagellati (zooxantelle), simbionti di varie specie di *Cliona* forniscono alle spugne i prodotti della fotosintesi e probabilmente facilitano l'attività di perforazione facendo variare il pH e quindi ostacolando la calcificazione. Le spugne producono una vasta gamma di composti chimici che possono avere un'azione diretta sugli altri organismi, sia come deterrenti della predazione, sia come inibitori nei confronti dell'insediamento di altre specie sulla superficie della spugna stessa, sia come strumenti per la competizione spaziale. La presenza di spugne incrostanti insediate sulle conchiglie dei bivalvi li protegge dall'attacco delle spugne perforanti. Non tutte le specie, tuttavia, hanno lo stesso comportamento: basti pensare a spugne, come *Spongia* e *Ircinia*, che ospitano, invece, migliaia di inquilini e commensali nei canali del loro sistema acquifero, rappresentando un vero microhabitat per la fauna vagile. Diverse spugne cornee mediterranee ospitano i polipi dello scifozoo *Nausithoe punctata* nella fase sessile del suo ciclo vitale.

Nonostante le loro difese chimiche, le spugne del coralligeno sono esposte alla predazione, soprattutto da parte di molluschi nudibranchi doridacei, come, ad esempio, *Discodoris atromaculata*, la vacchetta di mare, che pascolando sulle spugne del genere *Petrosia* ne consuma le cellule e soprattutto le micro alghe simbionti. Questo fatto è stato documentato osservando il comportamento trofico di un altro nudibranco: *Tyrodina perversa*, che, potendosi nutrire di due specie di spugne del genere *Aplysina*, tende a scegliere la specie più superficiale *A. aerophoba* che



Aplysina aerophoba

ha un numero di cianobatteri simbionti più elevato. Alcuni molluschi che si cibano di spugne, tra l'altro, sembra siano in grado di accumulare nel loro mantello i metaboliti secondari prodotti dalle spugne e di servirsene come difesa nei confronti dei loro predatori. I rapporti dei poriferi con gli altri organismi del coralligeno sono complessi, ma le spugne vanno considerate tra i competitori più efficaci nello zoobenthos sessile e formano comunità molto stabili e con un elevato grado di diversità. È impossibile dire quante specie di poriferi siano presenti nel coralligeno, ma buona parte delle calcisponge e demosponge mediterranee (che sono oltre 600) possono qui trovare un habitat favorevole al loro sviluppo.

Cnidari. Sono molto importanti nel coralligeno perché presenti con numerose forme, erette, incrostanti o stoloniali e spesso sono in grado di caratterizzare facies anche molto estese, che presentano quella caratteristica tridimensionalità dell'habitat. In questo ambiente essi costituiscono la maggiore biomassa nell'ambito degli invertebrati anche se sono i poriferi a presentare la massima diversità. Gli cnidari sono suddivisi in diverse classi. Le principali presenti nel coralligeno sono gli idrozoi, gli antozoi (cui appartengono le ben conosciute gorgonie e il corallo rosso), e in misura molto inferiore gli scifozoi (le comuni meduse). Tutti possiedono un particolare ed esclusivo tipo di cellule dette cnidociti che contengono corpuscoli cellulari molto complessi e specializzati, detti cnidocisti. Le nematocisti hanno lo scopo principale di catturare le prede o difendere da eventuali predatori, e sono responsabili della caratteristica proprietà urticante che possiedono in misura più o meno forte tutti gli cnidari. La classe degli idrozoi è presente sia con colonie incrostanti che arborescenti. Gli idrozoi sono generalmente stagionali e sono presenti sia con specie estivanti sia ibernanti. Uno studio molto dettagliato condotto su talli dell'alga verde *Halimeda tuna* presenti su cornici coralligene ha evidenziato la presenza di una successione nella colonizzazione di questo substrato abbastanza instabile, con specie perenni e grandi presenti soprattutto sulla parte basale, talvolta con ricoprimenti monospecifici, e specie di piccole dimensioni tipicamente opportuniste ed effimere. Nel coralligeno, più in generale, la biomassa maggiore è prodotta dal genere *Eudendrium*, presente con grandi colonie (fino a 30 cm di altezza per alcune specie). Questo forma piccoli cespugli i cui rami alla base sono

fortemente fascicolati, a costituire densi aggregati con numerose stolonizzazioni che si sviluppano anche all'interno delle microcavità del substrato. La presenza di tali colonie può essere più o meno evidente in relazione al periodo dell'anno e alla profondità. Entro i 50 m di profondità, per esempio, *E. glomeratum* è presente soprattutto da ottobre a febbraio ma a partire da 60-70 m di profondità la sua presenza è quasi costante, con gli stoloni fascicolati comunque sempre evidenti anche quando la colonia è in forte regressione. È interessante notare come questi soffici "cespugli" rappresentino un forte elemento aggregativo per numerose altre specie che all'interno dei rami della colonia trovano rifugio e alimento. Le colonie di *Eudendrium* producono dei filamenti mucosi che agglutinano grandi quantità di sedimento. Esso rappresenta una fonte di alimentazione per numerosi detritivori come copepodi artarcticoidi (presenti a migliaia), anfipodi, soprattutto caprellidi, stadi giovanili di molluschi, nematodi e policheti. La colonia stessa rappresenta invece un ottimo substrato per specie sessili come alghe coralline, diatomee, foraminiferi, briozoi e serpulidi e una fonte di nutrimento per alcuni gasteropodi nudibranchi e picnogonidi. Inoltre, i nudibranchi depongono le proprie uova sui rami della colonia e i picnogonidi collocano le proprie protonife nei polipi. È chiaro quindi come gli idrozoi, anche se stagionali, costituiscano elementi fondamentali per il mantenimento della diversità dell'habitat coralligeno, rappresentando delle vere e proprie specie chiave, su cui si basa la presenza e lo sviluppo di numerose altre forme di vita. Gli scifozoi sono noti nel coralligeno solo in seguito alla presenza di polipi di *Nausithoe punctata*, altri esempi sono in genere relegati all'ambiente di grotta.

N. punctata è endobionte di spugne (generalmente cornee). Si accresce formando tubuli peridermici che le spugne usano come ulteriore supporto scheletrico e da cui, in inverno, si staccano piccole meduse. Gli antozoi sono la classe di cnidari più importante nel coralligeno, soprattutto riguardo alla biomassa che può raggiungere valori in peso secco di oltre 1 Kg/m². Particolarmente importanti sono gli ottocoralli, facilmente riconoscibili perché formati da numerosi polipi aventi sempre otto tentacoli pinnati, che presentano cioè sui loro lati delle piccole digitazioni ricche di cellule urticanti (nematocisti). Avere dei tentacoli digitati permette di bilanciare il basso numero di tentacoli rispetto agli altri gruppi e migliorare l'efficienza nella cattura del cibo che può essere costituito sia da piccoli organismi planctonici sia da sostanza organica disciolta. Studi condotti negli anni '70 schematizzano nel coralligeno tre diverse comunità dominate da gorgonie (ottocoralli, alcionacei). Una più superficiale, dove *Eunicella cavolinii*



Eunicella cavolinii

rappresenta la specie più frequente. Le colonie possono arrivare a 30-40 cm di

altezza e si sviluppano spesso su pareti verticali, associate sempre a numerosi altri filtratori come spugne, briozoi, serpulidi e ascidiacei. Una seconda comunità è quella dominata da *Paramuricea clavata* (fino a oltre 30



Paramuricea clavata

colonie/m²), presente su pareti poco illuminate, ospitante in genere anche alghe coralline, gli esacoralli *Parazoanthus axinellae*, *Leptopsammia pruvoti*, *Caryophyllia smithi* e *Hoplanguia durotrix* e altri ottocoralli (*Parerythropodium coralloides*, *Alcyonium acaule*).

Le colonie di *P. clavata* possono arrivare a superare il metro di altezza e raggiungere età di quasi 100 anni. Una terza comunità è dominata da *Corallium rubrum* (fino a oltre 500 colonie/m²), con numerose specie di spugne insinuanti (*Spongia virgultosa*), incrostanti (*Haliciona sarai*, *H. fulva*, *H. mucosa*) e massive (*Sarcotragus foetidus*, *Ircinia variabilis*, *Aplysina cavernicola*, *Petrosia ficiformis*). Per ulteriori informazioni su biologia ed ecologia di *C. rubrum* si veda la scheda di pagg. 66-69.

Questa zonazione, considerata in genere abbastanza netta, in realtà presenta spesso ampie sovrapposizioni, soprattutto

con l'aumento della profondità. Dove la luce diventa molto debole, e la temperatura e la sedimentazione di sostanza organica lungo la colonna d'acqua sono abbastanza costanti nel tempo, le gorgonie sopraelencate possono formare popolazioni molto dense che coesistono anche assieme a colonie di *Eunicella verrucosa*, *E. singularis* e *Lophogorgia ceratophyta*. Le gorgonie sono sospensivore, si nutrono cioè del materiale sospeso che trasportano le correnti. Per questo motivo prediligono ambienti interessati da importanti e costanti flussi d'acqua. Le loro forme di crescita suggeriscono chiaramente tipologia, energia e direzione delle correnti degli ambienti che occupano. Dove le correnti sono unidirezionali le colonie sono planari e crescono perpendicolarmente alla direzione prevalente, dove le correnti sono irregolari e tortuose le colonie possono sviluppare forme tridimensionali, più cespugliose.

Le gorgonie non hanno predatori importanti: occasionalmente si possono incontrare esemplari del gasteropode ovulide *Neosimnia spelta*, possono ospitare coppie di un raro gamberetto (*Balssia gast*) o, nel Mediterraneo meridionale, essere talvolta predate da un grande verme polichete (*Hermodice carunculata*). Il corallo molle *Alcyonium coralloides* ricopre spesso i rami delle gorgonie formando dei manicotti abbastanza spessi di colore variabile dal rosso al rosa/bianco. I polipi pinnati hanno la base di colore arancio. *A. coralloides* può essere presente anche in forma incrostante ma è in questo caso generalmente poco visibile. Anche lo zoanthideo *Savalia* (= *Gerardia*) *savaglia*, molto simile al più noto e comune *Parazoanthus axinellae*, può insediarsi sulle colonie e iniziare una rapida colonizzazione. Crescendo anche fino a

10 cm/anno, *S. savaglia* può uccidere, ricoprendola, una gorgonia di 60 cm in poco più di cinque anni. Dopo di che, la sua crescita sarà molto lenta e potrebbe continuare anche per 3000 anni. *Savalia* è considerata un importante paleoindicatore e l'animale più longevo della Terra. Le gorgonie sono fra i principali organismi presenti nel coralligeno e le loro dinamiche sono regolate da temperatura e disponibilità trofica. Nel Mediterraneo i picchi di produttività sono in primavera e in autunno. L'estate è la stagione con la minore disponibilità trofica. Proprio per questo motivo l'accrescimento è in genere massimo durante la primavera e ridotto in estate, periodo in cui di solito si registra la riproduzione sessuale che avviene tramite la formazione di piccole larve chiamate planule. La maggior parte dei sospensivori riduce al massimo la propria attività metabolica durante il periodo estivo. Nelle gorgonie, per esempio, è facile incontrare i polipi chiusi soprattutto verso fine estate e non espansi come frequentemente capita nelle altre stagioni. Periodi prolungati di temperatura elevata e scarsità di cibo sono fattori che, soprattutto se concomitanti, possono innescare estesi fenomeni di mortalità massiva. Il coinvolgimento di possibili agenti patogeni resta per ora solo un'ipotesi.

Briozoi. Anche i briozoi, comuni e spesso abbondanti nel benthos del Mediterraneo, sono costituenti importanti del coralligeno. Si tratta di organismi coloniali, generalmente sessili, che, grazie ad un'ampia gamma di adattamenti morfologici ed ecologici, sono in grado di colonizzare una grande varietà di substrati e ambienti a differenti profondità. I singoli individui (zooidi) constano di parti molli (polipidi) di dimensioni inferiori al millimetro, protetti da scheletri (zoeci) e collegati a formare la

colonia (zoario). Le colonie sono spesso piccole e delicate, ma in alcune specie longeve possono talora svilupparsi formando costruzioni carbonatiche di notevoli dimensioni. Molte specie sviluppano colonie a morfologia eretta, spesso densamente ramificate, più o meno rigide in relazione al grado di calcificazione, fermamente attaccate al substrato attraverso una base incrostante più o meno sviluppata. Le forme erette rigide arborescenti hanno rami a sezione circolare o più o meno appiattita. Sono di taglia modesta, spesso epibionti su altri organismi (es. *Idmidronea* spp., *Entalophoroecia* spp., *Buskea* spp.) o anche di taglia elevata, come il falso corallo *Myriapora truncata*, e anche



Myriapora truncata

Smittina cervicornis, *Adeonella* spp., *Pentapora* spp., *Hornera frondiculata*, *Schizotheca serratumargo*. Il genere *Reteporella*, infine, ha numerose specie che formano delicate colonie simili a trine avvolte a formare le cosiddette rose di mare. Altre specie di briozoi hanno colonie flessibili perché composte da segmenti rigidi articolati da giunti chitinosi (es. *Cellaria*, *Margaretta*), o perché a calcificazione debole o assente (es. *Chartella*, *Hincksinoflustra*). Le forme incrostanti possono essere mono o pluristratificate, e colonizzano concrezioni organogene, organismi viventi, roccia e substrati di varia natura.

Su superfici piatte e levigate, come i talli algali o le foglie di *Posidonia*, generalmente si sviluppano colonie unilaminari molto piccole (*Microporella* spp., *Callopora* spp., *Fenestulina malusii*, *Electra posidoniae*) o piccoli ciuffi flessibili (*Crisia* spp., *Bugula* spp., *Scrupocellaria* spp.). Su substrati più consistenti, altre specie incrostanti si accrescono in più strati ordinatamente sovrapposti, mentre specie massive a ramificazioni tozze risultanti dalla sovrapposizione disordinata di zooidi.

Raramente i briozoi sono i costituenti principali o "costruttori primari" delle biocostruzioni del coralligeno. Tuttavia, essi rappresentano uno dei gruppi animali che maggiormente contribuisce alla sua edificazione con oltre 170 specie nel Mediterraneo e, solitamente, con numerose colonie. Il ruolo di biocostruttore primario è espletato solo da poche specie capaci di formare strutture erette relativamente grandi che, oltre a contribuire fattivamente alla biocostruzione con i loro consistenti scheletri carbonatici, si elevano rispetto al fondale circostante e riducono solitamente la corrente a livello locale.



Reteporella

Molti briozoi, tuttavia, svolgono il ruolo di "costruttori secondari" e "leganti". I primi, come le alghe laminari, formano incrostazioni che coprono, avvolgono e consolidano altri organismi a scheletro

rigido e anche a corpo molle. La temporanea incorporazione nella biocostruzione di questi ultimi organismi e la loro successiva decomposizione contribuisce alla creazione di cavità che potranno essere tappezzate e stabilizzate dai leganti che rivestono le pareti delle cavità interne riducendone i lumi, ispessendo e rinforzando quindi la struttura. Numerose specie criptiche di piccola taglia, sia incrostanti che erette, sfruttano proprio le microcavità e anfrattuosità create dall'accrescimento e dalla giustapposizione degli scheletri vivendo al loro interno e fungendo da "abitanti". Alcuni taxa, infine, a colonie erette rigide e più spesso flessibili, fungono da "intrappolatori" contribuendo a smorzare l'idrodinamismo locale e favorendo conseguentemente la deposizione del sedimento, la cui successiva e spesso precoce litificazione contribuisce a irrobustire ulteriormente la biocostruzione. Anche gli scheletri delle colonie degli intrappolatori costituiscono una parte bioclastica spesso rilevante di questi sedimenti. Al contrario, sebbene alcuni briozoi sviluppino colonie perforanti, capaci di approfondirsi nel substrato carbonatico fino a 1-2 mm dalla superficie, non è mai stato descritto un ruolo distruttivo da parte della fauna a briozoi nelle biocostruzioni coralligene. Le colonie incrostanti, che spesso superano alcuni centimetri quadrati in estensione, si alternano alle lamine algali, che si accrescono non strettamente addossate le une alle altre ma lasciando cavità più o meno ampie, quasi sempre con polarità opposta all'alga per la natura sciafila dei briozoi che, ad eccezione di un limitato numero di specie, colonizzano di preferenza la pagina inferiore. Al contrario, le incrostazioni di briozoi sono del tutto subordinate o assenti quando le lamine algali sono fittamente addossate. Questa differente distribuzione è stata

correlata con una maggiore predilezione dei briozoi per un idrodinamismo moderato e una loro esclusione dalle aree/fasi ad idrodinamismo particolarmente accentuato. Da sottolineare, inoltre, una marcata variabilità spaziale anche a scala di poche decine di centimetri che ha un parallelismo, a scala diversa, nei popolamenti delle grotte. In termini di massa carbonatica prodotta alcune specie di briozoi, come *Pentapora fascialis*, *Turbicellepora incrassata*, *Adeonella calveti*, *Celleporina mangnevellana*, mostrano valori rilevanti (30-300 g/m² in peso secco e in condizioni eccezionali fino a 1240 g/m² in peso secco per *Pentapora fascialis*)



Pentapora fascialis

e i briozoi rappresentano pertanto il phylum animale più importante in alcuni popolamenti del coralligeno e nelle facies di grotte semi-oscuere. Analogamente, è di estrema rilevanza la produzione carbonatica annuale stimata per *Pentapora fascialis* (>1000 g CaCO₃/m²), paragonabile a quella di alcuni coralli madreporari. Per quanto riguarda le interazioni trofiche, i briozoi che vivono nel coralligeno, come molti invertebrati bentonici, non utilizzano

come fonte di cibo altri organismi del coralligeno, ma stabiliscono relazioni con il sistema pelagico. Si nutrono cioè di microplancton e particelle organiche presenti nella colonna d'acqua, filtrando attivamente l'acqua circostante la colonia. Vengono quindi definiti organismi sospensivori. Per quanto riguarda l'occupazione del substrato diverse strategie sono state descritte per i briozoi, dalla competizione diretta con altri organismi sessili fino alla produzione di prodotti chimici biologicamente attivi. Quando un briozoo incontra un altro organismo, può crescere parzialmente sopra l'altro senza necessariamente distruggerlo, oppure può ricoprirlo totalmente inducendone la morte, oppure entrambi gli organismi crescono ricoprendosi parzialmente lungo il margine di contatto. È tipico il caso di specie che formano colonie planari estese e dei ciclostomi con colonie munite di estese lamine basali i cui bordi si accrescono molto rapidamente sollevandosi in modo da elevarsi al di sopra dei competitori e ricoprirli rapidamente. In alcuni casi, soprattutto in incontri fra colonie appartenenti a specie diverse di briozoi, la crescita può bloccarsi ad una certa distanza, probabilmente in seguito all'emissione di sostanze chimiche di riconoscimento o, molto più raramente e limitatamente a poche interazioni intraspecifiche, colonie originatesi da uno stesso clone possono coalescere continuando ad accrescersi in una direzione di crescita comune. Incrostanti pluristratificati possono utilizzare la gemmazione frontale per mantenere lo spazio precedentemente conquistato. Un'ulteriore strategia è quella delle specie erette che si sottraggono alla competizione per il substrato sollevandosi rapidamente e sviluppando

colonie arborescenti ramificate che consentono di accedere a fonti di cibo sospese in livelli più elevati nella colonna d'acqua. L'epibiosi è un fenomeno molto comune per i briozoi e nel coralligeno sono anche presenti casi in cui il briozoo può fungere da substrato (basibionte), può cioè ospitare sulla sua superficie altri organismi, inclusi altri briozoi, tollerando vari gradi di sovra-crescita o epibiosi. Tra alcune specie di briozoi e alcuni policheti è stato descritto un caso interessante di interazione: i vermi, appartenenti alla famiglia degli spionidi, producono gallerie nello scheletro di *Schizomavella cornuta* inducendo modifiche nella forma di crescita del briozoo. Analogamente alcuni idrozoi colonizzano la superficie frontale di briozoi le cui secrezioni carbonatiche ricoprono gli stoloni incrostanti formando una guaina protettiva; gli idranti, cioè la parte distale del polipo degli idrozoi, si nutrono di particelle prelevate dai lofori dei briozoi in una relazione descritta come commensalistica. Briozoi epibionti che si sviluppano su altri organismi caratterizzanti facies peculiari del coralligeno si accrescono in colonie ramificate, oppure formano strutture a "manicotto" attraverso un'espansione concentrica e la sovrapposizione di strati attorno alle ramificazioni dell'organismo ospitante. Talvolta altri organismi possono essere inclusi tra gli strati formati dal briozoo, aumentando la taglia e il peso del concrezionamento, specialmente se gli organismi inclusi posseggono a loro volta uno scheletro carbonatico. Ad esempio, gli assi denudati delle gorgonie *Paramuricea clavata*, danneggiate dalle mortalità che hanno colpito negli ultimi decenni molte specie di invertebrati del coralligeno, hanno subito un deleterio processo di colonizzazione soprattutto da parte di briozoi a scheletro carbonatico. Varie specie incrostanti tra cui

Rynchozoon spp., *Schizobrachiella sanguinea*, *Schizomavella auriculata hirsuta*, *S. cornuta*, *Turbicellepora incrassata* ed erette, quali *Margaretta*



Alcuni briozoi sviluppano colonie incrostanti che possono coprire completamente altri organismi (*Turbicellepora* su Gorgonia)

cereoides, *Pentapora fascialis*, *Reteporella grimaldii*, *Smittina cervicornis*, *Cellaria salicornioides*, colonizzano gli assi denudati di *Paramuricea clavata*. Le colonie incrostanti di briozoi rivestono prevalentemente le porzioni apicali, mentre le forme erette iniziano la colonizzazione delle porzioni basali e successivamente ricoprono indifferentemente tutto l'asse. Il peso degli epibionti può provocare la rottura delle ramificazioni delle gorgonie, in particolare delle porzioni apicali, riducendone notevolmente la taglia. Situazioni simili possono svilupparsi su altri organismi eretti del precoralligeno o della biocenosi delle grotte semioscure dove spesso anche colonie dell'ottocorallo *Corallium rubrum* possono essere rivestite da spessi rivestimenti di briozoi quali *Turbicellepora incrassata*. Interi rami spesso anche cariatati dall'azione demolitrice delle spugne clonidi possono così frammentarsi molto facilmente.

Tra gli invertebrati sessili del coralligeno vanno ricordati alcuni gruppi che, anche se meno diversificati e abbondanti, rispetto a spugne, cnidari e briozoi, sono comunque elementi caratteristici dell'habitat, e in molti casi rappresentano sia forme biocostruttrici o "leganti" la struttura portante del coralligeno, anche se con un minore potenziale rispetto ai gruppi sopra discussi, sia soprattutto forme biodistruttrici. Questi gruppi sono costituiti da policheti, molluschi, qualche raro crostaceo (cirripedi) e tunicati, rappresentati dalle sole ascidie.

Policheti, o vermi segmentati. Sono molto diversificati e ben rappresentati nella fauna sia sessile che mobile associata al coralligeno, soprattutto nelle microcavità (come endobionti), dove costituiscono uno dei gruppi dominanti di invertebrati. I policheti presentano un'organizzazione del corpo di tipo "metamerico", cioè una ripetizione seriale di segmenti lungo l'asse antero-posteriore, struttura che si osserva anche in alcuni artropodi; si differenziano morfologicamente il primo segmento cefalico (prostomio) e l'ultimo (pigidio) in cui si apre l'ano, e a volte si riscontra anche una variazione morfologica tra torace e addome (metameria eteronoma). Tra i policheti, le forme sessili del coralligeno sono rappresentate da numerose specie di serpulidi, vermi che possiedono un caratteristico tubo carbonatico in cui vivono, che è saldamente attaccato al substrato e da cui il verme fuoriesce solo con un ciuffo di tentacoli finemente pinnati (radioli principali e pinnole laterali) che serve per la respirazione e per l'alimentazione (filtrazione). Le specie più comuni sono *Serpula vermicularis*, *Protula* sp. (o verme intestino per la forma e grandezza del tubo, bianco e perfettamente cilindrico), *Hydroides* spp., *Spirobranchus*

polytrema, *Pomatoceros triquetter*, *Filograna* sp. Gli esemplari di quest'ultimo genere, in particolare, formano caratteristici agglomerati di sottili tubicini carbonatici che si uniscono a formare ammassi globosi con struttura a "filigrana" e di vari centimetri di diametro, che colonizzano preferibilmente i rami delle grandi gorgonie rosse (*Paramuricea clavata*) prediligendo quindi condizioni di forte corrente e ricambio d'acqua. Altre forme sessili tubicole di policheti sono i sabellidi, simili ai serpulidi ma con tubo membranoso, tra cui la familiare *Sabella spallanzanii*, o spirografo, *S. pavonina*,



Sabella spallanzanii

Myxicola aestetica e *Bispira mariae*, che si vedono spesso spuntare con i loro tubi e i loro cospicui pennacchi branchiali da piccole tasche di sedimento accumulato dentro le microcavità del coralligeno.

Molluschi. Rappresentano un phylum molto ampio di invertebrati e comprendono anche numerose specie terrestri e d'acqua dolce, sono caratterizzati nella maggioranza delle forme da un involucro carbonatico esterno, la conchiglia, che racchiude il corpo dell'animale e che può essere formato da un solo pezzo, spesso avvolto a spirale come in molti gasteropodi, o da due (bivalvi) o otto pezzi articolati (poliplacofori o chitoni).

La conchiglia è secreta da alcune ghiandole ed è spesso ricoperta da una espansione laterale del piede, detta mantello. Sono invece privi di conchiglia esterna i nudibranchi, tra i gasteropodi, e i cefalopodi (seppie, polpi e calamari) alcuni dei quali hanno però un sostegno interno (il famoso "osso di seppia"). Nell'habitat coralligeno sono particolarmente diversificati tra le forme sessili i bivalvi e tra quelle mobili e sedentarie i gasteropodi, inclusi diversi nudibranchi, e i chitoni. Alcuni bivalvi endobionti in particolare con la loro azione perforante rappresentano una delle componenti che maggiormente contribuisce alla demolizione della biocostruzione. Tra le forme epibiontiche ricordiamo i gasteropodi *Vermetus* sp. e *Serpulorbis arenaria*, e tra i bivalvi soprattutto il caratteristico spondilo (*Spondylus gaederopus*), ma anche *Anomia*



Spondylus gaederopus

ephippium, *Arca barbata*, *Chama gryphoides*, nonché *Pteria hirundo* una specie che tipicamente vive attaccata con il bisso ai rami della gorgonia rossa *Paramuricea clavata* e ben documenta un ulteriore esempio di forma epibionte specializzata. Vale la pena menzionare anche *Pinna rudis* (= *Pinna pernula*) che si osserva spesso nelle tasche di sedimento accumulato tra le cavità e anfratti del substrato solido, e che come

Pinna nobilis rappresenta una specie protetta. Tra le forme endobionti e perforanti, la più comune e conosciuta è senz'altro il dattero di mare, *Lithophaga*



Lithophaga lithophaga

lithophaga, che perfora il substrato formando caratteristici fori cilindrici, grazie sia ad una secrezione acida che all'azione meccanica delle valve. Altre forme perforanti, meno cospicue, sono *Gastrochaena dubia*, *Petricola lithophaga* e *Hiatella arctica*, che perforano in modo meccanico il substrato. *H. arctica* in particolare rappresenta uno dei maggiori biodistruttori del coralligeno. Sono comuni inoltre alcune specie che utilizzano le microcavità naturali per insediarsi e accrescersi all'interno del substrato, quali *Lima lima* e *Chlamys* spp., e di cui spesso si vedono fuoriuscire dalle cavità i filamenti sfrangiati del mantello. Tutti questi bivalvi sono dei filtratori e inoltre, come altri organismi a scheletro carbonatico (echinodermi, briozoi), contribuiscono a formare con le loro valve/gusci una caratteristica tanatocenosi, e il tipico sedimento detritico biogenico presente quasi sempre ai piedi delle falesie con coralligeno.

Crostacei. Appartengono al phylum degli Artropodi e rappresentano uno dei taxa più diversificati in ambiente marino, e possono essere considerati come l'equivalente a mare di quello che sono

gli insetti negli ecosistemi terrestri. Presentano il tronco in genere distinto in due parti, torace e addome: l'addome anche nei crostacei presenta una chiara organizzazione metamerica, con segmenti ripetuti lungo l'asse antero-posteriore. Il corpo è ricoperto da un involucro proteico formato da chitina che in alcune forme si può impregnare di calcare e assumere una consistenza dura e coriacea. La maggioranza dei crostacei presenta un *habitus* mobile o sedentario, l'unico gruppo sessile, considerato anche per altri aspetti anatomici un gruppo aberrante, è rappresentato dai cirripedi, che possiedono un involucro esterno carbonatico formato da diversi pezzi fusi assieme. Le forme più popolari di cirripedi sono i balani o denti di cane, molto comuni nella zona di marea o sopra il carapace di altri organismi e tra le forme incrostanti più frequenti anche nei substrati artificiali (*fouling*). Nel coralligeno sono presenti alcune specie epibiontiche di balani, quali *Balanus perforatus* e *Verruca spengleri*, mentre *Acasta spongites* vive all'interno di diverse spugne, dove si può rinvenire anche *Balanus spongicola*; *Megabalanus tulipiformis* è spesso associata a *Dendrophyllia ramea*, mentre *Pyrgoma anglicum* è associata ai madreporari *Leptopammia pruvoti* e *Astroides calycularis*, e *Conopea calceola* si osserva, lungo le coste meridionali dell'Italia, come epibionte su diversi gorgonacei.

Tunicati. I tunicati rappresentano un phylum affine ai vertebrati in quanto posseggono, almeno in fase larvale, un accenno di "corda" (una struttura di sostegno che nello sviluppo formerà la colonna vertebrale dei cordati). Come ricorda il loro nome, posseggono un involucro esterno, detto tunica, che avvolge il corpo e che rappresenta uno

dei caratteri distintivi del phylum. Le forme ad *habitus* bentonico dei tunicati sono rappresentate dalle ascidie che comprendono sia forme solitarie che forme coloniali in cui i singoli individui (ascidiozoidi) sono riuniti assieme in un'unica tunica. Le ascidie sono organismi filtratori e posseggono due caratteristici sifoni per l'entrata e l'uscita dell'acqua che viene filtrata attraverso un faringe molto sviluppato e con struttura a rete; colonizzano il coralligeno con una diversità notevole di specie, soprattutto se comparata ad altri ambienti, e sono rappresentate sia da forme coloniali sia solitarie caratteristiche, quali *Cystodytes dellechiaje*, *Halocynthia papillosa* e *Ciona edwardsi*, ma anche da altre specie che, anche se meno tipiche sono comunque frequenti. Tra esse le ben conosciute *Clavelina* spp., che formano spesso densi



Clavelina

agglomerati sopra i rami delle gorgonie sia rosse che gialle, alcune specie dei generi *Microcosmus*, *Polycarpa* e *Pyura*, e le forme coloniali di *Aplidium* spp., *Trididemnum* spp. Per alcune specie di ascidie, inoltre, si osservano fenomeni di epibiosi a volte cospicui, come nel caso delle specie del genere *Microcosmus*, che deve il nome al fatto che l'animale è così colonizzato da epibionti (macroalghe, piccoli policheti e briozoi, ecc.) da rappresentare appunto un microcosmo.

Biologia. Il corallo rosso (*Corallium rubrum*), è la specie marina di maggior valore economico; per questo motivo la maggior parte dei suoi popolamenti sono stati sovrasfruttati. Quest'importante e bella componente del coralligeno (esclusiva del Mediterraneo e del vicino Atlantico) fa parte della classe degli antozoi, dell'ordine degli ottocoralli (o alcionari) e della famiglia dei gorgonacei.

Il corallo rosso è un sospensivoro che si nutre prevalentemente di micro e nano plancton e di sostanza organica particulata che, trasportati (o risospesi coi sedimenti del fondo) dalle correnti, vengono catturati dai tentacoli pinnati dei numerosi polipi da cui la colonia è composta.

Lo scheletro interno delle colonie, di un rosso brillante, è costituito da carbonato di calcio ("calcite magnesifera") arricchito da silicio, stronzio, ferro e manganese. La colorazione, insieme alla durezza dello scheletro interno (che, a differenza di quello delle altre gorgonie, è lavorabile) rende questa specie particolarmente adatta alla produzione di gioielli e oggetti



Popolamento superficiale di corallo rosso caratterizzato da numerose ma piccole colonie

artistici di vario tipo. Il valore del corallo finemente lavorato può superare quello dell'oro.

Il corallo rosso è una specie a sessi separati (gonocorica): le uova vengono fecondate dagli spermatozoi prodotti dalle colonie maschili che raggiungono la cavità interna dei polipi delle colonie femminili e le larve (planule) vengono rilasciate da quest'ultime nel corso dell'estate. Le planule, che hanno una vita relativamente breve e sono dotate di limitate capacità di dispersione, si insediano vicino agli adulti. A causa di queste limitate capacità di dispersione, la specie tende a frammentarsi in sub-unità, parzialmente isolate da un punto di vista riproduttivo, geneticamente distinte tra loro. Si tratta di una specie molto longeva (le colonie possono superare i 100 anni di età), a crescita molto lenta (tra 0.24 e 0.62 mm/anno in diametro e pochi mm/anno in altezza); di queste caratteristiche sarebbe necessario tenere conto nell'impostare progetti di tutela e di sfruttamento razionale.

Il corallo rosso vive su fondali rocciosi tra i 20 e i 350 metri; nella parte superiore di questa fascia di profondità è insediato nelle cavità meno illuminate (è una specie moderatamente sciafila); in ambiente di grotta si trova anche a profondità minori. Oltre alla luce, un altro fattore che influenza la sua distribuzione verticale è la temperatura; questa specie vive al di sotto del termoclino estivo, a profondità alle quali la temperatura non supera normalmente i 21-22°C.

Vive in associazione con alghe rosse dei generi *Peyssonnelia*, *Lithophyllum* e *Mesophyllum*; spugne tra cui *Petrosia ficiformis*, *Dysidea avara*, *Phorbastenicior*, *Oscarella lobularis*, *Ircina variabilis*, *Axinella damicornis*, *Agelas oroides* e molte altre; con esacoralli (il più frequente è *Leptopsammia pruvoti* che sembra entrati in competizione con il corallo rosso); con molluschi, soprattutto bivalvi

(*Anomia ephyppium*, *Pholas dactylus*); con anellidi serpulidi (*Spirorbis*, *Protula*, *Filograna* spp.), briozoi (*Reteporella septentrionalis*, *Smittina cervicornis* e numerose specie incrostanti). Il gasteropode (ovulide) *Pseudosimnia carnea* e il crostaceo (palemonide) *Balssia gasti* stabiliscono con le colonie di corallo una relazione di ectoparassitismo.

Nell'ambito dell'ampio intervallo di profondità in cui la specie vive è possibile distinguere due tipi di popolamenti: quelli più superficiali (tra i 20-50 metri di profondità), caratterizzati da colonie piccole e molto dense, il cui scheletro interno presenta spesso cavità dovute all'azione delle spugne perforanti (clionidi) e quelli che vivono più profondi, caratterizzati da colonie di taglia maggiore, meno dense. Soltanto le colonie di quest'ultimi popolamenti presentano un elevato valore economico.

I popolamenti meno profondi, pur avendo un limitato valore commerciale, sono d'altra parte molto importanti perché assicurano la sopravvivenza della specie e, a causa della loro accessibilità, costituiscono una forte attrazione turistica per le aree marine in cui sono presenti, permettendo la realizzazione di studi e sperimentazioni scientifiche *in situ*.

La storia del corallo rosso. L'interazione tra corallo rosso e cultura umana è molto antica; questo gorgonaceo è stato utilizzato per millenni per la produzione di monili, portafortuna, gioielli e oggetti artistici; i primi grani di corallo, rozzamente sbazzati, sono stati trovati in tombe del Mesolitico in Svizzera (risalenti a 15-20.000 anni fa!).

La storia dell'utilizzo e del commercio del corallo rosso è legata a quella delle principali civiltà; Egiziani, Fenici, Greci e Romani hanno diffuso il corallo in tutto il Mediterraneo e fuori, fino all'Estremo Oriente; gioielli e portafortuna di corallo rosso sono stati esportati dal Mediterraneo, lungo la via della seta, in Cina, Tibet

e Mongolia dove venivano e vengono tuttora utilizzati.

Nella cultura delle nazioni cristiane era, e in parte è ancora, diffusa la tradizione di regalare alle spose e ai neonati monili-portafortuna di corallo rosso; grandi pittori del Rinascimento quali Piero della Francesca e Andrea Mantegna hanno immortalato questa tradizione nei loro dipinti.

Diverse città che si affacciano sul Mediterraneo tra cui Algeri, Genova, Marsiglia, Pisa, Livorno e, per ultima (dai primi dell'Ottocento), Torre del Greco (Napoli), si sono succedute nel controllare la lavorazione e il mercato del corallo rosso. La città campana, in cui arriva la maggior parte del corallo pescato e molte migliaia di abitanti sono coinvolti in attività legate a questa risorsa, viene attualmente considerata "la città del corallo" per eccellenza. Negli ultimi anni l'artigianato del corallo si è diffuso anche in altri paesi mediterranei e nell'Estremo Oriente, soprattutto in Cina e a Taiwan.



Colonie di corallo rosso di queste dimensioni rivestono un notevole interesse commerciale

La pesca. Negli ultimi 30 anni la produzione della pesca del corallo in tutto il Mediterraneo si è ridotta di 2/3. Questa riduzione è avvenuta nei primi anni Ottanta del secolo scorso. Fino all'inizio degli anni Novanta l'Italia è stata il primo paese nella pesca del corallo rosso; il corallo veniva e viene pescato soprattutto in Sardegna e, in misura minore, anche nel Lazio, Campania, Puglia e Sicilia. Accanto alla pesca "ufficiale", soggetta a regolamentazioni che variano da nazione a nazione, esiste una pesca illegale diffusa in tutto il Mediterraneo sulla cui incidenza si hanno poche informazioni. Nella pesca del corallo venivano utilizzati in passato strumenti altamente distruttivi ("ingegno" e "croce di S. Andrea"; particolari tipi di draghe molto pesanti): venivano trascinati da un'imbarcazione sui banchi di corallo per strappare le colonie dal fondo roccioso, danneggiando sia il corallo che tutte le specie ad esso associate. Questi strumenti sono stati banditi dal Mediterraneo nel 1994.



Corallo rosso

In questa decisione l'intervento dei biologi Italiani che studiavano in quegli anni il corallo rosso è stato determinante.

In conseguenza della riduzione della pesca del corallo rosso mediterraneo viene importata in Italia (a Torre del Greco) una quantità progressivamente maggiore di corallo del Pacifico (appartenente ad altre specie del genere *Corallium*) che presenta un valore economico minore. Il corallo rosso mediterraneo costituisce attualmente soltanto il 30% di tutto il corallo lavorato a Torre del Greco.

Una considerazione generale è che la taglia media delle colonie pescate si è notevolmente ridotta nel tempo. La pesca commerciale del corallo è oggi indirizzata prevalentemente verso le popolazioni profonde, che contengono gli individui di taglia maggiore e quelli che presentano meno perforazioni; anche le popolazioni superficiali, tuttavia, vengono periodicamente sottoposte ad un prelievo indiscriminato in alcune aree del Mediterraneo, in Spagna e in Italia in particolare.

Conservazione, gestione e ricerca scientifica. Il corallo rosso costituisce uno degli esempi più eclatanti di risorsa marina sovrasfruttata, senza alcun criterio razionale di gestione del prelievo. E negli ultimi decenni in particolare, che lo sfruttamento di questa specie è diventato più intenso ed è stato reso ancora più dannoso dal miglioramento delle tecnologie di pesca.

Negli ultimi anni una nuova fonte di mortalità si è aggiunta a quella legata alla pesca: a causa dei cambiamenti climatici in atto, nel settembre 1999 nel Mar Ligure si è diffusa una massa d'acqua particolarmente calda che è giunta fino a 30-35 metri di profondità causando un'aumento della mortalità di diversi suspensivori, tra cui corallo rosso e altri gorgonacei. La causa potrebbe essere legata a batteri patogeni che diventano particolarmente attivi con l'aumento della temperatura.

Per una specie che, come il corallo rosso, è caratterizzata da tassi di riproduzione relativamente elevati e ampia distribuzione geografica e batimetrica, il rischio di un'estinzione globale nel prossimo futuro non è realistico; solo un drammatico cambiamento dell'ambiente mediterraneo potrebbe estinguere totalmente questa specie insieme a molte altre. Reale è invece il rischio dell'estinzione economica (scomparsa di popolazioni con colonie sufficientemente grandi e numerose da rendere economicamente vantaggioso il loro sfruttamento) o dell'estinzione di alcune popolazioni locali poco profonde. La ricerca può fornire indicazioni e modelli di sfruttamento utili alla tutela e gestione di questa risorsa.

Le differenti popolazioni di corallo rosso hanno conosciuto differenti vicende e presentano, quindi, strutture differenti. Le popolazioni inoltre vivono in ambienti diversi tra loro per l'intensità delle correnti e l'apporto di plancton. Per tutti questi motivi popolazioni di differenti aree geografiche presentano tassi di crescita e di riproduzione diversi. Tutte le conoscenze relative alla struttura, la mortalità e la riproduzione di una popolazione permettono di costruire la sua tabella demografica. I dati raccolti rendono possibile simulare, con una buona attendibilità, i cambiamenti di una popolazione nel tempo e le risposte ad aumenti della mortalità (dovuti alla pesca o ai cambiamenti climatici). Il ruolo della ricerca scientifica dovrebbe essere quello di indicare strategie per una gestione razionale di quest'importante risorsa mediterranea impostate su basi demografiche. Sono attualmente in corso esperimenti volti a favorire la crescita delle colonie di corallo su particolari substrati semi-naturali.

Il ruolo delle Aree Marine Protette. Come abbiamo visto una distribuzione geografica e batimetrica molto ampia mette al riparo questa specie da rischi di

estinzione globale; tuttavia l'estinzione da alcune aree limitate è già avvenuta ed è sempre possibile che, a causa della riduzione della taglia delle colonie, non esistano più popolazioni sfruttabili dal punto di vista commerciale. È molto importante pertanto, che, accanto a nuove regole per una pesca controllata, si stabilisca anche la tutela delle popolazioni che vivono a bassa profondità. Queste popolazioni, pur avendo un valore economico ridotto (le colonie di corallo sono piccole e spesso perforate), sono importanti perché, se protette, assicurano un gruppo di sicuri riproduttori per la specie.

Alcune aree marine protette, ad esempio Portofino, l'Arcipelago Toscano, Punta Campanella in Campania e Capo Caccia in Sardegna, ospitano popolazioni poco profonde di questa specie. I dati relativi alle Isole Medas, Area Marina Protetta da circa vent'anni, sono confortanti in questo senso perché indicano un netto, anche se lento, recupero della popolazione locale di corallo.



Pleraplysilla spinifera, spugna associata al corallo

■ La fauna vagile

La complessità strutturale del coralligeno dovuta essenzialmente, come già evidenziato, alla biocostruzione da parte di numerose forme vegetali e animali e al suo equilibrio dinamico con la bioerosione, è alla base anche della elevata diversità di forme mobili che è possibile osservare in questo ambiente.

Per fauna mobile si intende l'insieme delle forme animali vagili, capaci cioè di attivi spostamenti volontari e autonomi, e sedentarie capaci comunque di movimento anche se piuttosto limitato nello spazio o nel tempo. La fauna vagile raggruppa un ampio spettro di organismi appartenenti a diversi phyla con caratteristiche, richieste ecologiche e ruolo funzionale molto diversi tra loro. Molte di queste specie presenti nel coralligeno si rinvencono spesso anche in altri habitat, quali quelli a macroalghe fotofile e sciafile dell'infralitorale o i sistemi a fanerogame, *Posidonia oceanica* in particolare. Tuttavia per la fauna vagile associata al coralligeno è riduttivo il paragone con i fondi duri più superficiali, se pure anche questi ultimi caratterizzati da dense coperture macroalgali o da cospicue concrezioni biogeniche (come le cornici a *Lithophyllum*).

Da un punto di vista tassonomico i principali gruppi della fauna vagile associati all'habitat coralligeno appartengono soprattutto ad anellidi policheti, molluschi, crostacei ed echinodermi, e in misura minore a sipunculidi, nematodi, turbellari ed echiuridi. Turbellari, o vermi piatti, e nematodi, anche se presentano livelli elevati di diversità, sono incospicui: hanno infatti dimensioni molto ridotte e fanno parte di quella che è definita come "meiofauna" (animali sotto i 0,5 mm di grandezza) e che anche nel coralligeno, così come in altri ambienti marini, vive nascosta tra i minuti interstizi formati da alghe e altri organismi. Policheti e molluschi sono stati già presentati nella parte dedicata alla fauna sessile; sipunculidi ed echiuridi sono invece phyla minori, poco diversificati; possiedono una struttura vermiforme del corpo non segmentata, relativamente semplice e caratterizzata da lunghe proboscidi retrattili.

I crostacei sono uno dei taxa più diversificati anche nella fauna vagile associata al coralligeno, soprattutto con il gruppo dei peracaridi che comprende forme di piccole dimensioni (anfipodi, isopodi, tanaidacei, cumacei e misidacei) e con una morfologia peculiare dei pezzi boccali; sono inoltre tutti a sviluppo diretto (incubano le uova in sacche esterne, dette marsupi, da cui escono direttamente i piccoli). Molto diffusi, caratteristici e abbondanti in ambiente coralligeno anche i crostacei decapodi che presentano invece dimensioni più grandi, 5 paia di zampe ambulatorie (da cui il nome), e forme che sono sia natanti, quali gamberi e gamberetti, che reptanti sul substrato, quali granchi e i comuni paguri.

Fanno infine parte della fauna vagile anche i crostacei copepodi arpacticoidi, appartenenti alla meiofauna e gli unici ad *habitus* bentonico, rispetto alla maggior parte degli altri copepodi che sono invece tipicamente planctonici.

Gli echinodermi rappresentano infine un gruppo frequente con forme tipiche e piuttosto diversificate nell'habitat coralligeno. Fanno infatti parte di questo phylum le popolari stelle marine e i ricci, nonché le ofiure (o stelle serpentine), le oloturie e i crinoidi (gigli di mare). Nel complesso gli echinodermi possiedono una simmetria raggiata del corpo, uno scheletro carbonatico caratteristico, che nei ricci è il popolare guscio e che si riduce a piccole placche o scleriti nelle stelle marine e nelle oloturie, e un caratteristico apparato "idraulico" usato per la locomozione e la nutrizione, definito come sistema acquifero.

Come già messo in evidenza, l'elevata complessità dell'habitat rende difficile poter trattare separatamente l'epifauna vivente sopra il substrato o in associazione con alcune delle forme sessili animali più cospicue del coralligeno (spugne, cnidari e briozoi), e la criptofoana o endofauna, che popola invece le numerose cavità e micro-asperità interne alla impalcatura carbonatica biogenica del coralligeno. Molte forme infatti non solo vivono in parte nascoste nel substrato e in parte sulla sua superficie (il caso dell'echiuride *Bonellia viridis* di seguito illustrato è emblematico in questo senso), ma altre vivono nascoste durante il giorno e di notte sciamano alla superficie per nutrirsi o riprodursi, come nel caso di molti crostacei, molluschi e anche policheti. Pertanto nella trattazione che segue si indicherà volta per volta la collocazione preferenziale delle diverse specie (epi- o endobionti), e si metterà anche in evidenza il loro ruolo come distruttori della biocostruzione carbonatica, come perforatori, o come pascolatori dello strato vegetato più superficiale.



Ophioderma

Policheti. Rappresentano anche nell'ambito della fauna mobile uno dei gruppi più diversificati e abbondanti associati al coralligeno. Tra le forme epibionti dominano i rappresentanti della famiglia dei polinoidi, o "vermi a scaglie", poiché presentano il dorso ricoperto da escrescenze piatte ed embricate, spesso ricoperte da papille e tubercoli, tali da dare l'impressione di una corazza. Tali forme, tra cui le più comuni appartengono ai generi *Lepidonotus*, *Lepidasthenia* e *Harmothoe*, sono predatrici e sono altamente mimetiche, con colorazioni scure e variegate. Sempre come epibionte è spesso comune osservare, anche se limitatamente alle porzioni più meridionali delle coste italiane, ad eccezione dell'Adriatico, il polichete anfinomide *Hermodice carunculata*, detto vermocane



Hermodice carunculata

o verme di fuoco (*fire-worm*) in quanto possiede ai lati degli organi deambulanti (parapodi) cospicui ciuffi di sottili setole bianche e cave, contenenti una sostanza

irritante che provoca appunto la sensazione e gli effetti di una bruciatura. Il ruolo di predatore di questo verme nei riguardi dei polipi di gorgonie e madreporari è già stato menzionato. Un interessante caso di commensalismo specializzato, molto frequente nel coralligeno, è dato dal sillide *Haplosyllis depressa chameleon*, che vive simbioticamente con *Paramuricea clavata*.

È però come endobionti che i policheti sono presenti con una maggiore varietà di specie, soprattutto sillidi, piccoli vermi sia carnivori che erbivori, ma anche numerosi nereididi, lumbrineridi, fillodocidi ed eunicidi. Molti rappresentanti di queste famiglie comprendono anche forme che tipicamente colonizzano l'interno delle spugne e vi abitano come commensali, come *Haplosyllis spongicola*, o altre forme più specializzate come *Eunice siciliensis*, o *Dipolydora rogeri* più strettamente associate alla spugna *Cliona viridis*. Altre forme di policheti perforano gli scheletri carbonatici di madreporari e coralli tropicali, come gli eunicidi dei generi *Eunice*, *Lysidice* e *Marphysa*, e che come *Eunice norvegica*, sono presenti anche in associazione con i coralli bianchi profondi del Mediterraneo. Tra queste forme si ricorda *Lysidice ninetta*, che è stata osservata scavare gallerie complesse anche all'interno di rodoliti con struttura a pràlines, e che rappresenta anche una delle rare specie perforanti le scaglie di *Posidonia*. Tra le forme perforanti i carbonati una menzione speciale meritano gli spionidi *Dipolydora* spp. e *Polydora hoplura*, e il cirratulide *Dodecaceria concharum*, che scavano minuscole gallerie all'interno sia del substrato che dello scheletro di altri

organismi, soprattutto valve di molluschi bivalvi, ma anche numerosi briozoi e madreporari e contribuiscono, anche se subordinatamente, alla bioerosione del coralligeno. Nelle microcavità o negli anfratti del coralligeno, inoltre, si depositano sedimenti, favorendo la colonizzazione anche di molte specie sedentarie di vermi, con scarsa mobilità e quindi legate alla componente fangosa e fine del substrato, quali molte forme di spionidi, cirratulidi, terebellidi, dorvilleidi. Anche molte di queste specie più sedentarie vivono all'interno di spugne, che fungono da veri e propri "ostelli" per la quantità di endobionti che spesso ospitano. Tra i vermi non segmentati vanno ricordate alcune specie dai costumi criptici di sipunculidi, quali *Phascolosoma strombii* e *Aspidosiphon muelleri*. La prima possiede un'elevata azione perforante e bioerosiva della costruzione coralligena, mentre *Aspidosiphon* presenta un *habitus* molto peculiare in quanto vive con la parte posteriore del corpo all'interno della conchiglia di molluschi gasteropodi morti ed estromette all'esterno solo la lunga, caratteristica appendice anteriore. La specie è molto frequente anche nei fondi a rodoliti e nel detritico costiero in generale, ricco di resti di conchiglie. Tra i i vermi non segmentati, la specie più comune e tipica è senz'altro *Bonellia viridis*, echiuride di cui si osserva solo la



Bonellia viridis

lunga appendice anteriore verde scura terminante a T, che fuoriesce dal substrato e che non appena disturbata si ritrae nel corpo globoso che vive ben protetto all'interno della concrezione organogena. *Bonellia* è un organismo piuttosto complesso e interessante: le lunghe appendici anteriori che si osservano fuori dalla roccia indicano che ci troviamo in presenza di individui femmina; i maschi di questa specie sono ridotti infatti ad un piccolo e amorfo individuo vermiforme di pochi millimetri di lunghezza che vive da semi-parassita sulla appendice anteriore della femmina. La stranezza di questo animale non si limita però a questo, ma è ben più strabiliante. Le larve che derivano dalla schiusa delle uova fecondate di questa "strana coppia", se si insediano sul substrato si trasformano a loro volta in femmine, se al momento della metamorfosi vanno ad insediarsi sulla appendice anteriore di una femmina adulta... si trasformano in maschi! È un caso inusuale di determinazione non genetica del sesso, ma indotta dall'ambiente, in questo caso l'incontro o meno con un individuo femmina della propria specie.

Molluschi. Tra le forme più caratteristiche dell'epifauna mobile del coralligeno sono frequenti e abbondanti i molluschi, in particolare alcuni polioplacofori (chitoni), con specie tipiche come *Chiton corallinus*,



Chiton corallinus



Neosimnia spelta, gasteropode associato alle gorgonie

Callochiton achatinus e *Lepidopleurus cajetanus*. La parte del leone tra i molluschi la fanno tuttavia i gasteropodi, alcuni con forme cospicue come i muricidi *Cymatium parthenopaeum*, *C. cutaceum*, *Muricopsis cristata*, forme carnivore predatrici soprattutto di ricci, il turbinide *Bolma rugosa* il cui opercolo, vistoso per colore e consistenza, è detto occhio di Santa Lucia, il buccinide *Buccinulum corneum*, o i rari tritoni *Charonia lampas* e



Charonia lampas

C. charonia, anche questi ultimi predatori che si rinvergono anche nel coralligeno profondo di piattaforma. Altri gasteropodi molto frequenti e caratteristici sono le specie dei generi *Calliostoma* e *Clanculus* che si nutrono di spugne, mentre *Coralliophila*, *Simnia*, *Neosimnia* e *Pseudosimnia* sono tipicamente associati ai gorgoniacei *Eunicella* spp., *Paramuricea clavata* e *Corallium rubrum*, dei quali predano i tessuti e che rappresentano alcuni dei soggetti maggiormente fotografati dai subacquei nel coralligeno. Non è raro incontrare anche alcune cipree, quali *Luria lurida* ed *Erosaria spurca*, fuori dai loro nascondigli all'interno delle micro-cavità. Molto ben rappresentate sono anche specie più minute di gasteropodi, associate a macroalghe sciafile a tallo molle o debolmente mineralizzato (*Flabellia*, *Halimeda*, *Peyssonnelia*), quali molti rissoidi, ceritidi, marginellidi.

Tra i gasteropodi inoltre non si possono dimenticare alcuni nudibranchi e altri opistobranchi che nel coralligeno sono presenti spesso con forme macroscopiche come *Umbraculum mediterraneum*, *Discodoris atromaculata* frequente anche in ambienti sciafili più superficiali (quali le grotte) e predatore della spugna *Petrosia*, e le specie dei generi *Hypselodoris* e *Marionia*, o con specie più minute dei generi *Flabellina*,



Flabellina

Thuridilla, *Coryphella*, tutte legate alla presenza delle loro prede che sono in genere spugne, idroidi e gorgonie. Tra i cefalopodi si segnala, infine, il familiare polpo comune (*Octopus vulgaris*) che si rifugia di giorno negli anfratti del coralligeno, ed esce di notte in cerca di prede, soprattutto crostacei decapodi e molluschi.

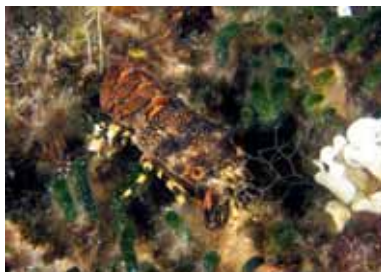
Crostacei. Una notevole parte della diversità degli organismi vagili del coralligeno è rappresentata dai crostacei, sia quelli più piccoli, come i peracaridi, sia i più macroscopici decapodi. Molti peracaridi, che comprendono soprattutto isopodi, anfipodi, e in misura minore tanaidacei e cumacei, sono associati soprattutto alle macroalghe sciafile a tallo molle che colonizzano il coralligeno, come nel caso degli anfipodi dei generi *Liljeborgia*, *Leptocheirus*, *Gitana*, *Amphilochus*, *Colomastix*, *Iphimedita*,

Stenothoe, *Cressa*, *Caprella*, *Dexamine*, *Elasmopus*, *Maera* e *Aora*.



Maera

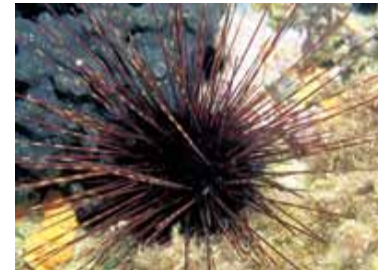
Alcune specie, tuttavia, sono più direttamente associate al coralligeno, come *Harpinia ala*, *Tryphosella simillima* e *Uncionella lunata*. Tra gli isopodi, le più comuni sono *Cymodoce truncata*, *Jaeropsis brevicornis*, *Paranthura nigropunctata* e *Gnathia maxillaris*, mentre tra i tanaidacei ricordiamo *Tanais cavolini* e *Leptocheilia savignyi*. È tuttavia tra i crostacei decapodi che si osservano le forme più comuni e popolari di organismi associati al coralligeno. Tutti hanno familiarità con l'aragosta, *Palinurus elephas*, che di giorno è facile osservare all'interno degli anfratti da cui fa spuntare solo le tipiche lunghe antenne frontali. La specie è invece attiva di notte e costituisce una delle prede preferenziali del polpo. Molto comuni sono anche le cicale di mare (*Scyllarus* e *Scyllarides*),



Scyllarus arctus

l'astice (*Homarus gammarus*), la galatea (*Galathea strigosa*) e il parapandalo o gamberetto fantasma (*Plesionika narval*), tipico abitatore delle grotte, ma che si può spesso osservare in piccoli sciame nei grandi anfratti alla base delle falesie. Molto abbondanti anche i comuni paguri (*Pagurus anachoretus*) e i granchi dei generi *Pilumnus*, *Inachus*, *Macropodia*. Una menzione speciale richiedono però alcune specie strettamente associate sia ad alcune spugne, sia al corallo rosso e ad altre gorgonie, e che rappresentano un ulteriore emblematico caso di simbiosi specializzata. Tra le forme associate alla spugna *Cliona viridis* si ricordano *Alpheus dentipes* e *Typton spongicola*, mentre molto più numerose sono le specie associate al corallo rosso, quali *Balssia gasti*, *B. noeli*, *Pandalina brevirostris*, *Periclimenes scriptus*, *P. sagittifer*, *Eualus occultus*, *Thoralus cranchii*, *Pagurus vreuxi*, *Nematopagurus longicornis*, *Galathea dispersa* e *G. nexa*, *Macropodia linaresi* ed *Euchirograpsus liguricus*. Il ruolo che queste specie svolgono nel microhabitat formato dai rami delle colonie di corallo non è ancora ben chiaro, anche se si intuisce che la maggior parte delle specie potrebbe utilizzare la colonia come area di caccia e *pabulum* e/o come rifugio dai predatori, e anche come area riproduttiva. Quella più studiata e che presenta gli aspetti di simbiosi e adattamento più accentuati con il corallo è *Balssia gasti*, un rappresentante dei pontonini, gruppo che presenta evidenti tratti co-evolutivi e adattativi con gli cnidari. La specie possiede un cromatismo mimetico molto accentuato, e una morfologia che simula la forma dei polipi chiusi della gorgonia, evidente anche quando la specie colonizza altre forme arboreescenti di gorgonie come *Eunicella* spp., *Savalia savaglia* e *Paramuricea clavata*, alle quali spesso si associa.

Echinodermi. In questo ambiente presentano la diversità più elevata riscontrabile per questo phylum nei vari ambienti mediterranei. Gli echinodermi sono rappresentati nel coralligeno da tutte e cinque le classi, ricci, stelle, stelle serpentine o ofiure, oloturie e crinoidi. Tra i ricci le forme più tipiche del coralligeno sono il riccio diadema *Centrostephanus longispinus*, unico rappresentante



Centrostephanus longispinus

mediterraneo di una famiglia, i diadematidei, tipica delle aree tropicali e caratterizzata da lunghi aculei sottili e con notevole proprietà urticante. Le due specie di cidaridi o ricci matita, *Cidaris cidaris* e *Stylocidaris affinis*, sono comuni anche nel coralligeno di piattaforma o associate ai letti di rodoliti, così come il riccio melone, *Echinus melo*. A queste specie più tipiche si accompagna *Sphaerechinus granularis*, riccio comune anche su *Posidonia*, che nel coralligeno rappresenta il principale erbivoro pascolatore delle alghe calcaree, e quindi uno degli organismi biodistruttori più importanti per l'habitat. Tra le stelle marine, le grandi *Ophidiaster ophidianus* e *Acellia attenuata* o la stella cuscino *Sphaeriodiscus placenta* sono potenti predatori di altri ricci e di molluschi, e rappresentano anche belle note cromatiche rosso e arancione sul fondo. Le ofiure o stelle serpentine presentano invece un *habitus* più criptico,

vivendo soprattutto all'interno delle microcavità e anfratti. Le specie più frequenti di questa classe sono *Ophioderma longicaudum* e *Ophiotrix fragilis*, mentre nelle porzioni più profonde delle falesie non è raro osservare, attaccata ai rami delle gorgonie, *Astrospartus mediterraneus*, di grandi dimensioni ed endemita del Mediterraneo, che distendendo le sue lunghe braccia pluriramificate soprattutto di notte ha un aspetto un po'... inquietante. Tra gli echinodermi sono anche molto comuni nel coralligeno le oloturie con *Holoturia poli* e *H. forskalii* e tra i crinoidi *Antedon mediterranea*. Rispetto al coralligeno di falesia e di piattaforma, i fondi a rodoliti ospitano una fauna mobile meno diversificata e con specie a diversa ecologia per la presenza di forme associate anche al detrito grossolano (come *Hyalinoecia* spp. e *Ditrupa arietina* tra i policheti), o nel caso di fondi infangati, al sedimento fine. In generale, poco si conosce degli aspetti quantitativi, e della dinamica di popolazione della maggior parte delle specie mobili sopra menzionate, così come della dinamica stagionale e a più lungo termine del sistema. La difficoltà di campionamento in questo delicato habitat, la sua elevata *patchiness* (distribuzione a macchie) e variabilità spaziale, e l'esigenza di contenere l'impatto anche dell'attività di ricerca e prelievo, hanno spesso limitato gli studi e quindi la disponibilità di dati e informazioni sulla maggior parte delle specie, se pur con qualche eccezione. Lo sviluppo, in anni più recenti, di tecniche non distruttive, sta contribuendo in maniera determinante alla conoscenza della dinamica di questo sistema anche se le osservazioni sono necessariamente limitate agli organismi più cospicui e facilmente riconoscibili (es. gorgonie, spugne, macroalghe ecc.).