

La biodiversità marina e il funzionamento degli ecosistemi

Ferdinando Boero, Alberto Gennari, Fabio Tresca, Anna Maria Miglietta

La biodiversità marina e il funzionamento degli ecosistemi

Ferdinando Boero, Alberto Gennari, Fabio Tresca, Anna Maria Miglietta



2010

Credits:

Ferdinando Boero (concetti)
Alberto Gennari (arte)
Fabio Tresca (grafica)
Anna Maria Miglietta (layout)

con il contributo di:

Giuseppe Alfonso
Genuario Belmonte
Stanislao Bevilacqua
Simona Bussotti
Doris De Vito
Simona Frascchetti
Adriana Giangrande
Cinzia Gravili
Giuseppe Guarnieri
Paolo Guidetti
Margherita Licciano
Anna Maria Miglietta
Luigi Musco
Stefano Piraino
Antonio Terlizzi

© 2010 Università del Salento, Italy

DiSTeBA (Dip. Scienze e Tecnologie Biologiche e Ambientali)

Stazione di Biologia Marina di Porto Cesareo (LE)

CoNISMA (Consorzio Nazionale Interuniversitario per le Scienze del Mare)

Museo dell'Ambiente

CMCC (Centro Euromediterraneo per il Cambiamento Climatico)



© 2010 CASPUR-CIBER Publishing

Pubblicazioni ecosostenibili

Via dei Tizii, 6 - 00185 Roma (Italy)

<http://www.caspur-ciberpublishing.it/>

<http://siba-ese.unisalento.it/>

eISBN 978-886561-003-9 (electronic version)

INDICE

INTRODUZIONE

La Biodiversità	pag. 7
Diversità strutturale, unità funzionale?	pag. 8
Un futuro per gli studiosi di biodiversità	pag. 9
Biodiversità e stabilità	pag. 10
L'evoluzione della biodiversità	pag. 11
Perché Biodiversità?	pag. 13

LE SPECIE E LA TASSONOMIA

Esempi di specie studiate dagli zoologi dell'Università del Salento	pag. 14
IL PLANCTON GELATINOSO E LA CAMPAGNA "OCCHIO ALLA MEDUSA"	pag. 16

GLI HABITAT DEL MEDITERRANEO

GLI HABITAT DEL MEDITERRANEO	pag. 36
Le lagune costiere	pag. 65
Il sopralitorale, la zona intertidale, il <i>Lithophyllum</i> e le foreste di alghe	pag. 66
Litorali sabbiosi e praterie di <i>Posidonia oceanica</i>	pag. 68
Ambiente pelagico: il necton (l'ittiofauna)	pag. 70
Dai pesci alle meduse	pag. 72
Grotte marine	pag. 74
I deserti causati dalla pesca del dattero di mare e dall'azione brucatoria dei ricci	pag. 76
Il coralligeno di parete	pag. 78
Il coralligeno di piattaforma	pag. 80
Le sabbie	pag. 82
Le formazioni coralline di mare profondo	pag. 84
COME FUNZIONANO GLI ECOSISTEMI MARINI	pag. 86

COME FUNZIONANO GLI ECOSISTEMI MARINI

La biodiversità marina	pag. 91
La vita è monofiletica	pag. 92
Quali sono gli organismi più importanti del pianeta?	pag. 92
I primi viventi, probabilmente, erano produttori primari ...	pag. 93
... poi diventarono anche decompositori	pag. 93
La complessità aumenta	pag. 94
Complesso vuol dire evoluto?	pag. 94
Il mondo oggi	pag. 95
Come funziona un ecosistema?	pag. 95
Flussi intraspecifici, interspecifici, extraspecifici	pag. 96
La via microbica	pag. 98

La via crostacei-vertebrati	pag. 100
La via dello zooplancton gelatinoso erbivoro	pag. 102
La via dello zooplancton gelatinoso carnivoro	pag. 104
Il quadro completo	pag. 106
Rapido ricambio	pag. 108
Stagionalità	pag. 110
Su piccola scala...	pag. 112
Il ruolo della storia	pag. 114
Chi mangia chi?	pag. 116
Quale è la posizione trofica dell'aringa?	pag. 118
Gli attori.... e un ospite speciale	pag. 120
I compartimenti, le specie, e noi	pag. 122
Scale temporali e spaziali	pag. 123
I musei naturalistici custodi della biodiversità	pag. 124
CONCLUSIONI	pag. 127

INTRODUZIONE

La Biodiversità

Uno dei moderni mentori della biodiversità è Robert May, un ecologo “matematico modellista” (proveniente dal mondo della fisica) che, ad un certo punto della sua carriera, ha scritto un articolo per *Science* (ripreso poi da *Le Scienze*) dove afferma che la sfida più importante per l’umanità è di conoscere (facendone un inventario) la diversità della vita sul nostro pianeta: la biodiversità.

Per May questo inventario è rappresentato “semplicemente” dal numero di specie e la domanda-base è *quante sono le specie?* Non sappiamo con precisione quante ne siano state descritte, ma sappiamo che, ogni anno, moltissime specie vengono descritte come “nuove”.

May dice che l’uomo sta causando enormi modificazioni degli ecosistemi del pianeta, facendo estinguere moltissime specie, spesso neppure descritte. Un esempio è la foresta tropicale, ma un altro può essere la fauna costiera, ingiuriata da un uso indiscriminato della risorsa mare.

I decision-makers (magari riuniti in conferenza a Rio) sono sensibili al problema e così tutti, indipendentemente dalla vocazione iniziale, sono diventati studiosi di biodiversità. Vale però la pena ricordare che sono la scomparsa delle specie e l’ignoranza sull’entità del patrimonio di specie del nostro pianeta ad aver portato all’interesse per la biodiversità. Gli studiosi dell’unità dei fenomeni biologici (dai biologi molecolari agli ecologi dei sistemi) hanno sempre dato poca importanza alla diversità, basti pensare all’esiguo numero di specie su cui lavorano i biologi molecolari e la banalizzazione degli ecosistemi in semplici livelli trofici che è frutto delle semplificazioni degli ecologi sistemici. Gli approcci molecolari ed ecosistemici sono stati (e sono tuttora) necessari per un progresso delle conoscenze non appesantito dall’amore maniacale per il dettaglio che contraddistingue i sistematici. Ma, oggi, il problema della biodiversità non riguarda le poche specie su cui si è studiato molto da un punto di vista unitario (e su cui si deve continuare a studiare, ma con altre motivazioni), riguarda invece le specie poco conosciute, quelle non ancora descritte o descritte in modo sommario, di cui si conosce a malapena il nome. L’accezione originale di biodiversità (le specie) può essere integrata, ma non può essere stravolta.

Diversità strutturale, unità funzionale?

Un altro articolo molto importante nel campo della biodiversità è quello di Hutchinson, l'omaggio a Santa Rosalia: *perchè ci sono così tante specie?* Una domanda provocatoria, che pone un problema che gli ecologi funzionali hanno cercato di aggirare. Tutte queste specie, con cui si gingillano i tassonomi, sono poi così "necessarie" perchè un ambiente funzioni in modo adeguato? Dobbiamo veramente curarci di questa diversità strutturale, visto che la funzione prevede una diversità senz'altro molto bassa? Gli ecologi funzionali, a questo punto, hanno ridotto la diversità strutturale a diversità funzionale, e i milioni di specie-specie sono diventati poche unità di specie-funzione: i produttori primari, i produttori secondari, i produttori terziari, i decompositori, gli spazzini e poco altro. Sono incluse nell'elenco anche le specie-chiave di volta (keystone species), responsabili del mantenimento di una determinata situazione (di solito si tratta di predatori che impediscono il sopravvento di specie molto competitive, mantenendo alta la diversità). Ogni scatola contiene moltissime specie, ma si dà per scontato che, insieme, le specie dei vari livelli trofici si comportino in modo unitario, per cui la diversità della struttura quasi non disturberebbe l'unità della funzione.

La diversità di una comunità, quindi, non si misurerebbe in termini di numero assoluto di specie, ma in termini di connessioni trofiche e di rapporti quantitativi tra gruppi di specie ritenute bene o male equivalenti. Queste concezioni sono molto utili per il progresso dell'ecologia, ma hanno portato alla quasi scomparsa della tassonomia, la scienza che riconosce la biodiversità strutturale. Qualche gruppo tassonomico riceve attenzione per motivi particolari (specie commestibili, specie indicatrici) ma si trascurano interi Phyla perché non ci sono possibilità di carriera per aspiranti specialisti.

Questo problema riveste interesse politico. Se i *decision-makers* investono risorse per la soluzione di un problema, i ricercatori si rivolgono verso quel problema. Se ci fossero finanziamenti per fare sistematica, molti ricercatori farebbero sistematica. Senza finanziamenti, la disciplina pian piano muore, oppure viene perseguita per hobby o per semplice necessità di identificazione. I finanziamenti arrivano, ad esempio, per il monitoraggio, e se ne spende qualche briciola per fare sistematica. Chiedere finanziamenti per la revisione di un genere indica per lo meno "ingenuità", visto che non si ottiene nulla. La checklist delle specie animali italiane, ad esempio, ha ricevuto un finanziamento di 5 euro a specie riportata. Questo significa che la lista doveva essere già pronta, altrimenti il finanziamento non avrebbe potuto coprire le spese per una seria ricerca bibliografica ed un'integrazione esplorativa di aree o gruppi tassonomici poco conosciuti.

A questo punto ci si potrebbe chiedere: vale la pena esplorare a fondo la biodiversità, intesa come numero di specie?

E' nella nostra natura cercare di conoscere il mondo che ci circonda e, inoltre, la nostra specie é il prodotto dell'aumento della biodiversità sul nostro pianeta. Se la biodiversità non fosse costantemente aumentata (con un corrispondente incremento della complessità degli organismi), noi non ci saremmo. L'uomo è adattato abbastanza bene a *questo* tipo di ambiente, caratterizzato dalle specie che lo abitano. Il nostro intervento, reso possente dall'evoluzione tecnologica, tende a modificare l'ambiente, cambiando le condizioni alle quali ci siamo adattati con l'evoluzione biologica. Ecologicamente, la nostra specie compete con il resto della biosfera: o le specie si assoggettano ai nostri desideri, o cerchiamo di annientarle. Come nelle equazioni di Lotka e Volterra, l'aumento del predatore (l'uomo) causa una diminuzione della preda (il resto dei viventi o, almeno, di quelli che vivono in uno stato "naturale"), ma questa diminuzione, a sua volta, causerà una diminuzione del predatore (noi). La curva della popolazione mondiale è in crescita, quella della diversità del resto dei viventi scende. Prima o poi toccherà a noi scendere, con conseguenze facilmente immaginabili. Molti vantaggi a breve termine si trasformano in svantaggi a lungo termine. Preservare la diversità di cui siamo il prodotto significa difendere le nostre radici naturali, significa garantirci il futuro. Ma non si può preservare ciò che non si conosce.

La fase esplorativa delle ricerche umane, in termini di analisi della diversificazione e della distribuzione dei viventi, si è arrestata prematuramente. I sistematici sono stati derisi ("acchiappa-farfalle") dagli altri biologi e un grande bagaglio di conoscenze sta per andare distrutto.

Un futuro per gli studiosi di biodiversità?

Il quadro è desolante e sembra non lasciare speranza. I vecchi tassonomi vanno in pensione e nessuno ne prende il posto: i giovani non cercano lavoro in tassonomia, anche perchè sono sicuri di non trovarlo. I giovani brillanti diventano biologi molecolari o ecologi applicati, oppure, se insistono con la tassonomia, sono costretti ad emigrare negli Stati Uniti, dove è in corso una strategia per rianimare la scienza della biodiversità: la tassonomia.

Ma forse ci sono speranze, anche se occorre modificare almeno in parte gli obiettivi. A nessuno piace imparare lunghe liste di nomi a memoria: la tassonomia serve per fare ecologia e biologia evoluzionistica. La lista di specie deve scaturire da ricerche ecologiche, evoluzionistiche e biogeografiche. A questo punto dare un nome alle specie

diventa un fatto automatico e la “lista” si fa da sé. Non si inizia a lavorare per fare l’inventario, ma per capire la storia e il ruolo di un certo gruppo di organismi. Spesso la tassonomia é invece concepita come lo studio di cadaverini racchiusi in tubetti messi in buon ordine sugli scaffali di qualche museo. Tassonomia significa studiare gli animali nel loro ambiente, allevarli e ricostruirne il ciclo biologico per conoscere tutti gli aspetti in cui si presentano, magari studiarne la morfogenesi e la struttura fine, finanche a livello molecolare, significa poi conoscere il loro ruolo nell’ambiente, come si comportano, chi mangiano e da chi sono mangiati, quanti ce ne sono e come sono distribuiti e, una volta saputo tutto questo, come si rapportano con le altre specie in un contesto evolutivo, in modo da costruire un sistema classificativo che rispecchi l’evoluzione del gruppo.

Biodiversità e stabilità

Ci sono diversi punti di vista nel considerare l’importanza della biodiversità a livello delle comunità. Uno é quello classico che dice che la biodiversità alta indica una grande omeostasi del sistema, portando ad un aumento di stabilità. Stabilità é una parola che indica un concetto normalmente ritenuto positivo, per cui se stabilità é “bene”, alta diversità é “bene”. Connell, con l’ipotesi del disturbo intermedio, ha esplorato le sfaccettature dei meccanismi che mantengono alta la diversità in una comunità, arrivando alla conclusione che livelli intermedi di disturbo (e quindi una tendenza all’instabilità) mantengono alta la diversità. Ma Pimm ha avanzato l’idea che alta diversità sia sinonimo di fragilità sistemica e che un complicato complesso di specie possa in effetti essere meno stabile di un gruppo compatto e limitato di specie. Forse un gruppo di poche specie é più resistente alle perturbazioni (nel senso che occorrono disturbi molto forti per smuoverlo dal suo assetto) ma, se si riesce a disturbarlo, la sua resilienza (la possibilità di ritornare alla condizione primitiva dopo aver subito un disturbo) é bassa. Un sistema ad alta diversità, invece, é facile da disturbare (e quindi poco resistente) ma é probabile che sia più facile, dopo il disturbo, un ritorno a condizioni simili a quelle iniziali (maggiore resilienza).

Il climax viene di solito considerato come un concetto positivo: il punto finale nello sviluppo di una biocenosi, qualcosa di simile alla maturità dell’adulto nel corso dell’ontogenesi. Ma, come suggerisce l’ipotesi del disturbo intermedio, la biodiversità in comunità climaciche (di solito caratterizzate da disturbo basso o raro) é bassa. Il climax vede la prevalenza di poche specie sulle altre e la sua “positività” contrasta con il concetto, altrettanto positivo, di biodiversità alta.

La biogeografia ci insegna che le comunità più diverse sono quelle tropicali, mentre man mano che si va verso i poli il numero di specie diminuisce: non a caso Connell considerò le formazioni coralline e le foreste tropicali come paradigmi di comunità ad alta diversità. Probabilmente questo ha qualcosa a che vedere con la resistenza delle comunità ad affinità fredda a forti perturbazioni di climi estremi e alla resilienza delle comunità ad affinità calda nei confronti di modificazioni meno drastiche ma più imprevedibili (biotiche anziché fisiche), caratteristiche di climi tropicali ed equatoriali.

Il Mediterraneo, in questo contesto, è un crocevia biogeografico di inestimabile valore. Le sue caratteristiche climatiche permettono la convivenza di specie boreali (attive soprattutto in inverno) e di specie tropicali (attive soprattutto in estate), più un ingente numero di specie endemiche che, comunque, sono attive in periodi più o meno limitati dell'anno (l'attività può essere la presenza funzionale, per le specie stagionali, o il periodo riproduttivo per le specie perenni).

La biodiversità del Mediterraneo, quindi, è molto alta come numero di specie (anche se non raggiunge quella dei mari tropicali), ammontando a circa 15.000 specie, ma potrebbe essere la più alta in assoluto (anche se questo andrebbe verificato) in quanto a strategie adattative e a gruppi funzionali che convivono in uno stesso sistema ambientale.

La biodiversità strutturale, a questo punto, va affiancata alla biodiversità funzionale, intesa non come diversità di funzioni (abbiamo già rilevato come le funzioni siano relativamente poche) ma come diversità di espletamento di tali funzioni. Se una funzione è espletata da tante specie che fanno la stessa cosa in tanti modi differenti, si arriva al concetto espresso da Hutchinson nel famoso paradosso del plancton, e nell'altrettanto famoso omaggio a Santa Rosalia.

Perché ci sono così tante specie, visto che fanno tutte la stessa cosa (o un numero limitato di cose)? Che cosa ha portato alla diversificazione della vita? Con questo si arriva direttamente alla biologia evoluzionistica.

L'evoluzione della biodiversità

I meccanismi "prossimi" per spiegare l'aumento della biodiversità sono genetici. Per i genetisti la biodiversità potrebbe essere la gamma di variabilità (diversità) genetica racchiusa nei rappresentanti di ogni specie. Su questa diversità agisce la selezione naturale e, a partire da questa diversità, si può avere la potenzialità per la produzione

di nuove specie (cioè un aumento della diversità ad un livello superiore). Ma i meccanismi “ultimi” che spiegano l'aumento della diversità sono eminentemente ecologici. So di cadere nella teleologia, e spero che si considererà con indulgenza ciò che sto per dire. La diversità genetica può essere considerata un “mezzo” per aumentare la diversità (ci spiega il “come”), mentre la diversità ecologica diventa il “fine” di un aumento della diversità (e ci spiega il “perché”). Di solito si dice che la domanda “perché” sia propria della biologia evoluzionistica ma, purtroppo, molta biologia evoluzionistica è diventata genetica *tout court*, con una pericolosa tendenza al riduzionismo. I geni, e l'espressione dei geni, devono fare i conti con l'ambiente e devono sottostare a leggi che non sono solo quelle della genetica. Il gioco si svolge nell'ambiente e la selezione naturale si svolge in un teatro dove le interazioni tra organismi sono di importanza assoluta.

Come in effetti è avvenuto, quindi, sono proprio gli ecologi a rendersi conto che la biodiversità è una caratteristica importante del modo in cui il fenomeno vita si manifesta. Ma gli ecologi, spinti dall'“invidia per la fisica”, hanno badato molto alla formulazione di modelli generali e si sono quasi sempre disinteressati delle differenze, cercando le unità più che le diversità.

La biologia si è quindi trovata “tirata” da due estremismi che portano, entrambi, ad una sottostima della diversità. Da una parte i fenomeni unificanti della biologia molecolare e della genetica, dall'altra i fenomeni unificanti dell'ecologia dei sistemi: gli organismi, visti da questi due punti di vista, sono poco importanti, le specie sono poco importanti.

Ora ci stiamo accorgendo dell'importanza di questi aspetti, ma ancora resiste un dualismo di approcci che porta ad una grande miopia. I biologi si sono chiesti tante volte quali siano le unità di selezione, cioè le entità su cui la selezione agisce. Per i genetisti sono i geni, per gli anatomo-comparati potrebbero essere gli organi, per i sistematici sono le popolazioni e le specie, per gli autoecologi sono probabilmente gli individui, per i sinecologi sono i livelli gerarchici organizzativi in cui può essere diviso un ecosistema.

Sistematici ed autoecologi hanno posizioni molto vicine. Forse si può dire che si trovano sulla cima di un monte dal quale possono guardare le “valli” della biologia molecolare e dell'ecologia dei sistemi. Gli individui (e le specie, considerate epistemologicamente come individui da molti biologi evoluzionisti) sono le uniche entità reali e relativamente indipendenti nel quadro organizzativo dei sistemi viventi. A questo punto occorre guardare in giù e vedere se è possibile mettere insieme i vari approcci. E forse sono proprio gli studiosi di individui (dagli organismi, alle popolazioni, alle specie) ad essere in grado di mediare gli estremismi riduzionistici dello studio della biodiversità.

Perchè *biodiversità*?

Ma è poi così importante rispondere a domande quali “perché le specie sono così tante (o così poche)”? Il fatto è che le specie sono tante e che il mondo funziona così. Forse la risposta non è “logica”, forse questa diversità è il prodotto del caso, e le cose funzionerebbero altrettanto bene se esistessero solo poche specie. Il fatto è che, sul nostro pianeta, la vita è molto diversificata. Lo studio delle comunità del passato mostra che le dimensioni della diversità sono andate man mano aumentando. Ci sono state crisi caratterizzate da estinzioni di massa, ma la tendenza è verso l’aumento. Forse si tratta di una caratteristica intrinseca della vita, di un processo a catena che non si può disinnescare e che potrebbe anche portare ad una crisi ultima, alla morte di quella che Lovelock chiama Gaia. Gli organismi nascono, crescono e muoiono. Niente di più facile che la vita sul nostro pianeta, dopo esser “nata”, cresca e sia destinata, prima o poi, a “morire”. Magari dopo aver rosicchiato tutto il rosicchiabile offerto dall’ambiente.

E’ ragionevole pensare che le specie del passato si siano evolute “ramificandosi”. Quella che dieci milioni di anni fa era una specie di successo ha dato origine a moltissime specie e, oggi, è rappresentata magari da una famiglia e da diversi generi.

Il problema dell’estinzione della vita, ovviamente, potrebbe essere molto lontano dal nostro presente (anche il sole si spegnerà, prima o poi, e allora saranno guai), per cui potremmo tranquillamente infischiarcene. Ma vedere la diversificazione dei viventi come un processo deterministico potrebbe rendere quasi inutile un chiedersi il perché della biodiversità. D’altra parte, ci potrebbe essere un limite al numero delle specie nella biosfera: una sorta di capacità portante della biodiversità.

A supporto di questa ipotesi potrebbe essere portato ciò che ci insegna la biogeografia: sistemi diversi producono diversi livelli di biodiversità. La domanda assoluta sul perché della biodiversità potrebbe essere scomposta in tante domande relative: perché all’equatore ci sono più specie che ai poli? Pare che la possibilità di espressione della biodiversità sia diversa a seconda delle condizioni ambientali. L’ipotesi del disturbo intermedio fornisce un’interpretazione a questo stato di cose.

A questo punto potremmo forse arrivare alla conclusione che la biodiversità sia un concetto stimolante ma non così importante, almeno da un punto di vista teorico, come potrebbe sembrare a prima vista. Biodiversità significa troppe cose e, in definitiva, non significa nulla, è quasi una tautologia. Il mondo è diverso perché è diverso, se non lo fosse giustificheremmo un tale stato di cose con motivazioni altrettanto valide.

LE SPECIE E LA TASSONOMIA

Restano ancora molte cose da chiarire, riguardo alla biodiversità. L'elemento base di tale concetto è la specie, e non siamo ancora arrivati ad un concetto di specie che sia accettato universalmente. Attualmente i concetti di specie sono:

MSC (Morphological Species Concept), si basa su somiglianze fenetiche; ISC (Isolation Species Concept), una comunità riproduttiva, condividente un pool genico e un sistema genetico; PSC (Phylogenetic Species Concept), un insieme di organismi accomunati da discendenza comune a partire da un antenato diverso da quelli di altri insiemi analoghi; RSC (Recognition Species Concept), un insieme di organismi accomunati da un comune sistema di fecondazione; CSC (Cohesion Species Concept), l'insieme più inclusivo di organismi accomunati a livello del sistema genetico, della fisiologia e dell'ecologia. Ognuno ha pregi e difetti e si può applicare più o meno bene a diversi gruppi di organismi. La biodiversità, essendo basata sul concetto di specie, soffre degli stessi problemi concettuali che affliggono la specie: sappiamo intuitivamente che cosa sia, ma abbiamo difficoltà a definirla in modo univoco. Non credo che sia giusto aggirare l'ostacolo e parlare di qualcosa senza definirlo. Non è possibile, in questo contesto, non entrare in ambiti che non siano anche filosofico- teorici ed è triste vedere come la biologia teorica, soprattutto in Italia, non trovi spazio adeguato sia a livello dei curricula di studi, sia a livello della ricerca scientifica "praticata". Questo denota sterilità culturale. Nessun fisico sperimentale si sognerebbe di irridere la fisica teorica (si troverebbe ad irridere anche Einstein), mentre i biologi (soprattutto in Italia) non irridono la biologia teorica per il semplice fatto che spesso addirittura ne ignorano l'esistenza (e si trovano ad ignorare Darwin e i suoi sia pur indegni continuatori).

Purtroppo molti tassonomi sono rimasti a livelli pre-darwiniani, praticando l'identificazione e la classificazione, senza curarsi degli aspetti sistematici (qui considerati come sinonimo di "filogenetici") della nostra scienza. Questa mancanza di evoluzione delle scienze della diversità verso concetti più moderni ha portato la sistematica ad una perdita di rispettabilità. Se ci ripresenteremo con l'impostazione dei tassonomi "classici", saremo destinati alla retroguardia e perderemo l'occasione per una rinascita delle scienze della diversità della vita.

Come ricordato in precedenza, la sistematica, oggi, dovrebbe praticare la ricostruzione della nicchia ecologica di una specie in tutte le fasi del ciclo, lo studio della plasticità fenotipica, del comportamento, dei rapporti filogenetici con le specie sorelle (avvalendosi di tecniche moderne, dalla biologia molecolare alla cladistica), spaziando quindi dalle molecole alle comunità. E questa dovrebbe essere la biodiversità. Forse, nell'ambito delle scienze della vita,

non esiste nulla di più eccitante da studiare.

L'esplorazione della biodiversità, quindi, parte dalle specie. Nelle pagine seguenti vedremo qualche esempio di specie studiate dagli zoologi dell'Università del Salento, alcune sono state scoperte per la prima volta in mari lontani, altre vengono da altri mari e tendono a stabilirsi da noi. Descrivere specie nuove è un'attività ancora necessaria. Si calcola che siano stati descritti due milioni di specie e che la biodiversità, che oggi abita il pianeta, ammonti a dieci milioni. Non è sorprendente, quindi, che si continuino a trovare specie nuove. La biodiversità, inoltre, cambia continuamente e le specie mutano le loro distribuzioni. Osservare le modificazioni della biodiversità, ed esplorarla, ci permette di valutare il patrimonio naturale del nostro paese.

Esempi di specie studiate dagli zoologi dell'Università del Salento

***Wuvula fabietti* Bouillon, Seghers, Boero, 1988**

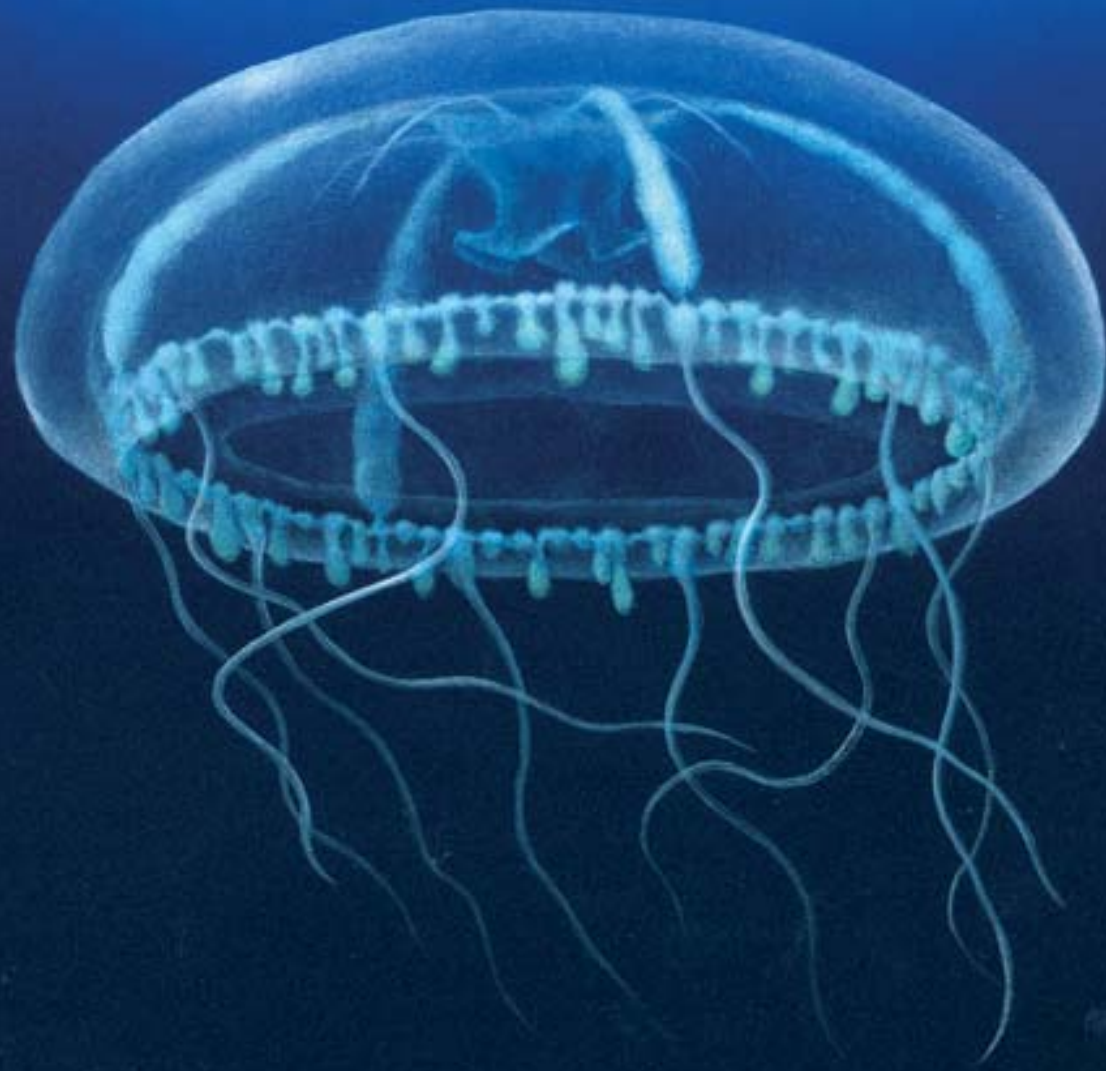
Il nome di questa specie onora Fabio Cicogna, che F. Boero chiamava Fabietto (perché era alto quasi due metri), co-fondatore, assieme a Boero e Bouillon, della Hydrozoan Society, nel 1985, a Ischia. Questa medusa è stata scoperta nella remota isola di Wuvulu, nel mare di Bismarck, al largo della Papua Nuova Guinea. La raccolta è avvenuta usando una piroga indigena per trainare il retino da plancton. Solo due piccoli esemplari sono stati trovati, misuranti pochi millimetri. Queste medusine, però, hanno una caratteristica molto particolare. Sul margine dell'ombrello, tra i tentacoli, sono presenti delle vescicole a forma di goccia. Al loro interno sono presenti grandi numeri di zooxantelle. Le zooxantelle sono alghe unicellulari che vivono in simbiosi con animali, alloggiando all'interno delle loro cellule. Le zooxantelle sono fotosintetiche e usano i prodotti di rifiuto del metabolismo dei loro ospiti come, in altri ambienti, le piante usano i nutrienti presenti nel terreno. Al vantaggio di essere liberati dai prodotti di rifiuto si aggiunge per gli ospiti la possibilità, in certe condizioni, anche di nutrirsi delle microalghe simbionti.

Ovviamente queste notizie non sono state ottenute dallo studio della simbiosi tra *Wuvula* e le zooxantelle. I coralli delle barriere coralline, infatti, presentano lo stesso tipo di simbiosi tra uno cnidario e un protista algale, ed è studiando i coralli che si sono approfondite le conoscenze su questa associazione.

Questi animali dotati di simbionti fotosintetici sono assimilabili, da un punto di vista funzionale, alle piante. Nelle piante, inoltre, gli organelli che rendono possibile la fotosintesi (i cloroplasti) hanno un loro corredo genetico, distinto da quello della pianta che li contiene (come avviene anche per i mitocondri), ad indicare che la possibilità di fotosintetizzare è stata acquisita dalle piante attraverso la simbiosi con organismi unicellulari.

Tra qualche milione di anni, forse, ci saranno animali fotosintetici in tutto e per tutto, se l'associazione diventerà stabile come quella tra piante e cloroplasti. Come considereremmo questi prodotti dell'evoluzione? Piante o animali?

O dovremo descrivere un nuovo regno? Ma è troppo presto per porsi questo problema!



1505

***Sphoeroides marmoratus* (Lowe, 1838) e la tropicalizzazione**

Il pesce palla *Sphoeroides marmoratus* appartiene alla famiglia dei Tetraodontidi ed è stato a lungo confuso con *Sphoeroides spengleri* dal quale si distingue per la presenza di due appendici nere sul dorso. In Mediterraneo sono presenti altre dieci specie di questa famiglia. Vive da pochi metri a circa 100 m di profondità su roccia e sabbia.

Presenta una fila di grossi punti scuri lungo il profilo ventrale, ventre bianco ed è molto marmorizzato.

La sua distribuzione comprende l'Atlantico dell'Est dal Portogallo fino l'Angola. Le segnalazioni in Mediterraneo sono scarse. Un esemplare giovane probabilmente di *Sphoeroides marmoratus* è stato recentemente catturato nel Mare di Alboran (Mediterraneo Occidentale) ma scambiato con *Sphoeroides spengleri*. Un individuo fu catturato a Gallipoli (Le) nel Settembre 1977. Queste osservazioni indicano che questa specie subtropicale si sarebbe già introdotta in Mar Mediterraneo negli anni Settanta ma senza avere grande diffusione come invece è successo per altre specie di Tetraodontidi.

Pietro Parenzan, il fondatore del Museo di Biologia Marina di Porto Cesareo, raccolse questo pesce palla e lo conservò in liquido per esporlo nel suo museo. Dopo tre decenni, con grande sorpresa, gli ittiologi dell'Università del Salento, Simona Bussotti e Paolo Guidetti, esaminando l'esemplare, erroneamente classificato come *Lagocephalus lagocephalus*, si accorsero che, in effetti, si trattava di *S. marmoratus*. Questo ritrovamento, a distanza di decenni, documenta l'ingresso di questa specie tropicale nel Mediterraneo e indica un momento iniziale della tropicalizzazione dei biota del mare nostrum. L'aumento di temperatura dovuto al riscaldamento globale, infatti, sta favorendo l'insediamento delle specie ad affinità calda e, quindi, il Mediterraneo sembra sempre più un mare tropicale.



***Sphaerosyllis boeroi* Musco, Cynar, Giangrande, 2005**

Lo studio della biodiversità dell'Area Marina Protetta di Porto Cesareo ha una lunga storia. Fu proprio Pietro Parenzan che, negli anni Sessanta, individuò in quest'area condizioni molto favorevoli allo sviluppo della diversità sia a livello di specie sia a livello di habitat. E' grazie agli studi pionieristici di Parenzan che il mare di Porto Cesareo è stato identificato come meritevole di diventare un parco nazionale: l'Area Marina Protetta di Porto Cesareo, una delle AMP a maggiore estensione lungo le coste della Penisola.

Gli anellidi policheti sono vermi marini molto importanti da un punto di vista ecologico e biologico. Se si effettua un campione sul fondo del mare, sia su fondo molle che su fondo duro, le probabilità che esso contenga policheti sono altissime. Studiare la biodiversità, prima di tutto, impone l'inventario delle specie attraverso raccolte mirate. La polichetologia è molto avanzata presso l'Università del Salento, grazie al lavoro di Adriana Giangrande e dei suoi collaboratori, primi tra tutti Margherita Licciano e Luigi Musco. Le collaborazioni tra i polichetologi leccesi e gli specialisti di altri paesi sono molto intense. Nel caso di *Sphaerosyllis boeroi*, Musco e Giangrande hanno lavorato assieme a Cynar, un eminente zoologo cipriota che ha trovato la stessa specie anche nelle acque di Cipro.

Quando Musco, Cynar e Giangrande hanno studiato gli esemplari di quella che poi sarebbe stata riconosciuta come una nuova specie, si sono accorti che non esisteva nessun polichete già descritto che avesse le loro caratteristiche. In questi casi, quindi, si deve descrivere una "nuova" specie. Proprio come fecero Bouillon, Seghers e Boero per *Wuvula fabiitti*. Il fatto che una specie sia "nuova" non significa, ovviamente, che non esisteva prima del suo ritrovamento! Semplicemente se ne ignorava l'esistenza. Resta da capire se questa specie è tipica del Mediterraneo o se, invece, si tratta di una specie che è arrivata nelle nostre acque da altri mari (ad esempio il Mar Rosso) dove non era mai stata scoperta prima. Eventuali futuri ritrovamenti di questa specie in acque Indo-Pacifiche potrebbero suggerirci questa possibilità. Per il momento è una specie endemica del Mar Mediterraneo.

Gli autori hanno voluto dedicarla a Ferdinando Boero che, dopo Pietro Parenzan, si è preso cura di promuovere la biologia marina presso l'Università del Salento, assieme a un gruppo di ricercatori che si è andato sempre più ingrandendo, e il cui lavoro ha portato Lecce ad essere inclusa nel network europeo di eccellenza su Biodiversità Marina e Funzionamento degli Ecosistemi.



***Pteriacartia josephinae* (Crisafi, 1976)**

Se chiedete a un biologo marino quali siano gli animali più importanti da un punto di vista funzionale, è facile che vi dirà: i copepodi. I copepodi, infatti, sono piccoli crostacei che vivono in sospensione nell'acqua (e quindi fanno parte del plancton) e, a parte alcune eccezioni, si nutrono di produttori primari: le alghe unicellulari che compongono il fitoplancton. I copepodi, a loro volta, sono mangiati dagli stadi giovanili dei pesci e sono alla base delle reti trofiche marine, costituendo il collegamento tra i vegetali (il fitoplancton) e gli animali di maggiori dimensioni. I copepodi sono piccoli, misurando pochi millimetri, e la gente comune ne ignora l'esistenza, così come ignora l'esistenza del fitoplancton. Ma sono proprio loro a permettere che la vita in mare abbia le caratteristiche che ha. E visto che il mare copre il 70% del pianeta, i copepodi sono gli animali più importanti del mondo.

Presso l'Università del Salento la copepodologia è molto avanzata, grazie agli studi di Genuario Belmonte.

Il nome scientifico delle specie è in effetti un binome, essendo composto da un nome generico, sempre maiuscolo, e da un nome specifico, minuscolo. Inoltre, accanto a genere e specie, si mette il nome dell'autore che ha descritto la specie e l'anno in cui la descrizione è stata pubblicata. Nel caso di *Pteriacartia josephinae* l'autore è Crisafi, un grande copepodologo siciliano, e l'anno di descrizione è il 1976. Il nome di Crisafi, però, è tra parentesi. Questo significa, secondo le leggi del Codice Internazionale di Nomenclatura Zoologica, che Crisafi attribuì la specie ad un genere che, attualmente, non è più ritenuto valido, almeno per "ospitare" quella specie. Crisafi, infatti, attribuì la sua specie al genere *Acartia*. La specie è molto abbondante nelle acque pugliesi ed è stata oggetto di approfonditi studi da parte di Belmonte che ha identificato profonde differenze tra le sue caratteristiche e quelle delle altre specie riferite al genere *Acartia*. Per questo motivo, Belmonte ha descritto un nuovo genere: *Pteriacartia*. Il nome significa *Acartia* con una pinna e si riferisce al fatto che le femmine hanno un processo a forma di pinna sul segmento genitale.

Acartia josephinae è quindi diventata *Pteriacartia josephinae* e Crisafi 1976 ... è finito tra parentesi!



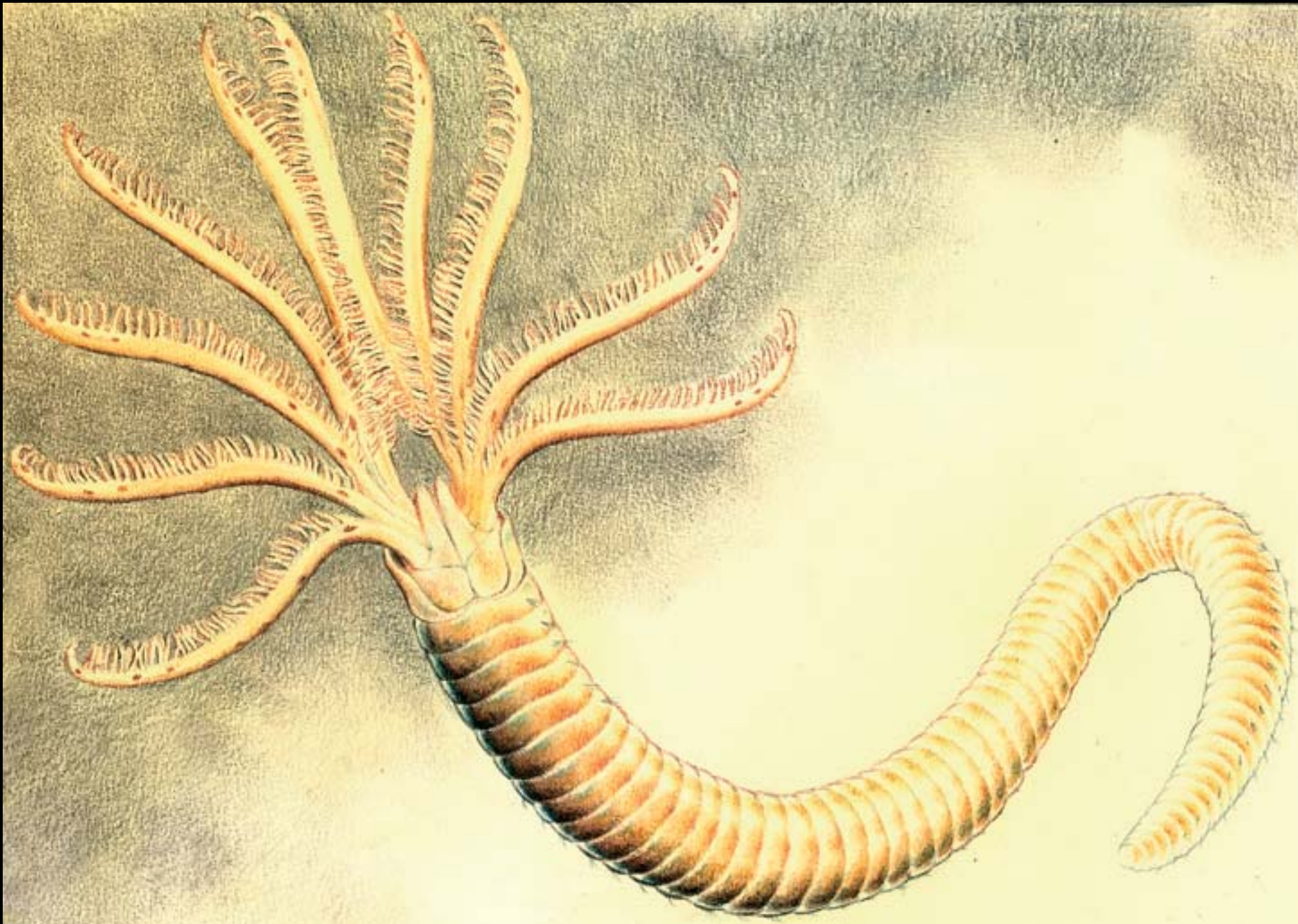
***Demonax tommasi* Giangrande, 1994**

Questo genere di policheti ha un nome evocativo, riferito a demoni o, persino, al diavolo. Chissà perché. Gli zoologi hanno spesso grande fantasia nel dare il nome ai loro animali.

Adriana Giangrande ha fatto la revisione di *Demonax*, un genere di vermi marini poco conosciuto, e ha compilato la lista di tutte le specie del Mediterraneo. La revisione si è resa necessaria a causa del ritrovamento di una nuova specie del genere (*Demonax tommasi*) e della prima segnalazione di *Demonax langerhansi* nel Mar Mediterraneo. E quindi ci sono due specie in più nel Mediterraneo, con un aumento della biodiversità conosciuta nei nostri mari.

I nomi delle specie sono a completa discrezione da parte dell'autore. Non è però considerato di "buon gusto" dedicare le specie a se stessi, e non sono accettati nomi offensivi nei confronti di qualcuno. Molti zoologi usano nomi geografici per battezzare le nuove specie, e quindi se, per esempio, i primi esemplari sono trovati in Salento, la specie può diventare *salentina*. Un'alternativa può essere di utilizzare un nome che descrive alcune caratteristiche salienti della nuova specie. Per esempio, una specie dal brillante colore rosso può essere chiamata *rubra*. In molti casi, tuttavia, gli zoologi donano alle specie (o taxa di ordine superiore, come generi, famiglie etc.) il nome di persone che vogliono onorare, collegando il loro nome a quello delle specie nuove per la scienza.

Nel caso di *Demonax tommasi*, Adriana Giangrande ha dato il nome del suo figlio di un anno, Tommaso, nato nel 1993, al suo nuovo verme (descritto nel 1994). Il nome diabolico del genere le sembrò molto appropriato per descrivere la personalità precoce (e diabolica) di Tommaso che, però, è diventato un ragazzo gentile e diligente. Ci sono zoologi che danno il nome dei loro animali ai loro figli, facendo un'operazione inversa a quella fatta da Giangrande nei confronti di suo figlio Tommaso. Un conto è dare il proprio nome a un verme, e tutt'altro conto è avere il nome di un verme!

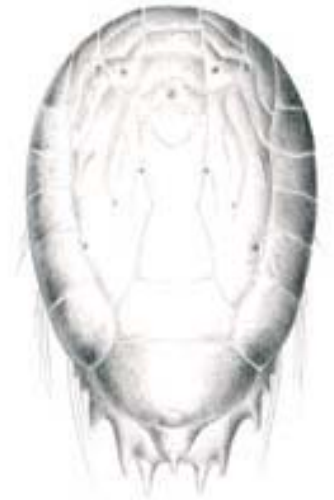
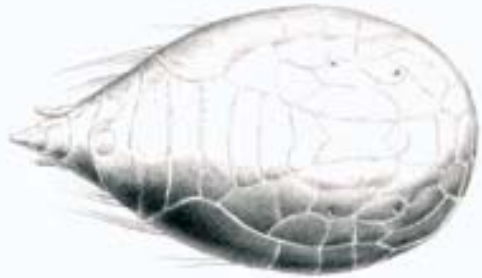
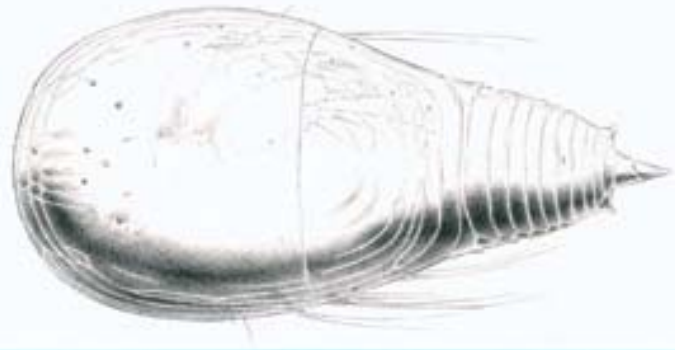


***Hansenocaris corvinae* Belmonte, 2005**
***Hansenocaris leucadea* Belmonte, 2005**
***Hansenocaris mediterranea* Belmonte, 2005**
***Hansenocaris salentina* Belmonte, 2005**

Se, in una discussione informale, si nomina il “tonno” e si chiede ai presenti cosa evochi la parola, molti diranno di aver pensato a una scatoletta con dentro il tonno sott’olio. Altri diranno di aver pensato a un grosso e buonissimo pesce, pescato nelle tonnare. In effetti, però, un tonno è anche un piccolissimo uovo che fluttua nell’acqua e poi una piccola larva che, piano piano, cresce fino a diventare il possente pesce che conosciamo. Gli animali sono cicli biologici e le loro larve e stadi giovanili possono essere molto differenti dagli adulti. La biodiversità è anche questo. E può accadere che larve e adulti siano talmente differenti che, se non si è ricostruito il ciclo in laboratorio, è difficile collegare i giovani con gli adulti. La stessa specie, quindi, può ricevere nomi differenti, a seconda di quali stadi sono stati descritti. Ovviamente, quando il ciclo viene conosciuto, prevale il nome più antico, secondo i dettami del codice di nomenclatura zoologica.

Esplorando il plancton delle grotte della penisola salentina, Genuario Belmonte ha trovato stranissimi crostacei riconducibili alla classe Facetotecta. Si tratta di animali che non sono mai stati descritti da adulti e potrebbero benissimo essere gli stadi giovanili di altri crostacei, magari ben conosciuti da adulti ma le cui larve e giovanili non sono mai stati descritti. Si presume che gli stadi adulti dei Facetotecta siano parassiti di altri animali, ma questa ipotesi non è mai stata verificata. Per il momento si tratta di un mistero zoologico.

I ritrovamenti di Belmonte, che ha dato nomi principalmente geografici alle “sue” nuove specie, sono di grandissima rilevanza e costituiscono un importante contributo alla conoscenza della biodiversità del Mediterraneo. Il nome *corvinae* non indica che la specie sia parassita delle corvine ma, invece, che la specie è stata trovata nella magnifica grotta delle corvine, a Porto Selvaggio. L’esplorazione delle grotte porta alla scoperta di molti organismi interessanti e riserva ancora moltissime sorprese.



***Phialella zappai* Boero, 1987**

Le meduse sono un esempio classico di specie che hanno forme molto diverse nell'ambito del ciclo biologico. Esiste uno stadio, il polipo, che vive attaccato al fondo e, spesso, forma colonie. I polipi originano dalla riproduzione sessuale. Lo spermatozoo feconda l'uovo, si forma una piccola larva, la planula, che ha una breve vita libera e poi si fissa al fondo del mare. La metamorfosi della planula la porta a diventare un polipo. Il primo polipo si riproduce asessualmente e, gemmando altri polipi, forma una colonia. A un certo punto le colonie iniziano a gemmare piccole meduse che si staccano e conducono vita libera. Le meduse sono lo stadio adulto e possono essere maschi o femmine. Di solito i gameti vengono liberati nell'acqua, dove avviene la fecondazione, si forma una planula e inizia un nuovo ciclo.

Molte specie sono state descritte due volte, una volta come polipi e una volta come meduse, e i due stadi hanno spesso nomi differenti. Ricostruire i cicli biologici e dare un solo nome alla specie si basa sull'allevamento in laboratorio.

Phialella zappai è stata scoperta da Ferdinando Boero nel 1983, durante un periodo di studio presso il Bodega Marine Laboratory dell'Università di California di Berkeley. La specie è dedicata al musicista Frank Zappa, per un semplice motivo: è il più grande musicista della seconda metà del Ventesimo secolo. Bè, questa è l'opinione di Boero, ma è condivisa da molti critici musicali. Zappa ha apprezzato molto questo riconoscimento, rispondendo all'offerta di Boero con una frase ormai "famosa": non c'è nulla che mi piacerebbe di più nella mia vita che avere una medusa col mio nome! E questa idea gli è piaciuta così tanto che ha scritto una canzone sulla "sua" medusa e sul suo descrittore: Lonesome Cowboy Nando. La canzone è stata suonata a Genova, nel 1988, durante l'ultimo concerto rock di FZ, ed è poi stata pubblicata nel doppio CD *You Can't Do That on Stage Any More Vol. VI*. La dedica della medusa è stata ricambiata, quindi, con una canzone. Zappa e Boero sono diventati amici, un'amicizia durata dieci anni, dal 1983 al 1993, anno della morte di FZ. *Phialella zappai* è raffigurata sulla copertina della monografia sugli idrozoi del mondo, pubblicata nel 2006 da Bouillon, Gili, Pagés, Gravili e Boero.



***Sparisoma cretense* (Linnaeus, 1758)**
***Colubraria reticulata* (Blainville, 1826)**
***Aplysia parvula* Guilding in Morch, 1863**

Il lavoro costante degli zoologi dell'Università del Salento, in questo caso Simona Bussotti, Simona Frascchetti, Paolo Guidetti e Antonio Terlizzi, aiutati dal malacologo catanese Danilo Scuderi, lungo le coste della penisola salentina permette di individuare specie inusuali, se si hanno conoscenze adeguate a percepirne l'insusualità. I pescatori hanno queste conoscenze, almeno per i pesci. L'arrivo di *Sparisoma cretense*, un coloratissimo pesce pappagallo, il cui nome ci rimanda all'isola di Creta, è stato immediatamente percepito. L'espansione verso nord di questa specie, di solito ristretta alla parte più calda del Mediterraneo, è un classico esempio di meridionalizzazione. Il Mediterraneo si scalda e questo permette alle specie che vivono bene in acque calde di espandersi dove prima non potevano vivere. Il fatto che una specie espanda il proprio areale può essere un episodio temporaneo, ma se le specie che si espandono sono seguite da specie accompagnatrici, il fenomeno sembra assumere una connotazione di una certa stabilità. Il mollusco gasteropode *Colubraria reticulata*, per esempio, si nutre del muco con cui *Sparisoma* si ricopre per passare la notte negli anfratti del fondo. Oltre al muco, pare che ogni tanto *Colubraria* si nutra anche del sangue del suo ospite.

Anche *Aplysia parvula* è una specie ad affinità calda che ora si può trovare lungo le coste salentine. Si tratta di un nudibranco, un mollusco gasteropode privo di conchiglia.

Queste specie non sono nuove per la scienza, sono state descritte due o tre secoli fa. Ma è una novità che abbiano espanso il loro areale dove, prima, non erano mai state trovate. La biodiversità risponde rapidamente ai cambiamenti del clima. Se l'acqua del Mediterraneo diventa più calda, le specie ad affinità calda si espandono, diventando il "termometro" biologico che ci dice la significatività del cambiamento. Se infatti le condizioni ambientali cambiassero e la biodiversità restasse la stessa, allora i cambiamenti climatici sarebbero insignificanti. Il loro significato diventa invece evidente quando si ha una risposta da parte della biodiversità. Oltre alle specie meridionali che salgono verso nord, ci sono poi centinaia di specie che arrivano dai tropici e si stabiliscono nel nostro mare. Meridionalizzazione e tropicalizzazione sono due facce della stessa medaglia: il mare si scalda e la biodiversità si adegua.



***Syllis mayeri* Musco e Giangrande, 2005**

Questo polichete è stato descritto dai polichetologi dell'Università del Salento in base a materiale raccolto nel mar dei Caraibi, a Carrie Bow Key, dove la Smithsonian Institution di Washington ha un laboratorio di biologia marina tropicale. La biodiversità dei tropici è ancora in gran parte non descritta, e ogni visita porta alla individuazione e descrizione di specie nuove per la scienza.

Syllis mayeri è simbiote di alcune specie di poriferi. Le spugne sono caratterizzate da grandi sistemi di canali attraverso i quali fanno circolare l'acqua che filtrano con particolari cellule flagellate. Questo rinnovo costante di acqua in uno spazio circoscritto fa sì che l'interno delle spugne sia l'habitat preferenziale di molte specie. La spugna offre rifugio da possibili predatori, ma nello stesso tempo, ricambiando l'acqua nel rifugio, fa sì che il cibo sia sempre disponibile in buona quantità. Simbiote in questo caso significa "che vive con". Molto spesso questa parola viene confusa con "mutualista". Il mutualismo è una forma particolare di simbiosi in cui entrambi i partner traggono vantaggi. La simbiosi tra la medusa *Wuvula fabietti* e le zooxantelle all'interno delle sue strutture a goccia è probabilmente un mutualismo: le zooxantelle rimuovono i prodotti di scarto del metabolismo della medusa, e la medusa offre rifugio. Entrambi i partner guadagnano dall'associazione. Nel caso di *Syllis mayeri* e delle spugne che la ospitano, invece, si potrebbe quasi dire che il polichete sia un commensale della spugna. In teoria la spugna non dovrebbe avere né vantaggi né svantaggi, mentre il verme avrebbe vantaggi. Potrebbe anche essere, però, che la presenza del verme renda meno efficiente il flusso dell'acqua nel sistema di canali di cui la spugna si serve per procurarsi il cibo. In questo caso la spugna avrebbe qualche svantaggio dalla presenza del verme che, quindi, potrebbe essere considerato un blando parassita.

Quando due specie vivono in simbiosi, il risultato dell'associazione può essere codificato con un + (vantaggio) con un - (svantaggio) o con uno 0 (indifferente). Nel caso del mutualismo il punteggio è ++ (entrambi guadagnano), nel commensalismo è +0 (uno guadagna e l'altro non risente di alcun effetto) mentre nel caso del parassitismo il punteggio è +- (il parassita ha vantaggi, l'ospite ha svantaggi). Non esistono casi in cui i due ipotetici interattori ricavino svantaggio dall'interazione (--). Solo gli esemplari stupidi della nostra specie riescono a danneggiare se stessi (-) danneggiando anche gli altri (-). Questa è forse la maggiore differenza tra la nostra specie e le altre.



***Zanclella glomboides* Boero, Bouillon, Gravili, 2000**

***Zancllea giancarloii* Boero, Bouillon, Gravili, 2000**

***Halocoryne frasca* Boero, Bouillon, Gravili, 2000**

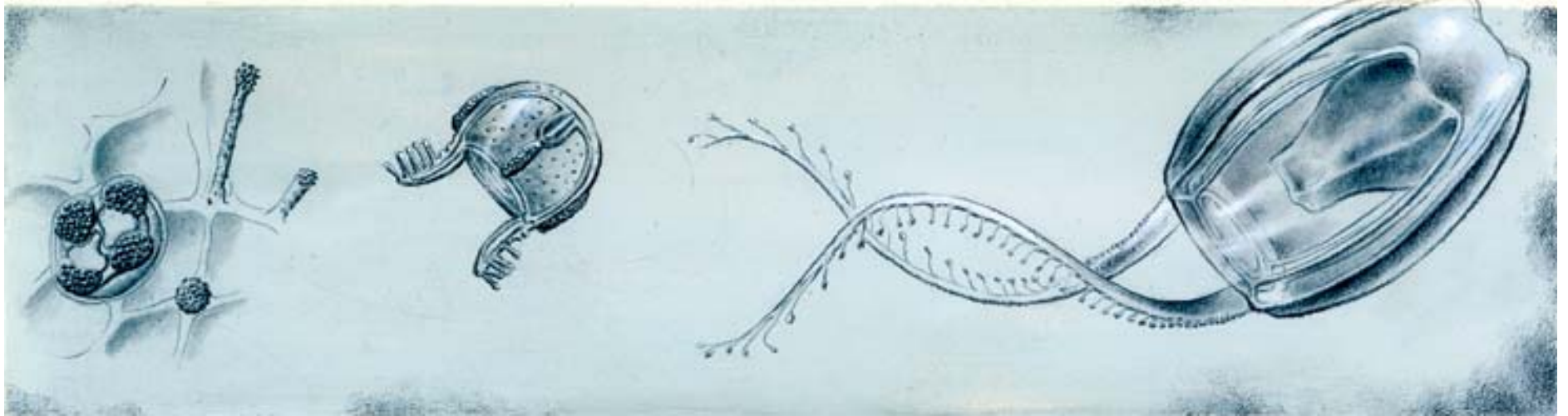
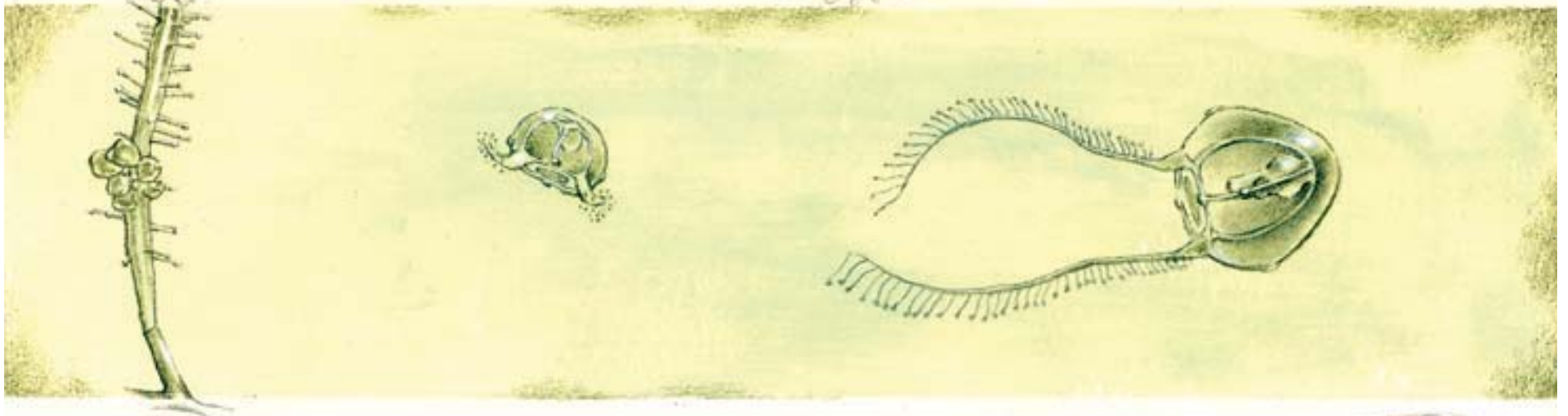
Uno dei primi casi di mutualismo dimostrato sperimentalmente è stato quello tra briozoi incrostanti e idroidi che vivono sotto il loro scheletro. I briozoi offrono protezione meccanica agli idroidi (i polipi di alcune meduse di piccole dimensioni) e gli idroidi, in cambio, scoraggiano i predatori dei briozoi con le loro batterie di cnidocisti, le cellule tipiche degli cnidari, quelle che fanno sì che le meduse siano urticanti. Il punteggio di queste associazioni è ++.

Gli idroidi simbiotici con i briozoi sono molto diversificati in Papua Nuova Guinea, dove sono state trovate *Zanclella glomboides* e *Halocoryne frasca*. La prima è stata dedicata a Gaia, la figlia di Ferdinando Boero che, quando era piccola, veniva chiamata Glombo. *Halocoryne frasca*, invece, è dedicata a Simonetta Frascetti, madre di Gaia, da molti amici chiamata "Frasca".

Zancllea giancarloii, dedicata a Giancarlo Stefanelli, marito di Cinzia Gravili, vive invece lungo le coste del Salento ed è anch'essa associata a briozoi.

Gli zoologi che hanno descritto queste specie hanno voluto dedicarle ai loro familiari, per la pazienza dimostrata nel sopportare il loro entusiasmo per organismi solo apparentemente insignificanti. In effetti, però, la biodiversità è proprio questo. Abbiamo descritto le specie più evidenti e quelle più comuni. Ma sono solo una minoranza rispetto a quello che la vita ha saputo evolvere nel corso della sua storia. La maggior parte delle specie è poco appariscente, e vive in ambienti ancora poco esplorati, come l'interno di una spugna o la superficie di un altro animale.

Di questi idrozoi, inoltre, è stato descritto il ciclo biologico, congiungendo lo stadio di polipo con quello di medusa. Le descrizioni delle specie, infatti, devono essere complete, se possibile, prendendo in considerazione tutti gli stadi del ciclo biologico.



IL PLANCTON GELATINOSO E LA CAMPAGNA “OCCHIO ALLA MEDUSA”

Gli oceani del globo stanno sempre più mostrando un aspetto a cui non eravamo abituati. Prima erano popolati da pesci, mentre ora sono popolati da meduse. Si dice, quindi, che ci sia un cambiamento di regime. I pesci sono diminuiti per un motivo molto semplice: li abbiamo presi noi. La natura aborre il vuoto, e se un attore viene meno (in questo caso i pesci) un altro attore prende il suo posto (in questo caso le meduse).

La parola meduse non descrive correttamente il fenomeno, bisognerebbe dire “il plancton gelatinoso”. Sono molto pochi gli studiosi di questa porzione della biodiversità e la presenza di plancton gelatinoso è irregolare. Non si può prevedere quando sarà presente, e questo lo rende molto difficile da studiare. Per questo motivo Ferdinando Boero, aiutato da Stefano Piraino, Cinzia Gravili e da Emanuele Prontera, ha ideato la campagna *Occhio alla Medusa*, nell’ambito delle attività previste nel suo ruolo di presidente del Comitato Ecosistemi Marini della Commissione per il Mediterraneo (CIESM). A questa campagna si sono associati il Consorzio Nazionale Interuniversitario per le Scienze del Mare (CoNISMa) e l’associazione ambientalista Marevivo. Lo slogan Occhio alla Medusa non avrebbe avuto la stessa efficacia se fosse stato, come la terminologia scientifica richiede: Occhio al plancton gelatinoso!

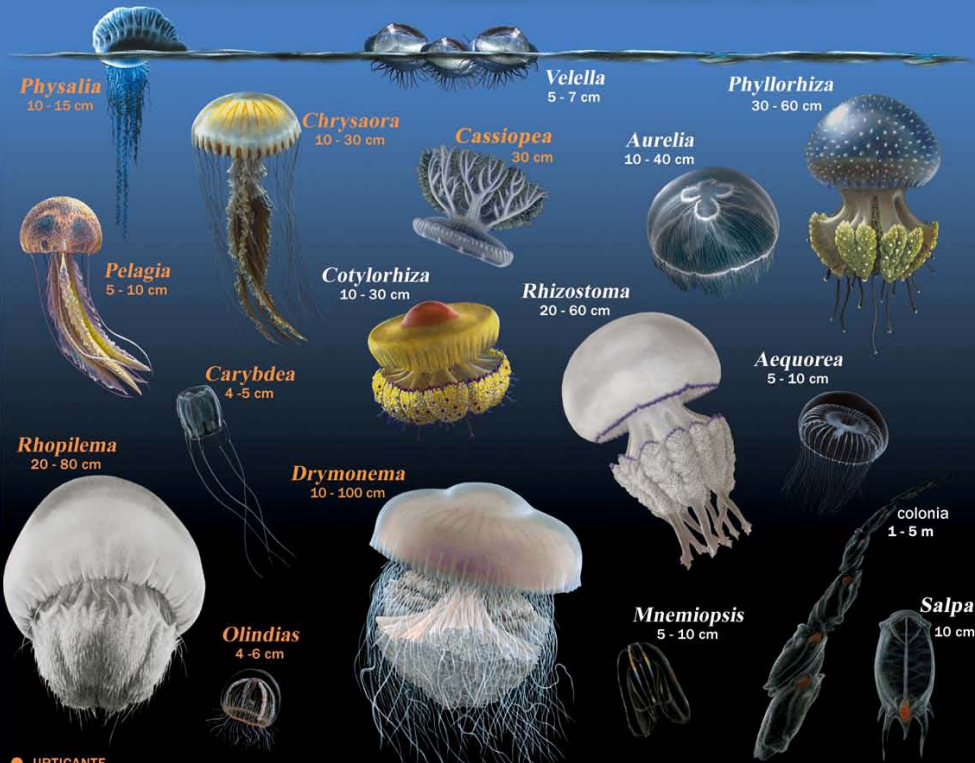
Centinaia e centinaia di cittadini hanno risposto all’appello di Boero, ed è stato possibile, nel 2009, ricostruire la presenza lungo le coste italiane delle principali specie di plancton gelatinoso del Mediterraneo. La scienza dei cittadini è uno strumento indispensabile per avere informazioni su eventi imprevedibili e difficili da studiare con i mezzi disponibili.

La campagna ha vinto il primo premio assoluto “Best Communication Award” al salone Big Blu di Roma e il premio come miglior campagna scientifica, sempre nell’ambito della stessa iniziativa. I risultati della campagna hanno raggiunto la copertina di Time magazine e sono stati menzionati anche dal New York Times.

Nel 2010 la campagna pilota, sperimentata con successo lungo gli ottomila chilometri di coste italiane, verrà estesa a tutto il bacino del Mar Mediterraneo e il manifesto, realizzato dall’artista Alberto Gennari e dal grafico Fabio Tresca (con la collaborazione del grafico Giuseppe Guarnieri), verrà tradotto in tutte le lingue dei popoli del Mediterraneo. La campagna 2010 è stata adottata dal mensile Focus, che le ha dedicato uno spazio sulla sua pagina web, per seguire in tempo reale le segnalazioni del pubblico.

Nelle pagine seguenti sono descritte le meduse riportate nel poster.

OCCHIO ALLA MEDUSA



● URTICANTE

Se vedete queste specie mandate la vostra segnalazione a : boero@unisalento.it
Il vostro aiuto è prezioso !

A CIESM CROSS-MEDITERRANEAN INITIATIVE



MANDATE UN MESSAGGIO (PREFERIBILMENTE CON FOTO DIGITALE) CON QUESTE INFORMAZIONI:

NOME DELLA SPECIE

LOCALITA': (nome e/o coordinate geografiche) acque costiere, al largo, spiagolate

ABBONDANZA : meno di 10, 10-100, 100-500, 500-1000, più di 1000

NUMERO DI INDIVIDUI PER METRO QUADRATO : meno di 10, 10-100, 100-500, più di 500

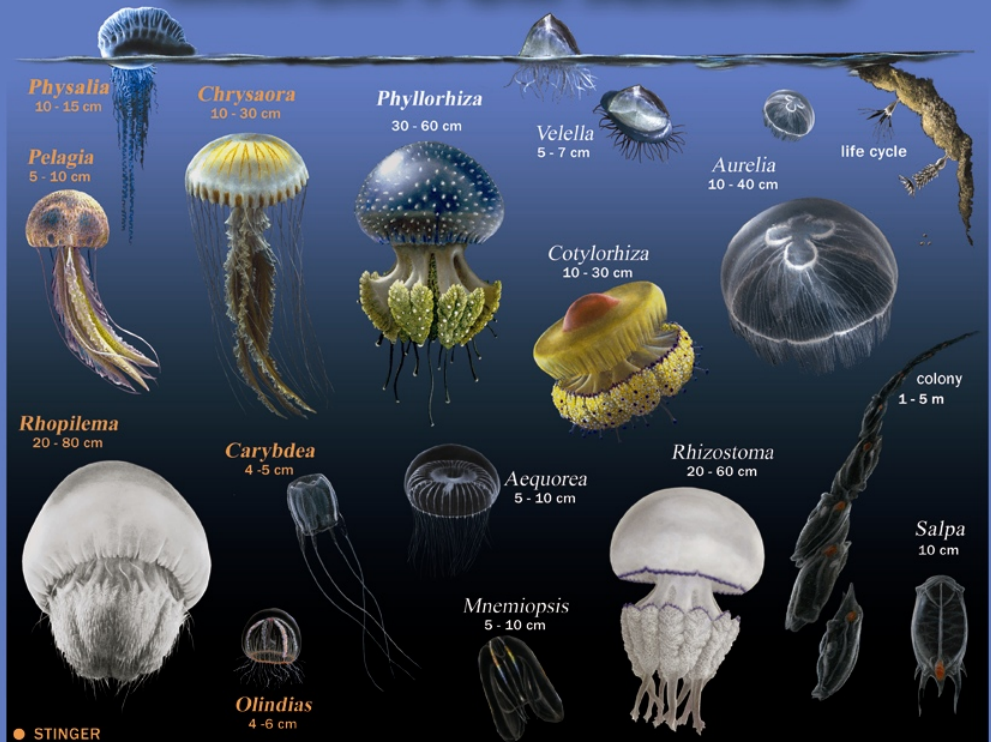
DISTANZA TRA GLI INDIVIDUI : 10 cm, meno di 1m, 1-5m, 5-10m, 10-20m, più di 20m

OSSERVAZIONE FATTA DURANTE : pesca, navigazione, immersione, nuoto, cammino lungo costa



Art: Alberto Gennari
Graphics: Fabio Tresca
Concept: Ferdinando Boero

WATCH FOR JELLIES



● STINGER

if you see masses of these species, take a picture and send your record to : your help is needed !



Send a message (preferably with a digital picture) with this information :

Name of jellyfish
Place of observation (zone number, name of place, coast or offshore)

A number indicating the types of occurrence
1 : individuals in rows 2 : individual in patches
3 : standard individuals

Approx. distance between jelly bells :
10 cm, <1 m , 2 m , 5 m , 10 m , 20 m , più di 20 m

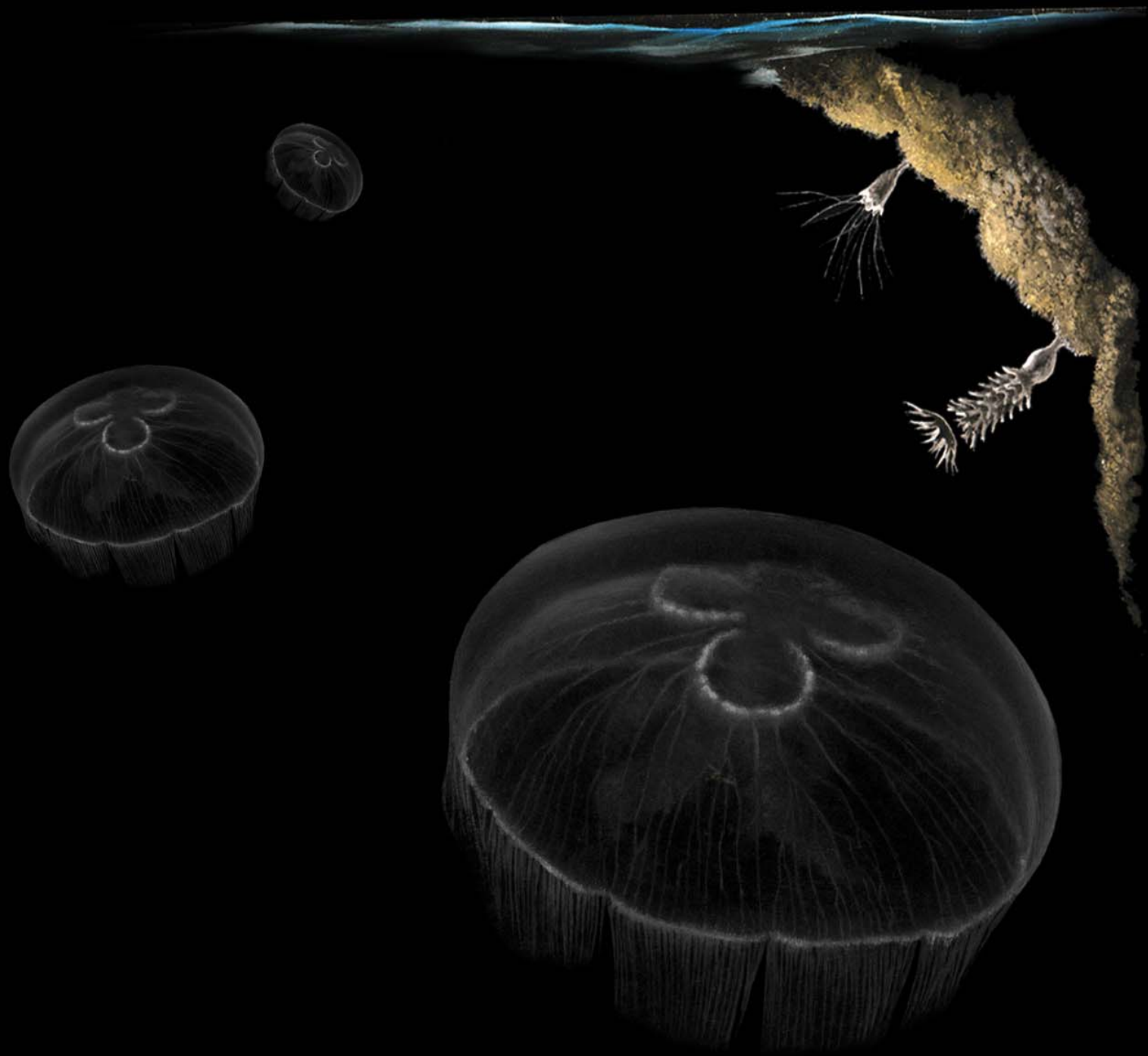


Art : Alberto Gennari Map : Giuseppe Guarnieri Graphics : Fabio Tresca
Concept : Ferdinando Boero

***Aurelia aurita* Linnaeus, 1758**

Aurelia vive in tutti gli oceani dell'emisfero settentrionale, dove può essere molto abbondante. L'ombrello misura fino a 30-40 cm, ha tentacoli sul margine, il corpo è discoidale, biancastro, con gonadi disposte in quattro cerchi visibili in trasparenza. Il manubrio ha quattro lunghe braccia orali. Molti canali radiali collegano il centro e la periferia dell'ombrello. Le meduse, come tutti gli cnidari, sono dotate di cnidocisti, organelli cellulari che iniettano un veleno più o meno potente quando l'animale entra in contatto con una preda o con un nemico. Il veleno di *Aurelia* è innocuo per l'uomo e questa medusa può essere toccata impunemente (in Cina questa medusa è un piatto molto popolare). Le meduse, però, sono molto delicate e i contatti possono danneggiarle: meglio non toccarle. Il ciclo di *Aurelia* può esemplificare il ciclo di molte meduse. La medusa rappresenta l'adulto e, dalla fecondazione delle uova di un individuo da parte degli spermatozoi prodotti da un altro individuo, deriva una piccola larva planctonica, detta planula.

La larva nuota e poi va a insediarsi sul fondo, dove si trasforma in un polipo, un piccolo animale con il corpo sacciforme, con una bocca circondata di tentacoli, con i quali cattura i piccoli crostacei di cui si nutre. Con l'arrivo della stagione favorevole, il polipo inizia il processo di strobilazione, si forma una serie di costrizioni sul suo corpo, che assume la fisionomia di una pila di piatti. Ogni "piatto" costituisce una piccola medusa, detta efira. Le efire man mano si liberano e iniziano una vita planctonica, crescendo fino a diventare meduse. Le meduse adulte si riproducono sessualmente, e il ciclo ricomincia. Ogni fecondazione porta ad una planula e un polipo, ma ogni polipo può produrre anche centinaia di piccole meduse. Quando le meduse scompaiono, di solito sono sul fondo del mare, sotto forma di polipi. E sono i polipi a produrne a miliardi, quando il mare si riempie di meduse. *Aurelia* vive bene in acquario e può essere osservata negli acquari marini di tutto il mondo.



Pelagia noctiluca* e *Carybdea marsupialis

Pelagia è uno scifozoo, come *Aurelia*, ma il suo ciclo non comprende una fase di polipo. Lo sviluppo dell'uovo fecondato porta ad una efira che poi diventerà una medusa adulta. L'ombrello misura una decina di centimetri, è armato di otto lunghi tentacoli che, estesi, possono raggiungere anche i dieci metri, la bocca è dotata di otto lunghe braccia orali, il colore del corpo è violetto. *Pelagia*, in piena estate, può formare dei banchi estesissimi che flagellano le coste anche per mesi, rendendo impraticabili le spiagge di lunghi tratti. La puntura è dolorosa e può lasciare segni che, col tempo, di solito scompaiono. Il veleno è termolabile, e l'applicazione di superfici calde (sabbia o sassi riscaldati dal sole) lenisce il dolore. Non si deve mai usare acqua dolce per lavare le zone punte dalle meduse. Se il dolore persiste, meglio rivolgersi in farmacia o in un pronto soccorso balneare. Nei primi anni Ottanta *Pelagia* è stata molto abbondante in tutto il Mediterraneo, poi è scomparsa e riapparsa ad intervalli più o meno decennali, ma dal caldissimo 2003 la sua presenza, soprattutto nel Mediterraneo Occidentale, è quasi costante. I banchi sono molto fitti e se arrivano ad un impianto di maricoltura, i pesci in allevamento possono essere uccisi. Dato che le meduse mangiano anche uova e larve di pesci, l'impatto sugli stock ittici e sulla pesca può essere devastante.

Carybdea marsupialis è un cubozoo, come le meduse mortali per l'uomo lungo le coste australiane. Il polipo non produce efire ma si trasforma totalmente in una medusa. *Carybdea* non ha un veleno mortale, le sue punture fanno male ma gli intensi effetti sono brevi. L'ombrello è cubico, misura pochi centimetri, è armato da quattro lunghi tentacoli. Il nuoto è molto vigoroso. Queste meduse sono attratte dalla luce e si avvicinano alla costa durante la notte. *Carybdea* sta diventando sempre più frequente lungo le nostre coste.

Pelagia e *Carybdea* sono tipicamente mediterranee e sono le meduse più urticanti dei nostri mari.



Verella vellella e Physalia physalis

Verella (Barchetta di San Pietro) e *Physalia* (Caravella portoghese) non vivono in sospensione nell'acqua, ma galleggiano sulla superficie del mare. Inoltre non sono individui singoli, come le meduse, ma sono colonie. *Verella* è una colonia di 4-8 cm, formata da polipi blu che, invece di vivere attaccati al fondo, come i polipi di *Aurelia*, sono attaccati a un galleggiante chitinoso munito di vela, che porta la colonia a spasso, con l'aiuto del vento. La colonia, verso la fine della sua vita di pochi mesi, produce meduse di pochi millimetri, gli adulti sessuati, che con la fecondazione produrranno planule da cui si svilupperanno altre colonie galleggianti di polipi. *Verella* può essere presente in sciami enormi, lunghi anche diversi chilometri. Inevitabilmente trovano una costa, e spiaggiano, ma questo di solito avviene alla fine del ciclo, quando le meduse si sono staccate dalle colonie. *Verella* è un idrozoa e produce meduse per gemmazione laterale dai polipi, rientrando per questo nelle idromeduse. Mentre gli scifozoi le producono per strobilazione (la pila di efire descritta in *Aurelia*). Anche *Physalia* è un idrozoa come *Verella*, ma non è un'idromedusa, è un sifonoforo. È formata da una colonia di forme polipoidi e medusoidi che coesistono. Una grande pneumatofora, una vescica piena di gas, fa galleggiare la colonia. Ci sono polipi dotati di bocca, che ingeriscono le prede, e polipi armati di cnidocisti dotate di un potentissimo veleno, molto efficace anche nei nostri confronti. In alcuni casi, l'incontro con *Physalia* può essere fatale. *Verella* è comune in Mediterraneo, mentre *Physalia*, pur essendo stata segnalata anche in passato, non si incontra di frequente. Nel 2009, però, ha colpito diverse volte nel Mediterraneo Occidentale, in Corsica, in Liguria e lungo le coste della Toscana. Alcuni bagnanti sono stati ricoverati in ospedale. La pneumatofora di *Physalia* può misurare 15 cm, ma i tentacoli possono raggiungere anche i 30 m, se completamente estesi. Chi viene colpito raramente vede l'animale, sente solo una fortissima scarica. *Verella*, invece, è innocua.



Mnemiopsis leidyi* e *Leucothea multicornis

Gli ctenofori sono gelatinosi come gli cnidari, ma non hanno cnidocisti e, quindi, non sono velenosi. I loro tentacoli hanno i colloblasti, organelli cellulari che si attaccano alle prede senza però intossicarle. Gli ctenofori, innocui per noi, non nuotano con le pulsazioni del corpo, come fanno le meduse, ma sono dotati di otto bande ciliate che, battendo, fanno da propulsori. L'iridescenza che si vede sui loro corpi è dovuta proprio alle bande ciliate che battono come tanti piccolissimi remi. *Mnemiopsis*, uno ctenoforo lungo poco più di 10 cm, è arrivata in Mar Nero negli anni ottanta, portata dalle acque di zavorra delle petroliere che, dagli USA, vanno in Crimea a rifornirsi di petrolio. In Mar Nero ha proliferato e ha dato origine a popolazioni enormi. L'ecosistema, indebolito da inquinamento e sovrappesca, non ha reagito bene all'invasore che, in poco tempo, ha depauperato le risorse ittiche, mangiando le uova e le larve dei pesci, e anche le prede planctoniche delle larve stesse. La sua azione è stata sia di predazione, sia di competizione con i pesci, all'inizio del loro ciclo. Per decenni *Mnemiopsis* non è uscita dal Mar Nero, se non per qualche apparizione sporadica nel Mar Egeo. Nel 2009, però, è stata trovata in grandi quantità in tutto il Mediterraneo, dalle Coste di Israele al Bacino Occidentale. Non sappiamo ancora se il suo impatto sarà come quello subito dal Mar Nero. Gli effetti sono subdoli, perché questi predatori non fanno scomparire i pesci con la loro presenza, fanno scomparire i futuri pesci, e il loro effetto ci diventa evidente, sotto forma di diminuzione del pescato, quando magari questi predatori non sono più così abbondanti o sono addirittura assenti.

In Mediterraneo gli ctenofori non sono inusuali, e il sistema ha una lunga storia di coesistenza con loro. *Leucothea*, lunga anche 20 cm, per esempio, ha caratteristiche che potrebbero renderla ecologicamente simile a *Mnemiopsis* ma non forma mai grandi sciame e il suo impatto per il momento è sempre stato minimo.



Rhizostoma pulmo

Le meduse più grandi del mondo misurano tre metri di diametro e arrivano a pesare 250 chili. *Rhizostoma* è la medusa più grande del Mediterraneo, dopo *Drymonema dalmatinum*, il diametro del suo ombrello può superare il mezzo metro, e può pesare fino a dieci chili. Il colore è bianco, con un orlo blu lungo il margine dell'ombrello. Il manubrio è grande, e assomiglia ad un cavolfiore bianco. Non ha una sola grande bocca, ma tante piccolissime bocche. I tentacoli sono corti e non sono armati di cnidocisti pericolose per noi. Spesso *Rhizostoma* diventa riparo per pesci pelagici, e ci sono granchi che vivono tra le sue braccia orali. L'uniformità della colonna d'acqua non offre ripari, ma queste grandi meduse, spesso presenti in grandissima quantità, diventano dei microcosmi utilizzati da altri organismi. Il portamento di *Rhizostoma* è maestoso, le pulsazioni sono lente e possenti. Una volta consci che non ci può far male, guardarla nel suo ambiente diventa uno spettacolo che ha pochi confronti, soprattutto se si osserva un banco in movimento. Sembrano astronavi aliene in navigazione spaziale. Non a caso, negli acquari di tutto il mondo, le meduse sono oramai tra le attrattive principali. Vederle nel loro ambiente è un'emozione ancora più grande.

Rhizostoma è considerata edule da molti popoli, prima di tutto i Cinesi. La sua abbondanza lungo le nostre coste potrebbe diventare allora una duplice risorsa. Potrebbe diventare un'attrattiva turistica, quando dovesse affermarsi la moda del jellyfish watching, e potrebbe anche diventare una risorsa alimentare, se la cucina mediterranea saprà valorizzarne le caratteristiche. Non dimentichiamo che le meduse sono fatte in gran parte di acqua. Mangiarle, quindi, fornisce un limitato apporto nutrizionale e questo potrebbe essere un grande vantaggio, vista la ipernutrizione che caratterizza le nostre diete. Cibo naturale, con pochissimi grassi, o, in alternativa, un elegantissimo spettacolo della natura.



Phyllorhiza punctata

Phyllorhiza appartiene alla stessa famiglia di *Rhizostoma*, in comune le due meduse hanno le dimensioni (anche più di mezzo metro) e la struttura generale. Ma mentre *Rhizostoma* è biancastra con un bordino blu, *Phyllorhiza* è biancastra-azzurra e coperta di macchie bianche, da cui il nome. Una medusa a pois. E' originaria dell'Australia, ma da qualche anno ha iniziato a girare il mondo. E' arrivata lungo le coste atlantiche degli Stati Uniti e ha fatto danni paragonabili a quelli che *Mnemiopsis* ha causato in Mar Nero. Anche *Phyllorhiza*, come *Rhizostoma*, non infligge punture dolorose e quindi non costituisce una minaccia per il turismo e per la salute umana. Però si nutre di plancton di crostacei e, probabilmente, di uova e di larve di pesci. Come *Mnemiopsis*, quindi, può essere sia competitore sia predatore dei pesci, interagendo negativamente con le loro larve. In concomitanza con gli sciami di *Phyllorhiza*, lungo le coste della Florida, il pescato è crollato. *Mnemiopsis*, autoctona di quel mare, non causa grandi problemi, ma una specie non coevoluta con il sistema, come *Phyllorhiza*, può causare flagelli. *Phyllorhiza* è stata segnalata qualche volta nel bacino orientale del Mediterraneo, probabilmente si trattava di esemplari entrati attraverso il canale di Suez. Nel 2009 un esemplare di *Phyllorhiza* è stato fotografato lungo le coste dell'isola di Tavolara, in Sardegna. E' la prima volta che questa medusa raggiunge il Mediterraneo occidentale, e si tratta della prima volta che entra a far parte della fauna italiana. Forse non farà proprio nulla, e questo arrivo rimarrà isolato. Oppure si tratta di un avamposto che potrebbe causare gli stessi effetti che hanno colpito le coste della Florida qualche anno fa. Come *Rhizostoma*, anche *Phyllorhiza* è bellissima e commestibile. Se ci abitueremo alla sua presenza, e la apprezzeremo, magari poi ci preoccuperemo se verrà improvvisamente a mancare!



Aequorea forskalea* e *Olindias phosphorica

Sono entrambe idromeduse, e gemmano lateralmente da forme polipoidi che vivono fissate al fondo. Non hanno grandi dimensioni, rispetto alle scifomeduse, *Aequorea* raggiunge i 10 cm di diametro, *Olindias* arriva a 7 cm. Non formano mai banchi estesi, ma possono essere localmente abbondanti. *Aequorea* non è urticante, e si distingue facilmente dalle altre meduse per i tantissimi canali radiali che congiungono il centro e il margine dell'ombrello appiattito. La bocca e il manubrio sono inseriti in un bulbo gelatinoso che parte dal centro dell'ombrello e si proietta verso il basso. *Aequorea victoria*, una medusa molto abbondante lungo le coste pacifiche del Nord America, ha permesso l'isolamento della proteina verde fluorescente (GFP), una sostanza alla base della fluorescenza di molte meduse. La scoperta ha portato ad applicazioni in campo diagnostico, permettendo di marcare specifiche linee cellulari. Gli scopritori e sintetizzatori della GFP hanno meritato il premio Nobel per la chimica nel 2008. Le meduse ci aiutano e ci rivelano segreti utilissimi.

Olindias ha un comportamento molto particolare. Dopo un periodo di riposo sul fondo, inizia a battere vigorosamente l'ombrello e sale verso la superficie, per poi lasciarsi cadere verso il fondo, con i tentacoli espansi. Durante la discesa la medusa pesca, catturando il plancton di cui si nutre. *Olindias* è leggermente urticante, quel tanto che basta per rovinare una giornata. Vedendole salire dal fondo si ha l'impressione che queste meduse ci stiano attaccando e che percepiscano la nostra presenza. Ma è solo un'impressione. *Olindias*, negli anni scorsi, è stata molto abbondante lungo le coste della Tunisia, causando notevoli problemi all'industria del turismo. Nel 2009 la presenza di queste meduse lungo le nostre coste è stata sporadica e non si sono registrati fenomeni di presenze massive.



Chrysaora hysoscella

Chrysaora è simile alla temuta *Pelagia* ma è molto meno urticante. Inoltre, almeno in Mediterraneo, pare non formi estesi banchi come accade, invece, per la sua cugina rossastra. L'ombrello di *Chrysaora* può raggiungere i 30 cm di diametro, il manubrio presenta quattro braccia orali che possono raggiungere anche un metro di lunghezza. La faccia superiore dell'ombrello è decorata con sedici bande a forma di V che partono dal centro dell'ombrello e raggiungono il margine, dove sono presenti 24 tentacoli, in gruppi di tre. *Chrysaora* vive in Atlantico e si spinge molto a nord, dove, ad esempio nei fiordi norvegesi, può raggiungere grandissime densità. In Mediterraneo, invece, non è mai molto abbondante, anche se è abbastanza frequente. Si tratta di un animale molto elegante, un soggetto perfetto per la fotografia subacquea. Molte specie di meduse sono a sessi separati e, quindi, possono essere o maschio o femmina. *Chrysaora*, invece, è ermafrodita proterandrica. Quando le efire si liberano dai polipi bentonici, per un processo di strobilazione, iniziano a crescere e diventano meduse giovanili. La prima maturità sessuale avviene precocemente, e gli esemplari di piccole dimensioni sono tutti maschi. Con l'aumentare delle dimensioni, le meduse cambiano sesso e diventano femmine. Dopo la maturità sessuale, la liberazione dei gameti e la produzione delle planule che, poi, si fisseranno al fondo e diventeranno polipi, le meduse muoiono. La loro vita è di solito di poche settimane, per le specie di piccole dimensioni, o di qualche mese per quelle più grandi. La fase più stabile è quella di polipo, che può vivere anche molti anni. Un polipo può dare origine a centinaia di meduse per molti anni di seguito. I polipi possono vivere senza produrre grandi quantità di meduse per diversi anni, per poi produrne quantità prodigiose in anni particolari. Queste esplosioni demografiche, in passato, erano relativamente rare, ma ora sono diventate la norma e le meduse faranno sempre più parte delle nostre esperienze marine.



Cotylorhiza tuberculata

E' una delle più belle meduse del Mediterraneo, e forse del mondo. *Cotylorhiza* è endemica del Mar Mediterraneo, dove può essere molto abbondante, soprattutto nelle baie. Le popolazioni di queste meduse sono sostenute dalla presenza di polipi bentonici che, regolarmente, anno dopo anno, producono le meduse che popoleranno il mare circostante e che, a loro volta, alla fine del ciclo, dopo circa sei mesi, attraverso la riproduzione sessuale, produrranno altri polipi, mantenendo stabile la popolazione.

L'ombrello può misurare anche 40 cm, è molto rigido e tondeggiante al centro, dove ha colorazione rossastra o gialla, mentre la parte più esterna è mobile e fa procedere la medusa con le sue vigorose pulsazioni. Sotto l'ombrello, il manubrio assomiglia a un bouquet di fiori di campo, con bottoni blu-viola, inseriti su tozze braccia. Alcuni tentacoli, anch'essi terminanti con bottoni blu, fuoriescono dal manubrio. Questa medusa è praticamente innocua per l'uomo anche se, comunque, è meglio non toccare mai il plancton gelatinoso, per non danneggiare questi delicatissimi animali. *Cotylorhiza* può avere microalghe simbionti nei propri tessuti, proprio come i coralli delle formazioni coralline tropicali. Funzionalmente, quindi, si può definire una pianta, anche se si può nutrire di zooplancton. Queste sue caratteristiche la rendono probabilmente innocua alla maggior parte dei pesci e, come *Rhizostoma*, anche *Cotylorhiza* è spesso associata a pesci più o meno grandi che la adottano come riparo e persino rifugio. Nel 2009 questa specie è stata frequente nei mari italiani più meridionali, quasi a mostrare una preferenza per le acque più calde. La sua distribuzione è speculare a quella di *Carybdea marsupialis*, presente nelle aree più settentrionali dei mari italiani.



Rhopilema nomadica

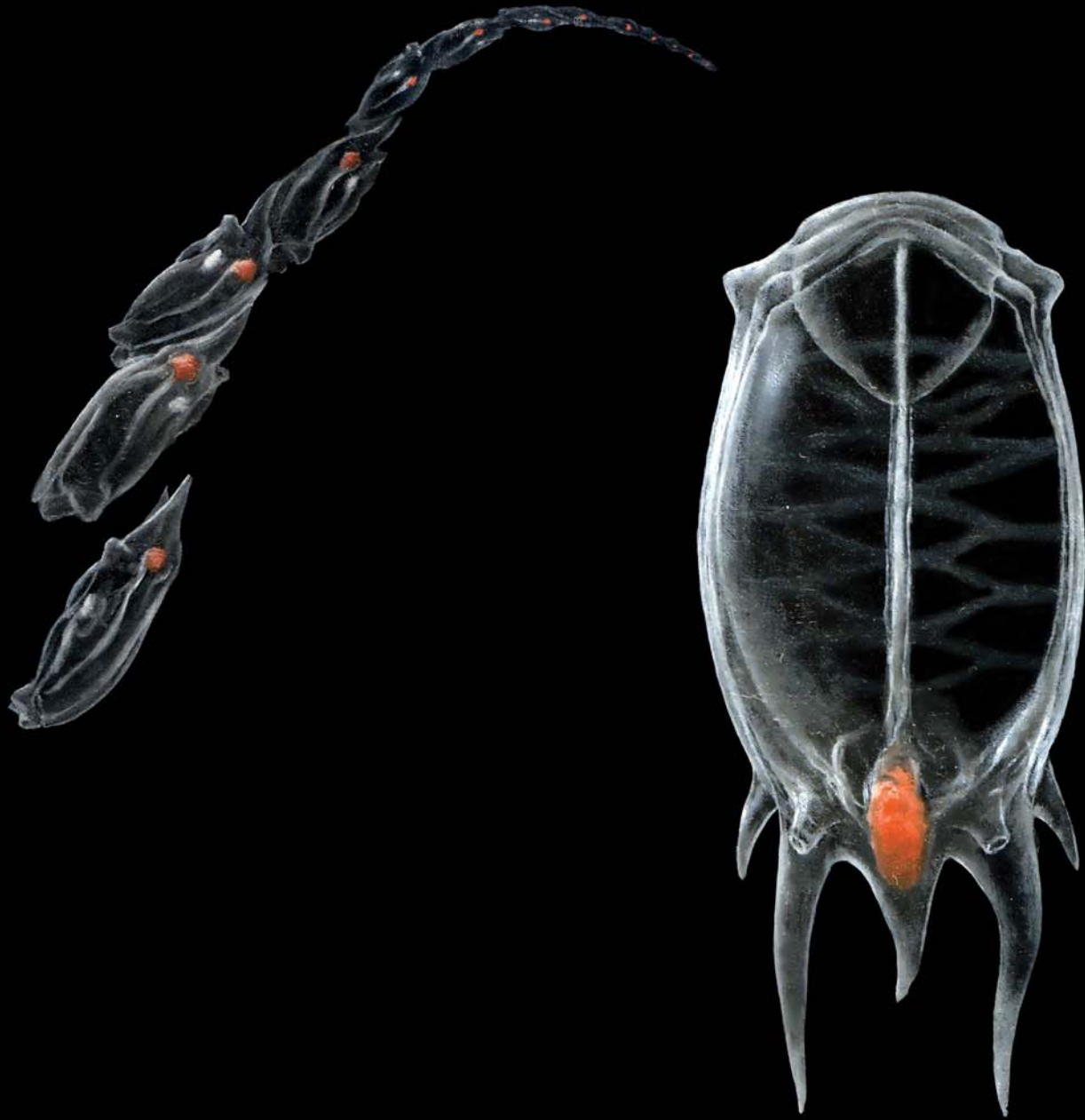
Il genere *Rhopilema* è tipico dell'Indopacifico e non ha rappresentanti atlantici nè tantomeno mediterranei. Una specie di *Rhopilema*, negli anni ottanta, è diventata improvvisamente molto abbondante lungo le coste israeliane del Mediterraneo. Gli zoologi che studiarono questa specie si resero conto che si trattava di una medusa mai osservata prima, una specie nuova per la scienza. *Rhopilema nomadica* può raggiungere i 60 cm di diametro dell'ombrello, è fortemente urticante, e forma sciame estesissimi. Difficilmente sarebbe rimasta inosservata, se fosse stata presente in Mediterraneo. Gli autori che la descrissero, quindi, ipotizzarono che fosse migrata all'interno del Mediterraneo a partire dal Mar Rosso, attraverso il Canale di Suez. Da qui il nome di *nomadica*. In effetti, comunque, in Mar Rosso non era mai stata vista. Dalla sua comparsa, *Rhopilema* ha causato moltissimi danni nel bacino orientale del Mediterraneo. Uno sciame è stato addirittura risucchiato dall'impianto di raffreddamento di una centrale elettrica israeliana, provocando un surriscaldamento che ha messo in pericolo la funzionalità della centrale. Notevolissimi sono i danni alla pesca e al turismo. *Rhopilema* non è mai arrivata nei mari italiani, probabilmente perché le temperature non sono abbastanza alte per questa specie tropicale, non è però escluso che, come altre specie tropicali, possa colonizzare anche i nostri mari. Studi fisiologici di tolleranza alle temperature hanno mostrato che *Rhopilema* non sopravvive a temperature simili a quelle del Mediterraneo occidentale. Il riscaldamento globale, però, potrebbe spianare la strada all'espansione di questa medusa anche nei nostri mari. Le dimensioni non la fanno certamente passare inosservata, e neppure gli effetti negativi che la sua sola presenza può causare. Potrebbe essere confusa con *Rhizostoma* ma, oltre ad essere fortemente urticante, mentre *Rhizostoma* è innocua, *Rhopilema* non ha il caratteristico bordo blu dell'ombrello.



Salpa democratica

Il macroplankton gelatinoso non è rappresentato solo da carnivori, siano essi cnidari o ctenofori. Ci sono anche molte forme erbivore, i taliacei, appartenenti al nostro stesso Phylum: i cordati. Questi animali filtrano l'acqua marina attraverso le loro branchie coperte di muco. E' proprio il muco ad intrappolare il fitoplancton e i batteri che, quindi, vengono ingeriti assieme al muco che li ha inglobati. *Salpa democratica* si chiama così perché può formare lunghe catene di zooidi a forma di barilotto, con una evidente macchia arancione ben visibile in trasparenza. Le catene possono essere lunghe anche sei metri. Le salpe possono formare banchi estesissimi che, di solito, si sviluppano lontano dalla costa. Le esplosioni demografiche di questi animali sono improvvise e durano solo pochi giorni. In questi giorni, però, il microplankton viene filtrato in modo efficientissimo, e poco rimane per i crostacei filtratori che sono alla base delle reti alimentari che arrivano ai pesci e poi anche a noi. I taliacei, quindi, competono con i crostacei per utilizzare la componente microscopica del plancton. Invece di essere nutrimento per altri anelli della catena trofica marina, come avviene invece per i crostacei che sono mangiati dalle larve dei pesci, i taliacei muoiono, dopo essersi riprodotti, e vengono aggrediti dai batteri che li decompongono mentre sono ancora in sospensione nell'acqua. Poi cadono sul fondo e diventano detrito che viene utilizzato dal benthos, gli animali che vivono direttamente a contatto con il fondo.

I taliacei non hanno né cnidocisti né colloblasti, sono assolutamente innocui per noi ma possono danneggiarci perché la loro presenza impoverisce il mare, almeno per quel che riguarda il soddisfacimento delle nostre necessità alimentari.



Cassiopea andromeda

E' entrata in Mediterraneo dal Canale di Suez e attualmente sta risalendo lungo le coste turche. All'inizio del 2010 è stata segnalata a Malta, e quindi è arrivata alle porte di casa nostra. Di solito si trova su fondi sabbiosi, ma può essere presente anche su quelli rocciosi. Piccola, massimo 30 cm, vive posata sul fondo marino. L'ombrello è rivolto verso il basso, mentre bocca e tentacoli verso l'alto: per questo *Cassiopea* viene chiamata in inglese "medusa al contrario". Sta rivolta verso l'alto perché possiede alghe unicellulari come quelle dei coralli delle formazioni coralline che vivono in simbiosi con la medusa e che quest'ultima deve esporre alla luce che filtra nell'acqua.

Non è pericolosissima, ma è meglio non toccarla perché produce muco nel quale sono presenti le cellule urticanti, e se si entra in contatto con quest'ultimo, si possono avere irritazioni.

Le campagne di avvistamento di meduse hanno lo scopo di chiedere aiuto ai cittadini per ricostruire la distribuzione delle meduse e dell'altro plancton gelatinoso nei nostri mari, ma stanno anche portando alla segnalazione di specie nuove per le acque italiane, come è avvenuto per *Mnemiopsis* e per *Phyllorhiza*. *Cassiopea*, proprio come *Rhopilema*, non è ancora stata trovata nelle nostre acque, e forse non ci arriverà mai. E' però arrivata molto vicino a noi e quindi potrebbe farci visita presto. La probabilità che un esperto di meduse riesca ad incontrarla sin dalle sue prime visite è bassa. E' per questo che l'aiuto dei cittadini diventa essenziale.



Drymonema dalmatinum

Heckel, un grande naturalista tedesco, la descrisse per la prima volta nel 1880: una grande medusa nelle coste della Dalmazia, in Adriatico, e la chiamò *Drymonema dalmatinum*. Per molti anni quella descrizione fu l'unica testimonianza della esistenza di questa specie, ma nel 1940 un altro ricercatore (Stiasny) la ritrovò, sempre sulle coste orientali dell'Adriatico. Poi più nulla, per decenni. Fino a quando *Drymonema* non diventò un flagello, per qualche tempo, lungo le coste di Puerto Rico. Ora è riapparsa lungo le coste croate e quindi potrebbe facilmente arrivare in acque italiane. *Drymonema* è una specie molto rara, molto simile alla medusa più grande del mondo, la *Cyanea capillata* dei mari nordici che raggiunge anche i 2 metri. Anche *Drymonema* è di notevoli dimensioni: può arrivare fino a 1 metro di diametro ed è la più grande medusa del Mediterraneo.

Come è possibile che un animale così grande possa passare inosservato per decenni? Probabilmente trascorre questi lunghi periodi sul fondo del mare, in forma di piccoli polipi attaccati alle rocce. I polipi possono vivere (come piccoli coralli) per decenni e poi, all'improvviso, produrre meduse. A volte poche, quel tanto che basta per formare nuovi polipi con i processi riproduttivi. Ma se le condizioni diventano favorevoli, le meduse possono diventare miliardi.

E' fortemente urticante e pericolosa anche a causa delle sue grandi dimensioni.



GLI HABITAT DEL MEDITERRANEO

La biodiversità si esprime a livello genetico (la gamma di geni condivisi dagli individui appartenenti ad una specie), specifico (le specie) e sopraspecifico (le comunità, gli habitat, gli ecosistemi).

La caratterizzazione della biodiversità a livello genetico è agli inizi, e richiede tecnologie avanzate. L'inventario delle specie è in corso, e moltissimo lavoro è ancora da fare. La caratterizzazione della biodiversità a livello di habitat è operativamente molto conveniente, e l'Unione Europea ha emanato la Direttiva Habitat per la protezione e la gestione degli Habitat di interesse comunitario. Gli habitat marini coperti dalla direttiva sono molto pochi e sono definiti genericamente. Nelle pagine seguenti sono descritti pittoricamente alcuni habitat importanti lungo la costa della Penisola Salentina, ma la loro importanza può essere estesa a tutto il mar Mediterraneo.

La compilazione di una lista condivisa di habitat marini mediterranei di importanza strategica, e la loro successiva mappatura per l'intero bacino, rappresenta una condizione imprescindibile per la protezione e la gestione della biodiversità marina. La biodiversità del Mar Mediterraneo è la più alta in Europa e merita maggiore attenzione rispetto a quella concessa dalla Direttiva Habitat.

Lagune costiere

Le acque di transizione sono tra gli ambienti di interesse comunitario inseriti nella direttiva Habitat dell'Unione Europea. Un tempo considerate aree malsane, sono state sottoposte a continue azioni di bonifica che, nel nostro paese, hanno portato all'eradicazione della malaria, ma hanno anche portato a un diffuso dissesto idrogeologico. Le acque di transizione sono tra gli habitat più produttivi del pianeta e rivestono un interesse strategico per il funzionamento degli ecosistemi. Esse sono utilizzate da tempo immemorabile per attività di acquacoltura estensiva, a causa della facilità di controllo dei bacini e della già citata altissima produzione. La biodiversità di tali sistemi è nettamente inferiore rispetto a quella del mare aperto, ma le poche specie presenti hanno grandissime biomasse. Le specie più allevate in questi ambienti sono anguille, muggini, spigole e orate. La salinità è la variabile più rilevante nella definizione delle acque di transizione e, al suo variare, si osservano diverse composizioni nelle biocenosi.

Il paesaggio qui mostrato si riferisce agli stagni costieri del Salento, oggetto di numerosi studi da parte della nostra Università.

In primo piano è rappresentato il pesce *Aphanius fasciatus*, un relitto tetideo del Mediterraneo, specie prioritaria della direttiva Habitat dell'U.E.

Gli stagni costieri spesso ospitano praterie di *Cymodocea* e *Zostera*.



ALGONQUIN

Il sopralitorale, la zona intertidale, il *Lithophyllum* e le foreste di alghe

La zona intertidale è alternativamente coperta e scoperta dalla marea. Si tratta di una fascia di ampiezza esigua lungo le coste del Mediterraneo, dove le escursioni di marea sono contenute. Al di sopra dell'intertidale (o mesolitorale) si trova il piano sopralitorale. Sulle coste rocciose, questa zona, bagnata dalle onde più forti e dagli spruzzi, ospita pochissime specie, soprattutto gli ctamali (crostacei cirripedi, sessili, a volte detti denti di cane), le patelle, e le ligie (crostacei isopodi a vita libera). L'intertidale roccioso, e in parte anche la zona sottostante, lungo le coste del Salento (in questo caso nel tratto Otranto-Santa Maria di Leuca) è spesso caratterizzato da biocostruzioni di un'alga rossa, il *Lithophyllum lichenoides*, che forma una sorta di marciapiede su cui si può davvero camminare. Le biocostruzioni sono estremamente importanti, in quanto formatrici di habitat originali, paragonabili alle formazioni coralline dei tropici. Nella direttiva Habitat dell'Unione Europea, la voce "reefs" si riferisce a biocostruttori come i litofilli. Sotto il marciapiede di litofilli si trovano le foreste di alghe, tra le quali spiccano le *Cystoseira*, rappresentate da un'altissima diversità di specie, tutte formatrici di habitat, anche se non si tratta di biocostruttori come i litofilli. In questa zona molto superficiale si possono trovare attinie rosse dette pomodori di mare (*Actinia equina*), numerose specie di piccoli pesci (di solito ghiozzi e bavose). Essendo immediatamente sotto la superficie, questa zona è molto sensibile all'inquinamento ed è anche la più facilmente visitabile con il "sea-watching".



Litorali sabbiosi e praterie di *Posidonia oceanica*

La *Posidonia* non è un'alga, ma una pianta superiore che produce fiori e frutti. Le praterie di *Posidonia* sono un habitat prioritario nella lista della direttiva Habitat dell'UE. In Italia, gli unici Siti di Interesse Comunitario istituiti in mare sono, praticamente, esclusivi di questa tipologia di habitat.

Lo strato dei rizomi della *Posidonia* forma una biocostruzione, generata dalla sovraccrescita delle varie generazioni di rizomi, innalzando il fondo marino anche di diversi metri. Le foglie vecchie si staccano dalla pianta in ogni momento dell'anno ma vengono ammassate lungo le rive solo nella stagione delle mareggiate formando dei banchi che, pur essendo spesso maleodoranti, proteggono il litorale dall'erosione. La *Posidonia* è molto sensibile all'inquinamento e, se scompare, i fenomeni erosivi aumentano; come accade anche a terra, dopo i disboscamenti. Oltre ad avere un ruolo essenziale come consumatore di anidride carbonica e produttore di ossigeno, la *Posidonia* ospita una ricchissima fauna e flora associate. La *Posidonia* cresce sia su substrati sabbiosi sia su substrati rocciosi. Sulle sue foglie vivono specie di piccoli invertebrati che hanno scelto questo microhabitat come loro unico ambiente di vita. Le praterie di *Posidonia* sono habitat elettivo per gli stadi giovanili di moltissime specie di pesci, anche di interesse commerciale. Sono inoltre abitate dal più grande mollusco bivalve del Mediterraneo, la *Pinna nobilis*, chiamato cozza-pinna in Salento, che può raggiungere anche il metro di lunghezza. Questo mollusco produce il bisso, proprio come fanno anche i mitili per attaccarsi agli scogli, e in passato questo materiale, simile alla lana, veniva cardato, filato, e poi intessuto per confezionare paramenti sacri. *Pinna nobilis* attualmente è protetta perché la pesca intensiva stava mettendo a repentaglio la sua esistenza. Come dovrebbe essere per tutte le creature: guardare ma non toccare!

In questi ultimi anni, la *Posidonia* tende a fiorire molto frequentemente, mentre in passato il fenomeno era raro. Si ipotizza che il riscaldamento delle acque, dovuto al cambiamento climatico globale, stia favorendo questa specie.



A. СЕМУХИНА

Ambiente pelagico: il necton (l'ittiofauna)

Gli oceani e i mari, compreso il nostro Mediterraneo, costituiscono l'habitat più diffuso sull'intero pianeta. Un ambiente tridimensionale, dove il paesaggio è di solito costituito da animali. I produttori primari (corrispondenti alle piante a terra) sono microscopici unicellulari e non sono da noi percepibili. La colonna d'acqua è dominata dagli animali, e i più cospicui appartengono al necton, gli animali in grado di muoversi controcorrente, in modo attivo. L'uomo è ancora in grado di ottenere risorse da popolazioni naturali (con la pesca) come un tempo faceva con le popolazioni terrestri (con la caccia). La pesca industriale, la distruzione degli habitat e l'inquinamento, però, stanno depauperando sempre più le risorse ittiche a livello globale. I grandi tonni alla base dell'economia di molti paesi, stanno diventando sempre più rari e, con loro, tutte le altre specie di grandi pelagici. I cetacei e i rettili marini sono protetti da particolari direttive (anche se alcuni paesi non le rispettano).

Per far fronte alle carenze di pescato, l'uomo sta passando all'acquacoltura, allevando alcune specie di pesci di interesse commerciale, proprio come fece migliaia di anni fa con gli animali che poi divennero domestici.

I grandi pesci che alleviamo, a differenza degli animali terrestri di cui ci cibiamo, non sono erbivori. Allevare un carnivoro per poi mangiarlo è ecologicamente poco sostenibile. Dopo aver preso i pesci grandi, ora prendiamo i pesci più piccoli per trasformarli in mangime da dare ai pesci grandi in allevamento. Una soluzione a breve termine procurerà danni a lungo termine.



Dai pesci alle meduse

Tutti gli oceani del globo stanno attraversando periodi di completa dominanza delle meduse. Dai fiordi della Norvegia, alle acque del Mediterraneo, ai mari tropicali e subtropicali, le meduse diventano le dominatrici della colonna d'acqua, prendendo il posto dei pesci. In inglese il fenomeno viene descritto con la frase: *from a fish to a jellyfish ocean* (da un mare di pesci a un mare di meduse). Le proliferazioni di meduse sono di solito monospecifiche e, in questa illustrazione, vediamo *Aurelia aurita*, molto comune in tutto il Mediterraneo e in Atlantico.

Le meduse mangiano lo zooplancton e i crostacei (cioè gli erbivori del mare, i piccoli animali, simili a gamberetti, che mangiano le microalghe produttrici primarie) sottraendolo alle larve dei pesci, e quindi competendo con loro per le risorse. Le meduse, inoltre, mangiano direttamente le uova e le larve dei pesci. L'ittiofauna, a questo punto, si trova tra due fuochi: noi catturiamo e mangiamo gli adulti, le meduse catturano e mangiano le uova e le larve, oltre a nutrirsi del loro cibo.

Il risultato è una semplificazione degli ecosistemi che, da una dominanza di vertebrati, passano alla dominanza degli animali attuali comparsi per primi nel corso dell'evoluzione. Gli animali di oggi, infatti, sono il risultato di una esplosione di diversità che ebbe origine 500 milioni di anni fa: l'Esplosione del Cambriano. Le meduse sono presenti anche nei reperti fossili antecedenti. La dominanza delle meduse, quindi, sta riportando gli oceani ad uno stato Precambriano.



Grotte marine

Le grotte marine sono prioritarie per la direttiva Habitat dell'Unione Europea. Si tratta di ambienti molto comuni lungo le coste rocciose del Salento a causa del diffuso carsismo che caratterizza buona parte della penisola. La presenza delle grotte marine conferisce altissima rilevanza naturalistica alle coste salentine. La mancanza di luce già a pochi metri di distanza dall'ingresso fa sì che il mondo vegetale sia praticamente bandito dalle grotte, dove sono gli animali a dominare. La fauna sessile è formata principalmente da spugne, idrozoi, antozoi, briozoi, vermi tubicoli, ascidie. Il plancton di grotta, sino ad ora poco studiato, si sta rivelando di estremo interesse per la presenza di specie particolari, apparentemente esclusive di tale habitat. Molte specie di pesci utilizzano le grotte come siti di accrescimento degli stadi giovanili e in esse trovano rifugio anche come adulti.

Gli animali rinvenuti nelle grotte salentine appartengono a circa 500 specie, di queste almeno 50 sono risultate nuove per la fauna italiana, inoltre, 15 di queste 50 sono risultate nuove per la scienza.

Gli ambienti di grotta sono molto spettacolari e costituiscono una grande attrattiva per il turismo subacqueo. La intensa frequentazione, però, costituisce una minaccia all'integrità dei popolamenti che vivono nelle grotte.

Gli studi compiuti dall'Università del Salento nelle grotte marine mostrano come ogni grotta abbia una fisionomia particolare e unica. L'originalità e l'unicità delle grotte marine rendono questi habitat particolarmente meritevoli di protezione e gestione.

Nelle grotte si formano biocostruzioni assimilabili al coralligeno. In questo caso, però, sono gli animali a dominare, e non le alghe coralline. Gli studi di Genuario Belmonte, e del suo gruppo di ricercatori, hanno evidenziato la presenza, nelle grotte salentine, di vere e proprie stalattiti formate non dal carbonato di calcio derivante dal gocciolamento dell'acqua ma dalla sovrapposizione dei tubi calcarei di vermi policheti sedentari (i serpulidi). Queste strutture sono state chiamate "biostalattiti" e rappresentano una originalissima espressione della biodiversità marina fino ad ora esclusiva delle grotte salentine. Le biostalattiti, lunghe fino a 2 m, possono essere ramificate e si sviluppano anche orizzontalmente. Una attenta datazione del carbonio contenuto nei tubuli dei vermi responsabili (*Protula tubularia*) ha dimostrato che ci sono voluti migliaia di anni per sviluppare queste strutture.



I deserti causati dalla pesca del dattero di mare e dall'azione brucatoria dei ricci

Lungo le coste rocciose di alcune regioni italiane (Puglia, Campania, Sardegna, Calabria e, in minor misura, Liguria) è stata praticata, e a volte è tuttora praticata, la pesca del mollusco bivalve *Lithophaga lithophaga*, il dattero di mare. I datteri scavano gallerie nella roccia e si approfondano in essa man mano che crescono. Le gallerie sono coniche, e la parte rivolta verso l'esterno è più piccola della camera interna. Per questo motivo i datteri possono essere raccolti solo se si frantuma la roccia. Questa azione causa danni enormi ai popolamenti animali e vegetali che colonizzano gli ambienti rocciosi: tutte le forme di vita, infatti, sono eradicate e le rocce restano bianche, costellate di fori che, un tempo, erano gli alloggiamenti dei datteri. La ricolonizzazione di questi veri e propri deserti potrebbe avvenire in pochi anni, con l'instaurarsi di nuovi popolamenti algali e animali, ma questo non avviene perché le due principali specie di riccio di mare (*Paracentrotus lividus* e *Arbacia lixula*) impediscono la ricolonizzazione "brucando" tutti le larve e gli stadi giovanili che, se lasciati indisturbati, porterebbero poi a forme adulte che ricoprirebbero il substrato. *Paracentrotus lividus*, una delle due specie di ricci responsabili del mantenimento dei deserti (erroneamente ritenute il maschio e la femmina della stessa specie), viene pescata attivamente in alcune regioni (soprattutto la Puglia) e questo favorisce la proliferazione di *Arbacia lixula*, senza quindi apportare alcun vantaggio alla ricolonizzazione dei substrati denudati.

Questo è un caso emblematico di distruzione dell'habitat e mostra come l'uomo possa utilizzare in modo dissennato le risorse marine.

La legge dello stato proibisce la raccolta, la detenzione, la vendita e il consumo dei datteri di mare e, dopo anni di sensibilizzazione della popolazione e di repressione dei bracconieri, il consumo di questa specie è radicalmente diminuito. Il danno arrecato, però, rimane e ci vorranno decenni perché le ferite rimarginino. Le Aree Marine Protette possono essere un sistema di restauro ambientale. Si è visto, infatti, che la diminuzione della pesca favorisce i pesci che mangiano ricci (prima di tutto i saraghi) e, rimuovendo sia *Paracentrotus* che *Arbacia*, alleviano la loro pressione sulle biocenosi bentoniche, con il risultato di una veloce ricolonizzazione dei substrati.



Il coralligeno di parete

Il termine coralligeno fa venire in mente le barriere coralline, e i coralli in generale. Ma il coralligeno del Mediterraneo non ha niente a che fare con le barriere coralline. Sono, invece, le alghe coralline, con tallo calcareo, a formare questa biocostruzione di grandissima importanza ecologica. Il coralligeno è formato da specie che hanno colonizzato un habitat (in questo caso le pareti rocciose) modificandolo a tal punto da farlo diventare un altro habitat. La stessa parete rocciosa, infatti, assume caratteristiche molto diverse se è colonizzata dagli organismi che formano il coralligeno o se, invece, ne è priva. Quell'habitat primario, quindi, diventa un habitat secondario, formato dai viventi che hanno colonizzato l'habitat primario. Lo stesso avviene per le praterie di *Posidonia*, che trasformano in modo radicale l'habitat primario in cui si sono insediate, dando origine ad un altro habitat.

Le alghe coralline si insediano sui substrati rocciosi e li rivestono con i loro talli calcarei. Lo abbiamo già visto nel trottoir di *Lithophyllum* della zona di marea. I talli, una volta che l'alga muore, restano comunque sulla roccia e vengono coperti da altri talli, di nuove alghe che si insediano sulle alghe ormai morte. Anche queste nuove alghe moriranno e lasceranno i loro scheletri che, a loro volta, saranno ricoperti da altre alghe. Il lento susseguirsi di generazioni di alghe che crescono le une sopra le altre porta, con il passare dei secoli, a una biocostruzione, una costruzione biologica, risultato della sovrapposizione di scheletri. Assieme alle alghe coralline, molte altre specie con scheletro calcareo, o di altra natura, concorrono alla formazione del coralligeno: poriferi, cnidari, briozoi, molluschi, anellidi sono i più importanti. La matrice delle alghe ingloba gli animali e, tutti assieme, rivestono il substrato primario con uno strato secondario che può avere anche metri di spessore. Il coralligeno ospita le comunità bentoniche più spettacolari del Mediterraneo. E' qui che si sviluppano le foreste di gorgonie (*Eunicella* e *Paramuricea*) o le distese di spugne arborescenti (*Axinella*), e sono questi gli ambienti più attrattivi per le immersioni subacquee. In generale la biodiversità del coralligeno è molto alta, sia per numero di specie sia per numero di categorie tassonomiche di rango superiore, e gli organismi, soprattutto animali, hanno grandi dimensioni. Una foresta di gorgonie alte un metro e più forma un paesaggio di grande impatto emotivo, un paesaggio fatto di animali che sembrano alberi.

In Mediterraneo, gli habitat formati da biocostruttori meritano lo stesso rispetto e la stessa considerazione normalmente attribuiti alle formazioni coralline tropicali. Sono il frutto di centinaia e centinaia di anni di colonizzazione dei fondali e sono caratterizzati da una caratteristica che è facilmente compresa anche dai non addetti ai lavori: la bellezza.



A. GENNARI '08

Il coralligeno di piattaforma

In Puglia, e in altre parti del Mediterraneo, il coralligeno si esprime in modo molto originale. Le concrezioni di alghe coralline e di altri organismi calcarei non si formano direttamente sulla roccia ma hanno inizio da piccoli aggregati di ciottoli o conchiglie, su fondi incoerenti, ma anche su rocce piane. Tali aggregati, col passare dei secoli, si espandono e diventano vere e proprie isole di bioconcrezioni, con specie in comune con il coralligeno di parete, ma con una fisionomia generale molto diversa. Invece di una parete continua, ci sono isole di biocostruzione inframmezzate da spazi sabbiosi, a fornire anfratti e rifugi per numerosi pesci, tra cui cernie, scorfani, e murene.

In Salento, il coralligeno di piattaforma è molto diffuso, soprattutto nel mare di Tricase, tra Otranto e Santa Maria di Leuca. Si tratta di un habitat originalissimo, delicato, frutto di lunghissimi periodi di costruzione da parte di numerosissimi animali e piante e, con questa fisionomia, è davvero un parallelo efficace alla famose barriere coralline tropicali, non essendo una semplice aggiunta di substrato duro su un altro substrato duro, ma formando un substrato duro dove prima il fondo era mobile, sabbioso.

Il coralligeno di piattaforma, in queste condizioni, diventa quasi un sostituto delle famosissime praterie di *Posidonia oceanica* ma, a differenze di queste, non deriva dalla presenza di una sola specie strutturante alla quale, poi, si accompagnano numerosissime altre specie. Il coralligeno di piattaforma è formato da una vasta gamma di biodiversità animale e vegetale, è un prodotto della coesistenza di molte specie che, assieme, formano un habitat originale che, a sua volta, diventa l'ambiente ideale, la "casa", per numerosissime altre specie. La "passione" per le praterie di *Posidonia* da parte degli enti preposti alla salvaguardia degli habitat, dovrebbe essere indirizzata anche alle biocostruzioni in generale e, in primissima istanza, proprio al coralligeno di piattaforma.

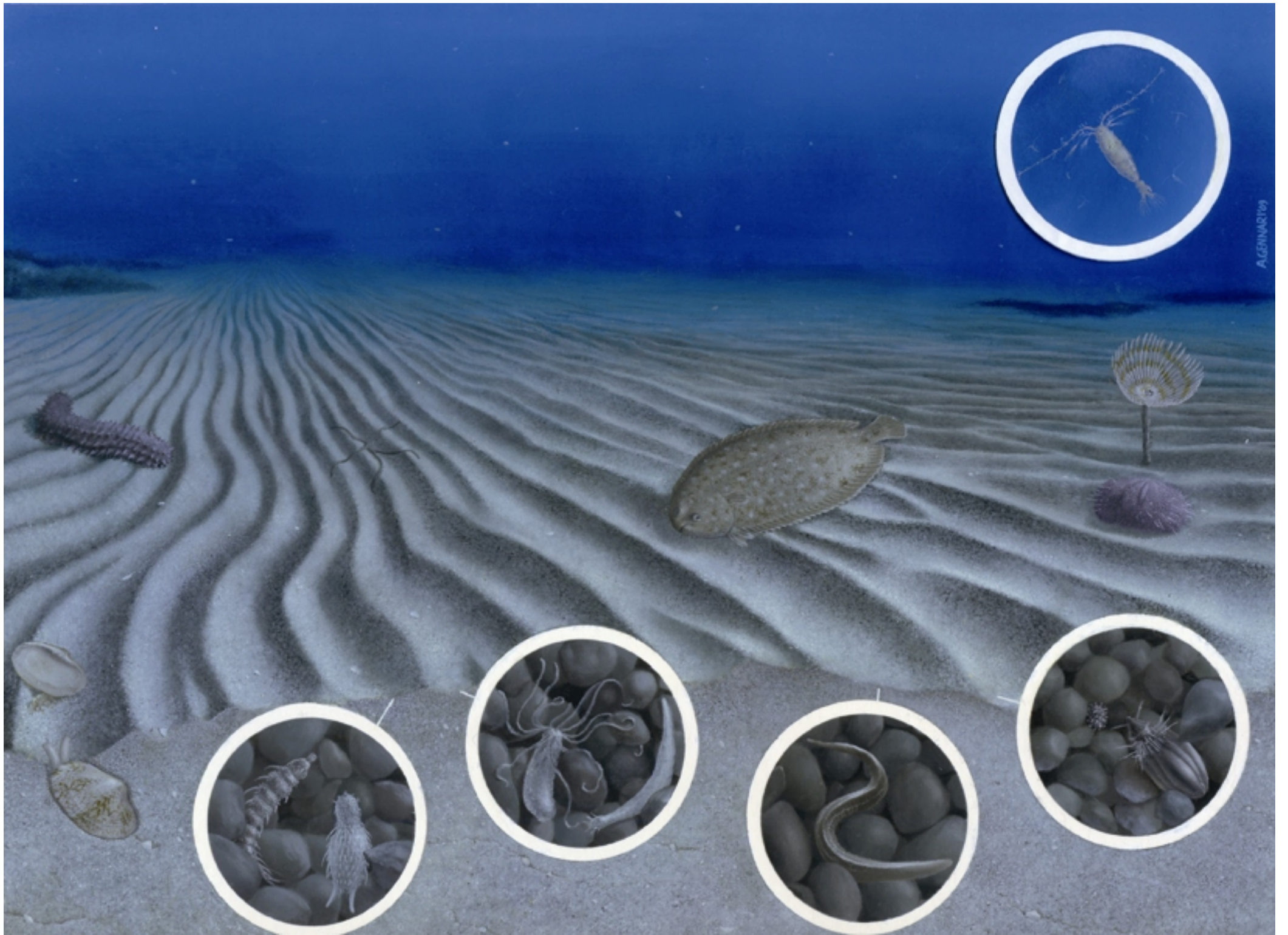


Le sabbie

Guardare una distesa di sabbia durante una nuotata con la maschera fa pensare al deserto. Si vede la sabbia e le piccole dune parallele, causate dalle onde (tecnicamente dette “ripple marks”), e non è facile vedere una qualunque forma di vita. Ben pochi amano fare immersioni sui fondi sabbiosi: “non c’è niente da vedere”.

E forse è proprio vero, se il mondo dei viventi, e questo habitat in particolare, è visto con i nostri soli occhi e alla nostra scala. In effetti, però, le sabbie ospitano le comunità animali con la massima diversità biologica di “alto livello”. Negli interstizi tra i granelli di sabbia, infatti, vivono animali stranissimi, e vivono solo lì. Molti sono specie di gruppi noti, come cnidari, anellidi, nematodi, crostacei, ma altri sono originalissimi, tanto che i loro scopritori li hanno assegnati a Phyla nuovi. Il Phylum è il rango tassonomico immediatamente inferiore al regno, e definisce organizzazioni corporee molto originali, all’interno delle quali possono coesistere migliaia o addirittura milioni di specie, come avviene per il Phylum degli artropodi, a cui sono riferiti insetti e crostacei. I Phyla che vivono solo nelle sabbie hanno nomi che non dicono molto ai non zoologi, come Gnatostomulidi, Loriciferi, Chinorinchi, Gastrotrichi, ma dietro questi nomi ci sono minuscoli animali (meno di 1 mm) che vivono solo tra i granelli di sabbia. Questo mondo continua a riservarci sorprese, e l’esplorazione delle sabbie, anche quelle di casa nostra, porta a sempre nuove e importanti scoperte.

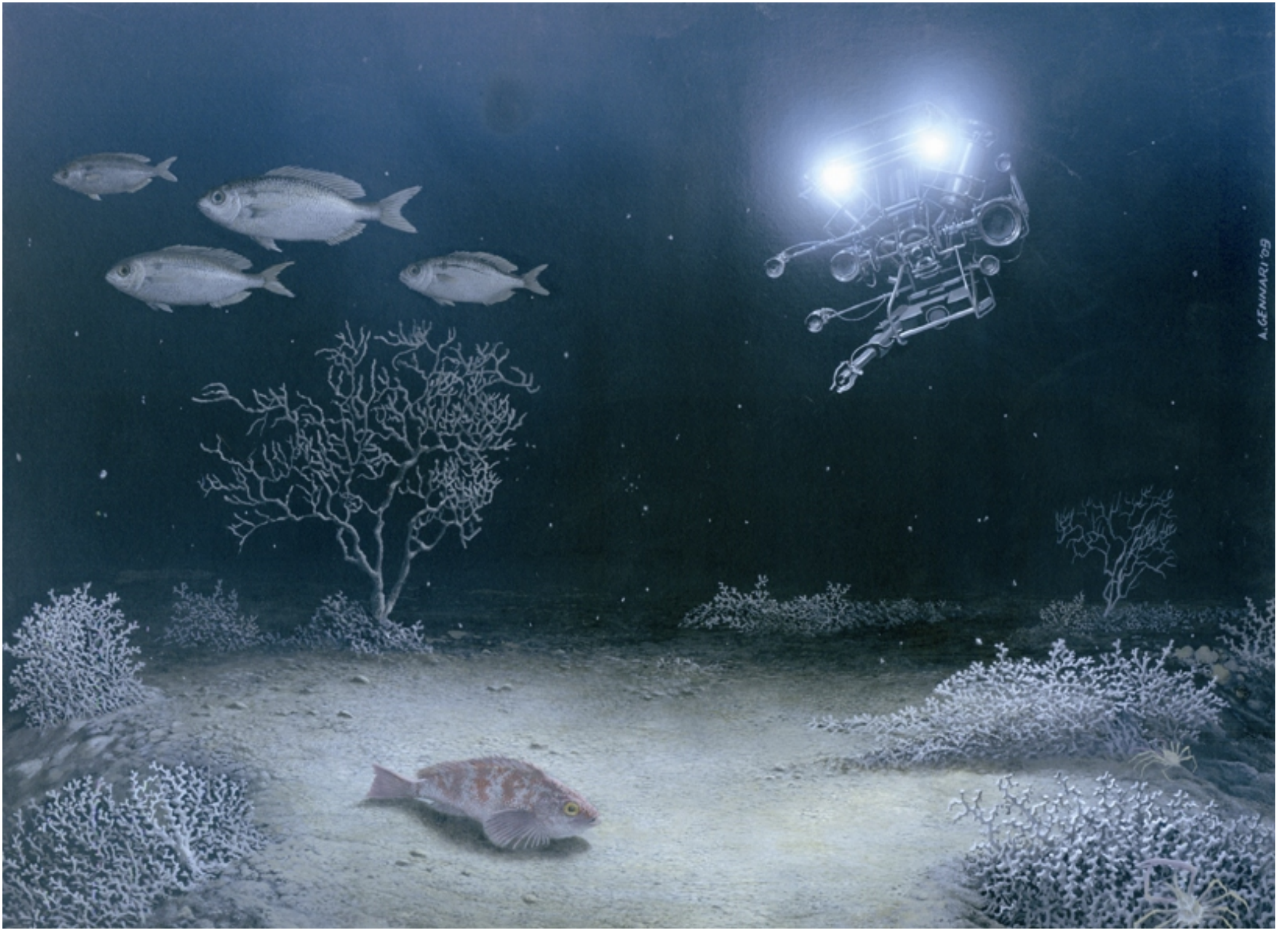
Ovviamente, sulla sabbia vivono anche organismi di ben maggiori dimensioni. Molti, però, stanno di solito sotto la sabbia, come le sogliole, i policheti, le oloturie, o i ricci irregolari. La notte, spesso, escono dai loro rifugi sotterranei e vagano in cerca di cibo. Un’immersione subacquea sulla sabbia è un’esperienza poco entusiasmante durante il giorno, ma può diventare una serie di eventi spettacolari se questo ambiente viene visitato la notte.



Le formazioni coralline di mare profondo

Si dice comunemente che le formazioni coralline siano costituite esclusivamente da coralli con alghe simbiotiche e che, quindi, al di sotto della profondità che permette la fotosintesi dei simbiotici, i coralli non possano fare biocostruzioni (formazioni più o meno “geologiche” costruite da organismi viventi). Ma come sempre le regole hanno le loro eccezioni. Due specie di madreporari (lo stesso gruppo dei coralli delle formazioni coralline), *Lophelia pertusa* e *Madrepora oculata*, a partire da 300 m di profondità e fino a più di 500 m, formano biocostruzioni. Questo avviene nel mare del Nord, in Atlantico e anche nel nostro Mediterraneo. Fino a qualche tempo fa si pensava che queste barriere coralline, di solito sviluppate lungo la scarpata continentale, fossero ormai morte e che ne rimanessero soltanto i resti degli scheletri. L'uso dei sottomarini da ricerca ha permesso di esplorare con maggiore accuratezza le profondità del mare e si sta sempre più verificando l'esistenza di vere e proprie barriere coralline lungo la nostra scarpata continentale. La scoperta più importante, per il momento, è la formazione a coralli bianchi (così si chiamano le formazioni coralline di profondità) situata a sud di Leuca, nella penisola salentina. Da Leuca passa la corrente fredda, e ricca di nutrienti, che esce dall'Adriatico e va a rifornire di ossigeno e nutrienti le profondità dello Ionio. E' questa corrente che porta il cibo ai coralli e, assieme a loro, ad una grande diversità di forme viventi che prosperano dove si pensava non ci fosse ormai che vita fossile.

L'esplorazione del mare profondo sta portando a sempre maggiori sorprese. Quello che un tempo veniva considerato un quasi deserto di fango, che vive per la pioggia di materiali dalla superficie, si sta rivelando un insieme complessissimo di habitat, con forme di vita molto originali. Le montagne sottomarine, i canyon, le risorgive idrotermali, i vulcani di fango e chissà quali altri ambienti ancora impensati si paleseranno alla nostra esplorazione. Nelle acque italiane sono stati trovati i primi animali che vivono in ambienti totalmente privi di ossigeno. Sono loriciferi, e non hanno mitocondri. Dove si pensava che la vita animale fosse impossibile, nelle profondità non ossigenate degli oceani, l'evoluzione ha portato a nuovi modi di espletare il metabolismo. E tutto a due passi da casa nostra.



A. GENNARI '09

**COME FUNZIONANO
GLI ECOSISTEMI MARINI**

La biodiversità marina

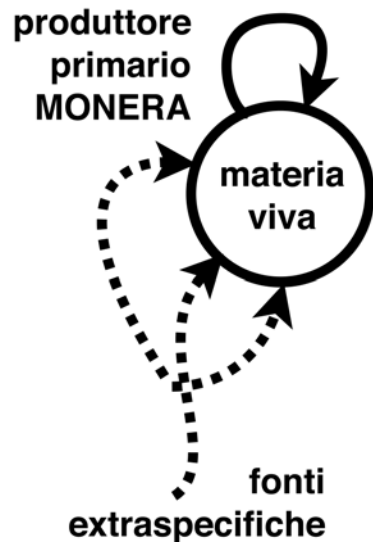
La vita è nata negli oceani e, ancora oggi, gli oceani sono l'ambiente dominante sul nostro pianeta. Il 70% della terra è coperto da acqua e la colonna d'acqua è l'ambiente più comune del pianeta, seguito dal fondo marino, ad una profondità media superiore ai mille metri. Gli ambienti terrestri, per noi così familiari, sono un'eccezione alla regola che vede la vita come un fenomeno principalmente marino. In mare, inoltre, vive la quasi totalità della biodiversità espressa a livelli "alti". I grandi raggruppamenti che formano il mondo vivente, i Phyla, hanno pochissimi rappresentanti esclusivamente terrestri. Per gli animali, un solo Phylum è esclusivo degli ambienti terrestri: gli onicofori. Mentre esistono tantissimi Phyla esclusivamente marini, con nessun rappresentante terrestre. Uno per tutti: gli echinodermi. Ma la lista potrebbe essere lunghissima, anche se i nomi probabilmente direbbero ben poco a un non-zoologo (chi ha mai sentito parlare dei loriciferi o dei ciclofori, per non parlare di gastrotrichi, chinorinchi e gnatostomulidi?). A terra, è vero, esiste il maggior numero di specie conosciute (in grandissima parte insetti), ma la biodiversità ai livelli alti (a livello di Phyla) è molto bassa. Comunque, siamo ancora molto lontani dall'aver esplorato la biodiversità marina e il tasso di scoperta di nuove specie è molto alto. Considerare la biodiversità marina come paradigma della biodiversità del pianeta, quindi, non è una bizzarria, mentre lo è il pensare che la biodiversità terrestre ben rappresenti la situazione dei viventi e dei sistemi che formano.

La vita è monofiletica

I viventi sono tutti imparentati tra loro. Per dirla con Charles Darwin: discendono da un antenato comune. Come lo sappiamo? Semplicissimo: parlano tutti la stessa lingua, un codice chimico a base di RNA-DNA. Inoltre, le informazioni del codice sono intercambiabili: quelle di una determinata specie possono funzionare anche in altre specie, addirittura molto lontane tra loro da un punto di vista evolutivo. La identità e la intercambiabilità del vocabolario della vita indicano che tutti i viventi originano da un unico evento e che, quindi, all'inizio la vita iniziò con una specie! Ovviamente, la prima specie era molto semplice. Non è pensabile che gli organismi complessi di oggi siano arrivati prima di quelli più semplici. Chi sono gli organismi più semplici attualmente conosciuti? I batteri. E, in effetti, si pensa che i primi viventi fossero, bene o male, simili a batteri.

Quali sono gli organismi più importanti del pianeta?

Ci piacerebbe poter dire: noi. La risposta probabilmente indispetterà qualcuno, ma purtroppo il mondo vivente potrebbe andare avanti benissimo senza di noi, mentre collasserebbe in pochissimo tempo senza i batteri. I batteri, infatti, con i processi di decomposizione, rendono possibile il riciclo della materia che può diventare viva. E, inoltre, molti sono fotosintetici e chemiosintetici, sono cioè in grado di trasformare materia non vivente in materia vivente. Proprio come le piante. I due processi principali del funzionamento degli ecosistemi (la produzione primaria e la decomposizione) possono essere espletati da un solo gruppo di organismi, i batteri, che, non a caso, sono anche gli organismi strutturalmente più semplici tra quelli conosciuti.

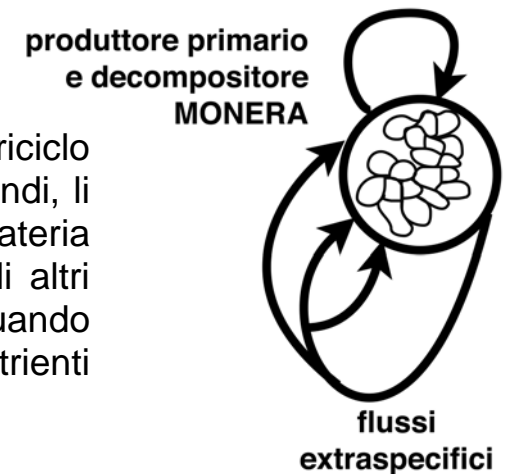


I primi viventi, probabilmente, erano produttori primari ...

I primi viventi, quindi, appartenevano con ogni probabilità ai Monera, il regno a cui ascriviamo i batteri attuali, ed erano in grado di prendere materia non vivente, qui chiamata extraspecifica (fuori dalle specie) e trasformarla in materia vivente, agendo quindi da veri e propri produttori primari. Le fonti extraspecifiche di materiali nutritivi, comunque, prima o poi scarseggiarono a fronte dell'aumentato consumo di popolazioni che continuamente crescevano di numero. Questo, presumibilmente, portò alla evoluzione di una nuova funzione ecosistemica.

... poi diventarono anche decompositori

I viventi che man mano morivano, quindi, furono riciclati, proprio come avviene oggi. Il riciclo implica che tutti gli organismi, una volta morti, vengano "attaccati" dai batteri che, quindi, li usano come fonte energetica. In questo caso, invece di essere autotrofi (e formare materia vivente, la loro, da materia non vivente) i batteri sono eterotrofi, avendo bisogno di altri viventi per funzionare e per aumentare la propria materia. I batteri, e anche i funghi, quando utilizzano la sostanza organica come fonte energetica la mineralizzano, liberando i nutrienti che poi saranno alla base dei processi di sintesi.



La complessità aumenta

Per miliardi di anni la vita continuò con grande semplicità e gli organismi procarioti (senza divisione tra nucleo e citoplasma), o monera, sono ancora alla base del funzionamento degli ecosistemi. Con l'evoluzione degli eucarioti, si affermò la divisione del nucleo dal citoplasma e gli unicellulari nucleati, i protisti, iniziarono la via verso la complessità. Le cellule, in seguito, non fecero più vita isolata, ma formarono colonie di tante cellule tutte uguali tra loro e, in seguito, con il differenziamento cellulare, si formarono individui pluricellulari. Alcuni seguirono la linea della decomposizione: i funghi. Altri seguirono la via della fotosintesi: le piante. Altri ancora seguirono la via, eterotrofa, dell'ingestione di altri organismi: gli animali. Tutte queste funzioni, comunque, erano già espletate dai batteri, e gli ecosistemi, fin dall'inizio della storia della vita, ovviamente funzionarono benissimo. Se non fosse stato così, la vita non sarebbe sopravvissuta.

Complesso vuol dire evoluto?

L'evoluzione dei quattro regni di eucarioti aumentò in modo esponenziale la complessità, e gli organismi diventarono più grandi e più complicati. La selezione naturale portò a forme sempre più elaborate, con un continuo cambiamento che, inesorabilmente, portava a forme sempre più complicate, fino a noi. Ma le forme "complicate" resistevano relativamente poco al vaglio della selezione naturale ed erano sempre rimpiazzate da altre forme, sempre più complicate. Parallelamente, però, le forme semplici del passato, i batteri, appunto, restavano praticamente immutate, e sono arrivate fino ai nostri giorni. Ripensiamo a questo quando ci chiediamo cosa permetta di definire un organismo come "evoluto". E' più evoluto un organismo che ha raggiunto un elevato livello di complessità in tempi relativamente recenti, essendo il risultato dell'evoluzione di forme che hanno sempre dovuto cambiare per sopravvivere, oppure un organismo semplice che, però, è passato indenne al vaglio della selezione naturale per quattro miliardi di anni? Ancora oggi, lo abbiamo visto, gli organismi funzionalmente indispensabili per la persistenza della vita sono proprio i semplicissimi batteri. Senza di loro le cose non potrebbero funzionare.

Il mondo oggi

Cinquecento milioni di anni fa, dopo l'esplosione di biodiversità del Cambriano, avvenne la radiazione adattativa dei metazoi e la biodiversità cominciò ad assumere la fisionomia attuale. La stima della diversità attuale, paragonata a quelle del passato, mostra come il numero di tipologie di viventi non sia mai stato così alto. La diversità è il prodotto di una reazione a catena che, dalla diversità, genera altra diversità. Non esiste un motivo funzionale per questo. Gli ecosistemi hanno sempre funzionato benissimo, sia con una che con dieci milioni di specie. Perché, allora, ci sono così tante specie? La risposta non è teleologica. Non ci sono tante specie per far funzionare meglio il mondo. La risposta è tautologica: ci sono tante specie perché se ne sono formate tante. Il meccanismo (non lo scopo) forse è quello denominato "Ipotesi della Regina Rossa". La diversità genera diversità. Ogni novità evolutiva raggiunta da una specie rende la vita più difficile per le specie che non sono altrettanto efficienti. Queste, per poter continuare a svolgere la loro vita (per restare ferme) devono evolversi (e quindi muoversi). La loro evoluzione renderà la vita più difficile alle altre, e il gioco ricomincia. Tutto deve cambiare perché tutto resti come è sempre stato. Il funzionamento degli ecosistemi, nelle sue basi, è come è sempre stato, ma la biodiversità, cioè la struttura è cambiata moltissimo.

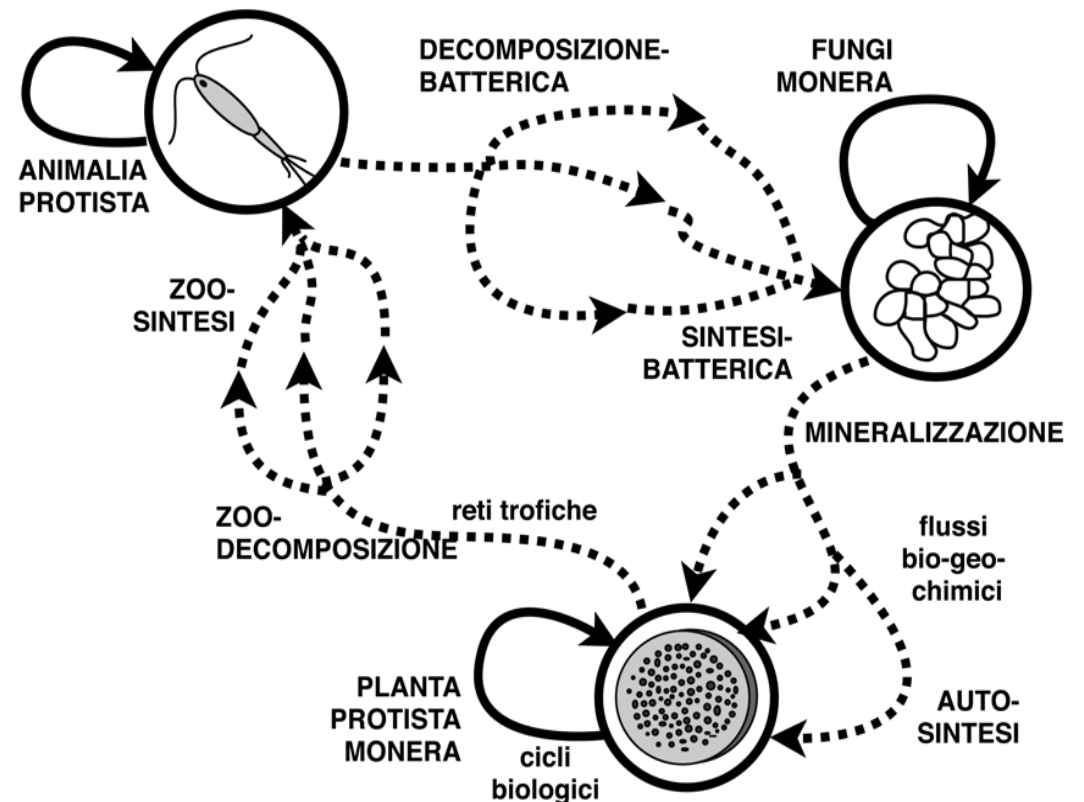
Come funziona un ecosistema?

La quantità di materia presente sul pianeta è finita, cioè ha una quantità limitata. E solo una porzione piccolissima di questa materia può essere utilizzata per i processi legati alla vita. I viventi muoiono e passano di stato: passano da vivente a non vivente. La materia non vivente, però, riprende vita, con la produzione primaria. Ogni specie, comunque, per poter sopravvivere deve continuamente sostituire i suoi rappresentanti, con il susseguirsi delle generazioni attraverso i cicli biologici. I viventi muoiono e vengono decomposti dai batteri eterotrofi e dai funghi. La loro materia passa di stato e il materiale di una specie diventa il materiale di un'altra specie. Le reti trofiche rappresentano il passaggio di materiali da una specie ad un'altra. La decomposizione, lo abbiamo visto, genera la produzione di sostanze semplici, non viventi, che poi verranno utilizzate dai produttori primari. In questa fase, la materia entra nei cicli biogeochimici.

Flussi intraspecifici, interspecifici, extraspecifici

Gli ecosistemi, quindi funzionano attraverso continui passaggi di stato della materia che, lo abbiamo visto, sono studiati attraverso approcci molto differenti e persino la loro descrizione avviene con terminologie molto differenti. I cicli biologici, però, altro non sono che flussi intraspecifici.

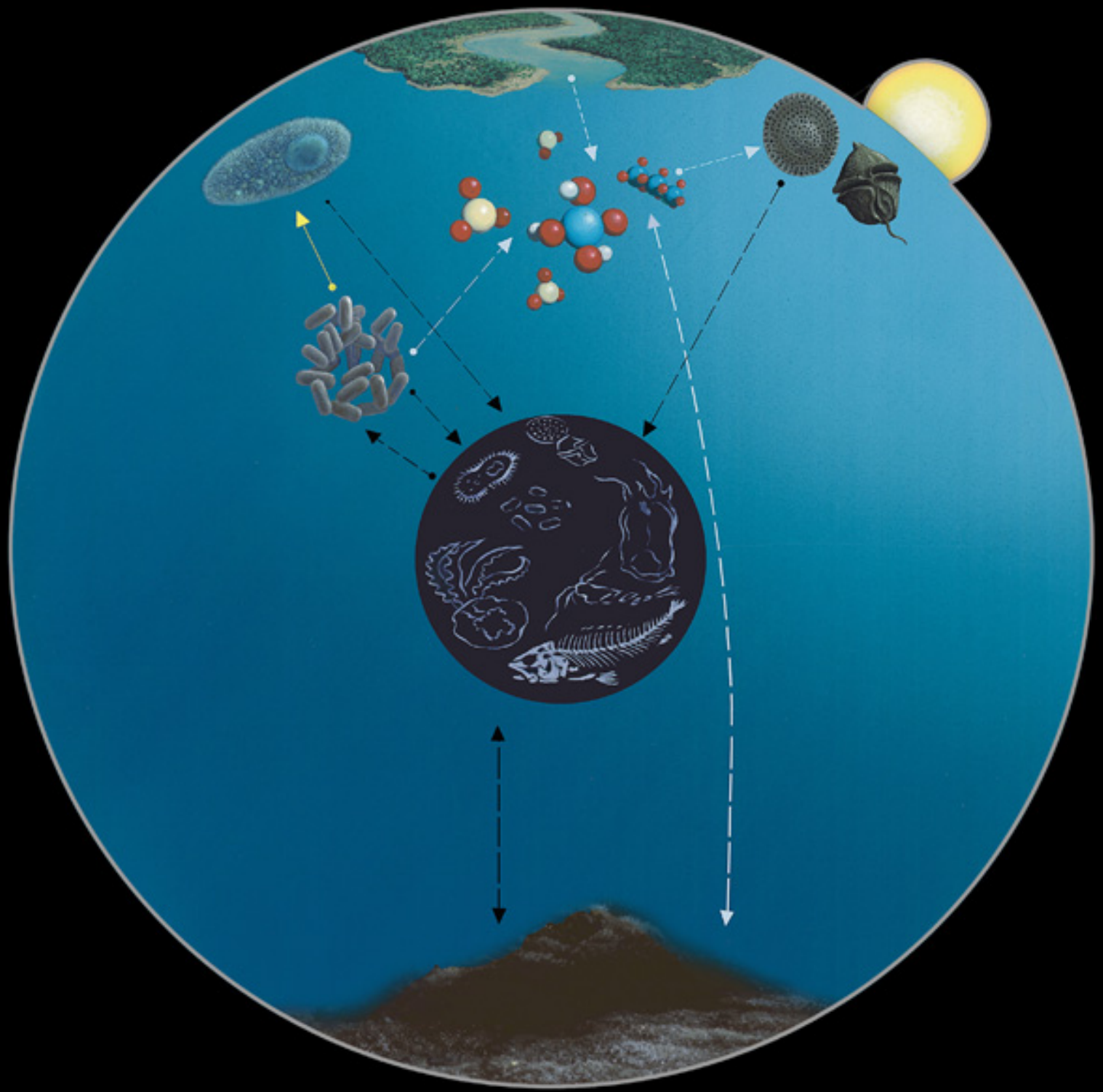
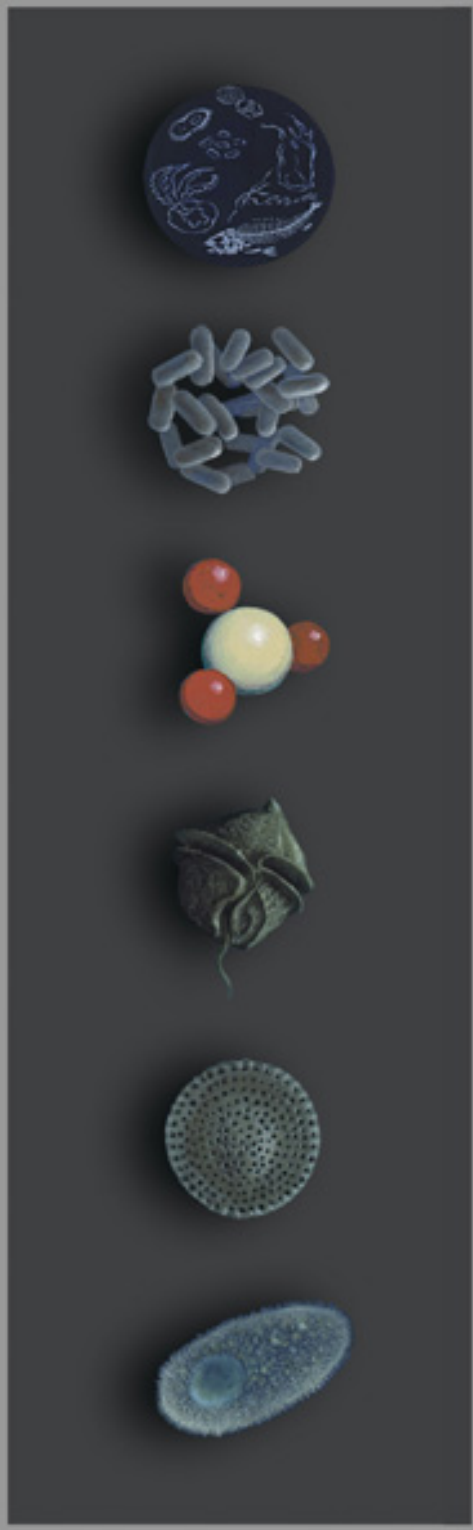
Ogni specie è rappresentata da un cerchio, con una freccia che esce e rientra, a rappresentare il flusso intraspecifico. Nel cerchio in basso è rappresentata una diatomea, a rappresentare il fitoplancton di protisti, il principale produttore primario del pianeta. Altri produttori primari sono i monera e, ovviamente, le piante, soprattutto a terra. I cicli biogeochimici rappresentano i flussi extraspecifici che, attraverso la autosintesi dei produttori primari (fotosintesi o chemiosintesi) rientrano nello stato vivente. Nelle reti trofiche, i produttori primari sostengono gli erbivori, qui rappresentati in alto a sinistra da un copepode (un crostaceo parente dei gamberetti). Il passaggio di materia da una specie ad un'altra è un flusso interspecifico. Gli animali (metazoi o protozoi), una volta ingerito il cibo, lo decompongono (da qui la zoodecomposizione, quasi invariabilmente espletata grazie a batteri intestinali simbiotici), da cui poi traggono materiali che aumentano la loro biomassa (da qui la zoosintesi). Tutti gli organismi muoiono e vengono decomposti da batteri o da funghi.



Anche in questo caso si ha una decomposizione e una sintesi, come negli animali, ma in questo caso i materiali vengono mineralizzati e rientrano nei cicli biogeochimici. Il ciclo è chiuso. Nello schema si mostrano solo tre “specie funzionali” ma, in effetti, il numero di specie che rientra in questi processi è di decine di milioni. E i ruoli sono molto più vari.

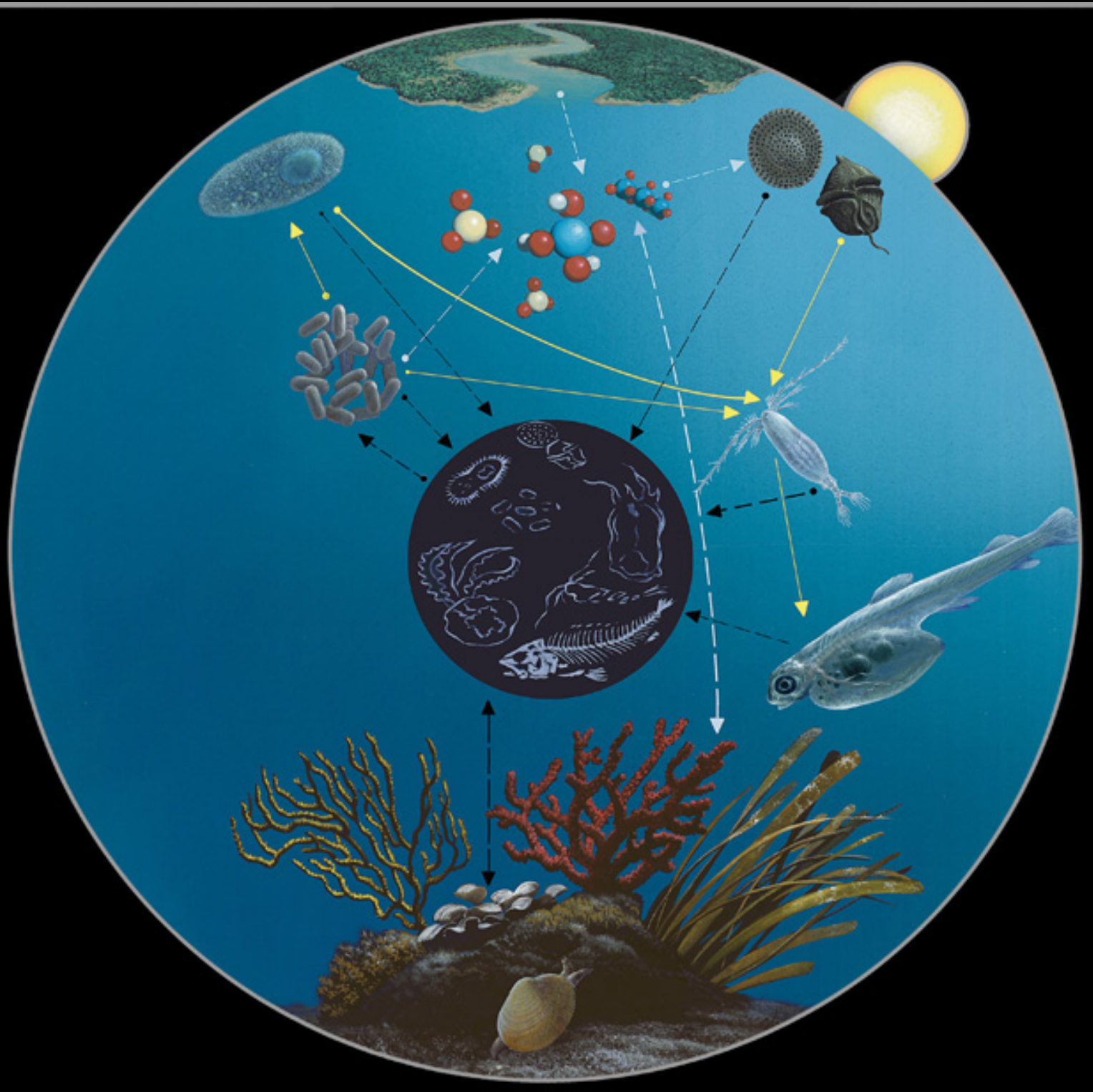
La via microbica

Tutti gli organismi muoiono, ed entrano a far parte della sostanza organica particolata (il cerchio nero al centro della sfera blu). I batteri eterotrofi (il gruppo di organismi a sinistra del cerchio nero) e i funghi usano la sostanza organica particolata derivante dai cadaveri (e dalle feci) come fonte di sostentamento mineralizzandola in nutrienti, (raffigurati come sfere colorate: la sostanza organica disciolta) rendendoli disponibili per i microbi autotrofi (sia protisti sia batteri) (raffigurati come diatomee e dinoflagellati, vicino al sole). Questi, con l'energia solare, espletano la fotosintesi e ridanno vita alla sostanza organica disciolta derivante, anche, dagli effluenti terrestri. Gran parte della produzione primaria a livello globale non avviene grazie alle grandi piante terrestri ma, invece, grazie a protisti unicellulari: il fitoplancton. Il mondo microscopico di batteri eterotrofi e fitoplancton autotrofo, quindi, è costituito da decompositori e produttori primari. I batteri sono fonte di cibo per organismi unicellulari eterotrofi come flagellati e ciliati (qui raffigurati sotto forma di un ciliato, in alto a sinistra rispetto al cerchio nero). Questo comparto microscopico, alla base del funzionamento degli ecosistemi, viene chiamato "loop microbico" (circolo microbico), e tutti i suoi componenti sono chiamati microbi. Le frecce nere mostrano il destino degli organismi dopo la morte, quando la sostanza organica "esce" dalle specie; le frecce bianche mostrano il cammino della sostanza organica disciolta; assieme rappresentano le vie biogeochimiche. Le frecce gialle mostrano il flusso di materia da un comparto ad un altro (ad esempio dai batteri ai ciliati eterotrofi) e rappresentano le vie trofiche. In una nomenclatura unificata delle vie ecologiche, i flussi biogeochimici sono extraspecifici (fuori dalle specie), mentre i flussi trofici sono interspecifici (tra le specie).



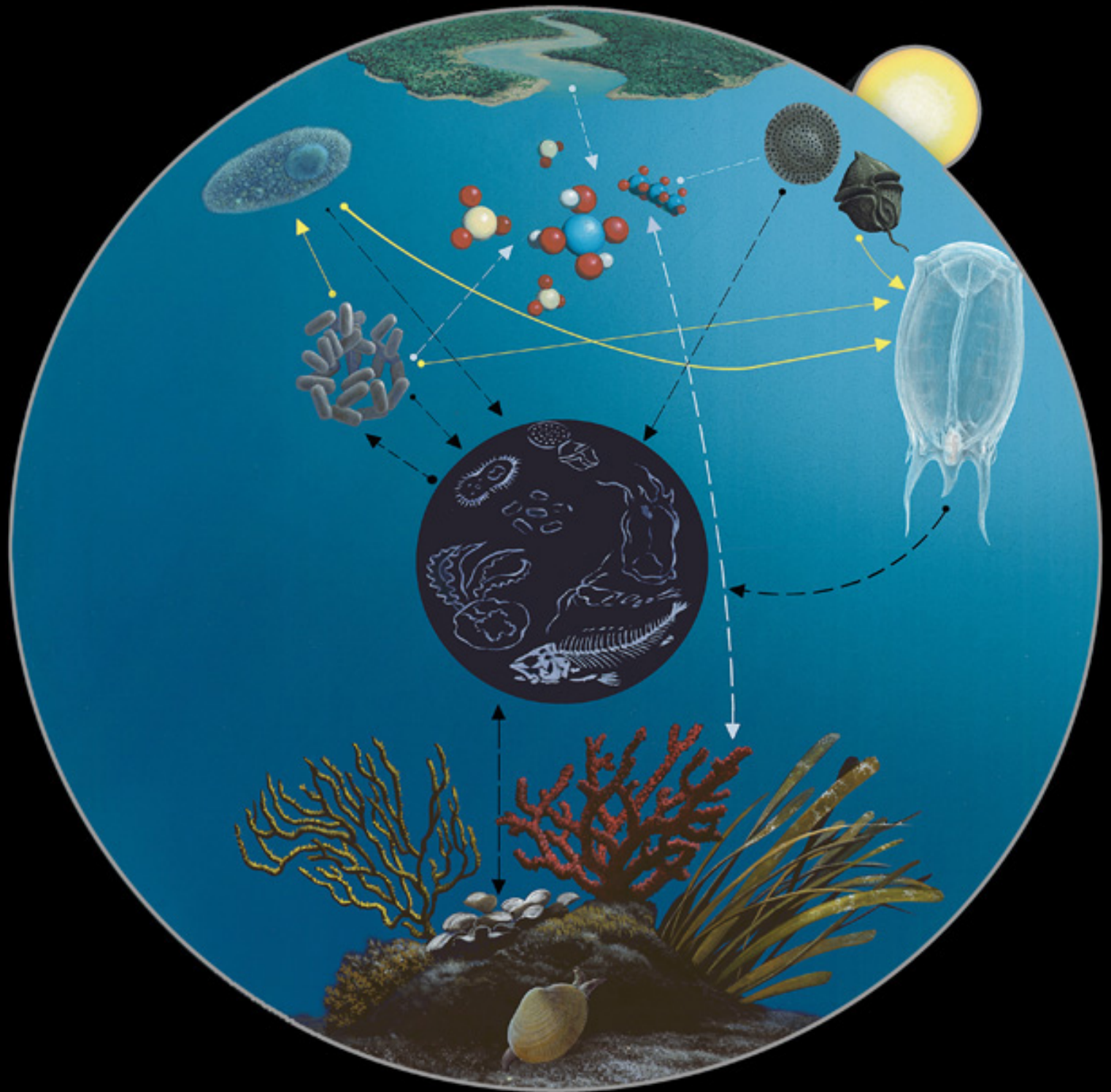
La via crostacei-vertebrati

I copepodi (il piccolo crostaceo alla destra del cerchio nero) e altri crostacei, sono i classici erbivori marini. Sono piccoli, solo alcuni millimetri, e costituiscono la maggior parte dello zooplancton. Si nutrono dei componenti del comparto microbico che, quindi, non è un circolo chiuso, in quanto fornisce energia ai filtratori crostacei. Il plancton comprende organismi di tutte le dimensioni, dai virus e batteri microscopici alle grandi meduse con ombrello di 2 metri di diametro. Essi hanno in comune l'incapacità di nuotare in modo da contrastare le correnti marine. Gli appartenenti al plancton possono essere più grandi di alcuni rappresentanti del necton, cioè degli organismi in grado di nuotare controcorrente. Un piccolo pesce è nectonico, mentre una grande medusa è planctonica! I predatori dei crostacei, oltre ad altri rappresentanti dello zooplancton, i carnivori, sono le larve e gli stadi giovanili dei pesci (sotto il copepode) che, da adulti, costituiscono il necton. L'efficienza della via crostacei-vertebrati, innescata dalla produzione di fitoplancton, seguita dalla produzione di zooplancton erbivoro e poi di zooplancton carnivoro e, infine, dalla produzione del necton, sta alla base delle risorse che traiamo dal mare attraverso la pesca. Questi organismi possono essere una fonte di alimento anche per il bentos quando sono ancora viventi (nel momento in cui entrano in contatto con il fondo) o dopo la loro morte, quando cadono sul fondo. Il bentos è fatto da tutti gli organismi che vivono a contatto col fondo. Alcuni sono sessili (come coralli e alghe) altri sono vagili (come i granchi), alcuni vivono sui fondi duri (rocce, coperte di alghe, gorgonie e coralli), altri su fondi molli (sabbia e fango, in cui vivono bivalvi e altri animali fossori). Le piante marine vivono sia su substrati duri sia su substrati molli. La sostanza organica e i nutrienti sono anche risospesi dal dominio bentonico (attraverso le correnti di risalita).



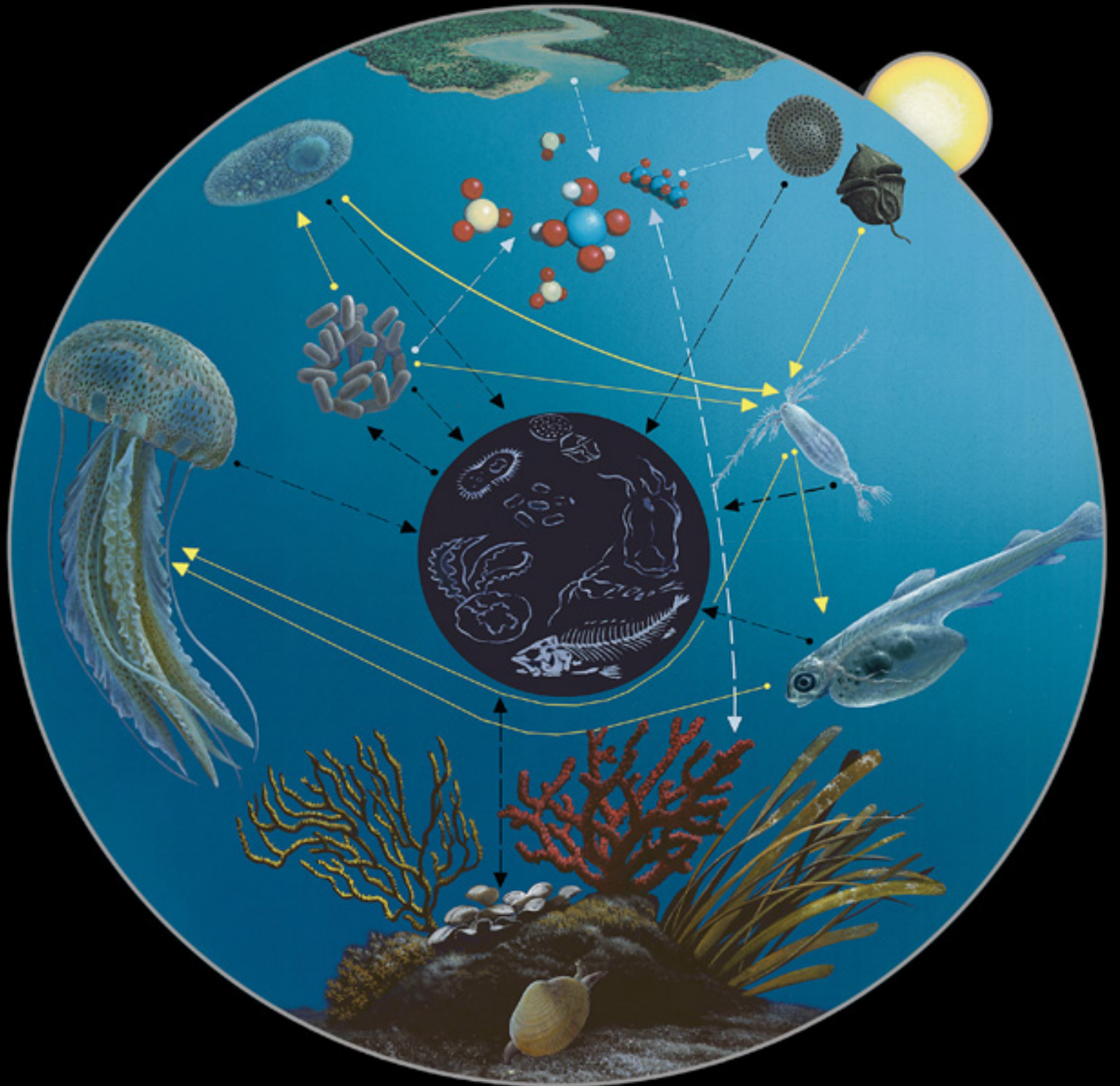
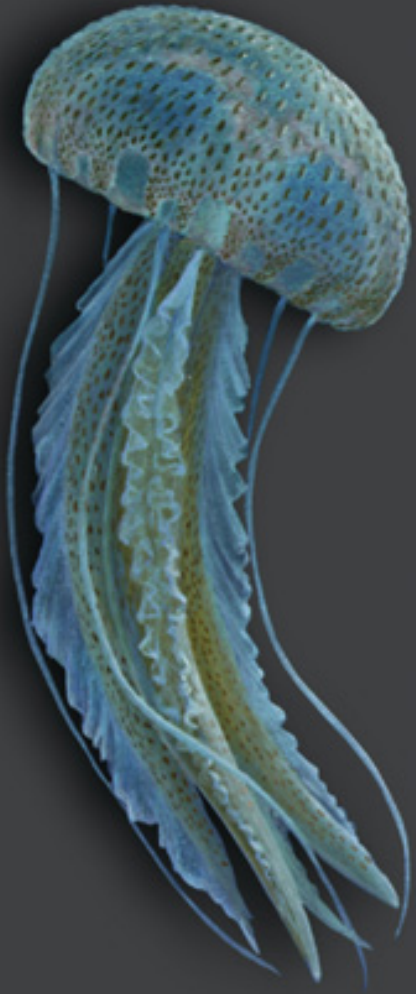
La via dello zooplancton gelatinoso erbivoro

Salpe (subito sotto al fitoplancton), dolioli, pirosomi e appendicolarie fanno parte dello zooplancton gelatinoso erbivoro, nutrendosi della componente microbica, proprio come i crostacei planctonici erbivori. Questi organismi sono cordati, con strette affinità evolutive con i vertebrati. Sono trasparenti e gelatinosi, di dimensioni che variano da pochi millimetri, a diversi metri nelle forme coloniali. Al contrario dei crostacei, una componente piuttosto costante del plancton, questi organismi sono di solito rari o assenti dalla colonna d'acqua ma, improvvisamente, possono diventare molto abbondanti. Quasi tutti filtrano i microbi producendo lamine mucose che trattengono i microorganismi che sono poi ingeriti e digeriti. Molti organismi, noi inclusi, usano il muco prodotto dall'apparato respiratorio per intrappolare patogeni microscopici che vengono poi eliminati. Anche i filtratori usano il muco per intrappolare i microbi, ma poi li usano come fonte energetica. Gli organi respiratori vengono cooptati ad assolvere anche la funzione alimentare! A causa della loro efficienza (hanno altissimi tassi di filtrazione), possono depauperare il mondo microbico, lasciando senza risorse la via crostacei-pesci. Altrettanto improvvisamente come sono venuti, questi animali scompaiono: le esplosioni demografiche sono seguite da improvvisi collassi delle popolazioni. Questi organismi non sono una fonte costante di alimento per predatori coevoluiti con la loro preda e gran parte della loro sostanza organica, una volta morti, cade sul fondo sotto forma di neve marina. Così facendo, rappresentano un corto circuito nei flussi di materia che, dai microbi, dovrebbero arrivare al necton. Quando sono molto abbondanti, essi diventano nostri competitori in quanto usano risorse che, altrimenti, diventerebbero pesci!



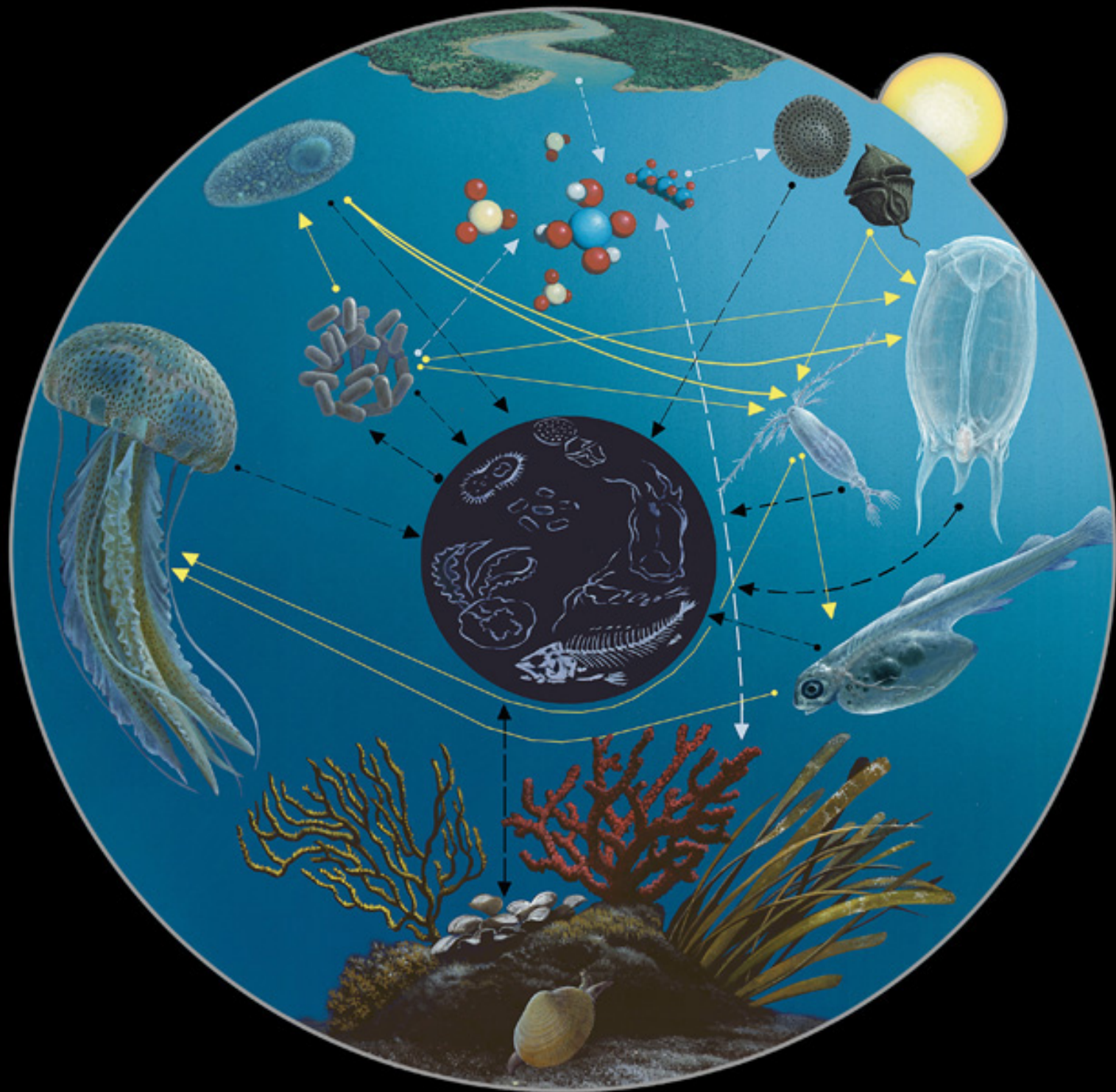
La via dello zooplancton gelatinoso carnivoro

Meduse e ctenofori, i principali componenti del plancton gelatinoso carnivoro (raffigurato da una medusa) sono predatori di crostacei, e di uova, larve, e stadi giovanili di pesci. Le loro prede comprendono animali che raggiungono notevoli dimensioni da adulti, ma che iniziano la loro vita come piccole uova rilasciate in mare, raggiungendo l'età adulta attraverso una serie di stadi di dimensioni crescenti. Gli stadi più piccoli sono sensibili alla predazione del plancton gelatinoso: i peggiori assassini dei grossi pesci sono i predatori delle loro uova e larve! Oltre ad uccidere i pesci, il plancton gelatinoso carnivoro può anche farli morire di fame, cibandosi delle loro prede potenziali: i crostacei che sostengono il necton. L'impatto dello zooplancton gelatinoso carnivoro può portare quasi all'estinzione sia lo zooplancton erbivoro sia il necton, come è avvenuto nel caso eclatante dello ctenoforo alieno *Mnemiopsis* che, in Mar Nero, ha fatto crollare gli stock ittici con la predazione diretta su uova e larve, e con la competizione con larve e giovanili per la predazione sui crostacei, loro preda abituale. Anche i predatori gelatinosi, come gli erbivori gelatinosi, hanno presenze sporadiche e possono essere rappresentati da pochissimi individui, per diventare improvvisamente una componente dominante dei sistemi marini, per poi riscompare di nuovo. Gli erbivori gelatinosi sono un corto circuito nel funzionamento degli ecosistemi perché scardinano la via crostacei-pesci colpendola alla base, mentre i gelatinosi carnivori la cortocircuitano a livelli intermedi (predando sui crostacei) o ai livelli superiori (predando uova, larve e giovanili di pesci). I picchi di plancton gelatinoso non sono aberrazioni della dinamica del plancton ma sono, invece, promotori di cambiamenti che potrebbero anche essere positivi per il funzionamento degli ecosistemi, rimuovendo potenziali monopolizzatori e favorendo la diversità.



Il quadro completo

Gli ecosistemi marini sono regolati da una via di base (la via microbica) che ricicla la materia organica derivante dalla morte e dagli scarti di tutti gli esseri viventi e che produce nuova materia vivente. La produzione microbica sostiene i metazoi in diversi modi, con equilibri variabili tra la via crostacei-vertebrati e le due vie gelatinose alternative, quella degli erbivori e quella dei carnivori. La produzione nella colonna d'acqua rifornisce la maggior parte degli organismi che costituiscono il benthos dove, tuttavia, alghe e piante marine sono importanti produttori primari. Gli eventi raffigurati nel diagramma non avvengono contemporaneamente e, stagione dopo stagione, le componenti acquisiscono importanze differenti, a seconda di chi abbia successo. L'efficacia dei modelli nel prevedere il comportamento di un sistema dipende dalla rilevanza che hanno le variabili descrittive prescelte e dalle connessioni ipotizzate tra esse. Se un modello trascura questi aspetti, il sistema è descritto in modo inaccurato e le predizioni sul suo comportamento futuro saranno tarate dai possibili ruoli che variabili e connessioni mancanti avrebbero potuto giocare. I sistemi ambientali comprendono le interconnessioni tra componenti (variabili) abiotiche (luce, idrodinamismo, nutrienti, etc.) e biotiche (abbondanze relative delle specie, regolate da predazione, competizione, mutualismo, etc.) e la loro identificazione è cruciale per valutare a priori le possibilità euristiche di qualsiasi modello. Questo esempio propone un modello semplice di ecosistema marino, descrivendo le principali vie trofiche che ne permettono il funzionamento. Alcune variabili sono sempre presenti, altre possono giocare ruoli rilevanti solo in alcuni momenti. Il modello deve ora essere collocato in un contesto storico, considerando alcuni promotori di cambiamento. Inoltre bisogna considerare i cicli vitali delle specie, i flussi intraspecifici.



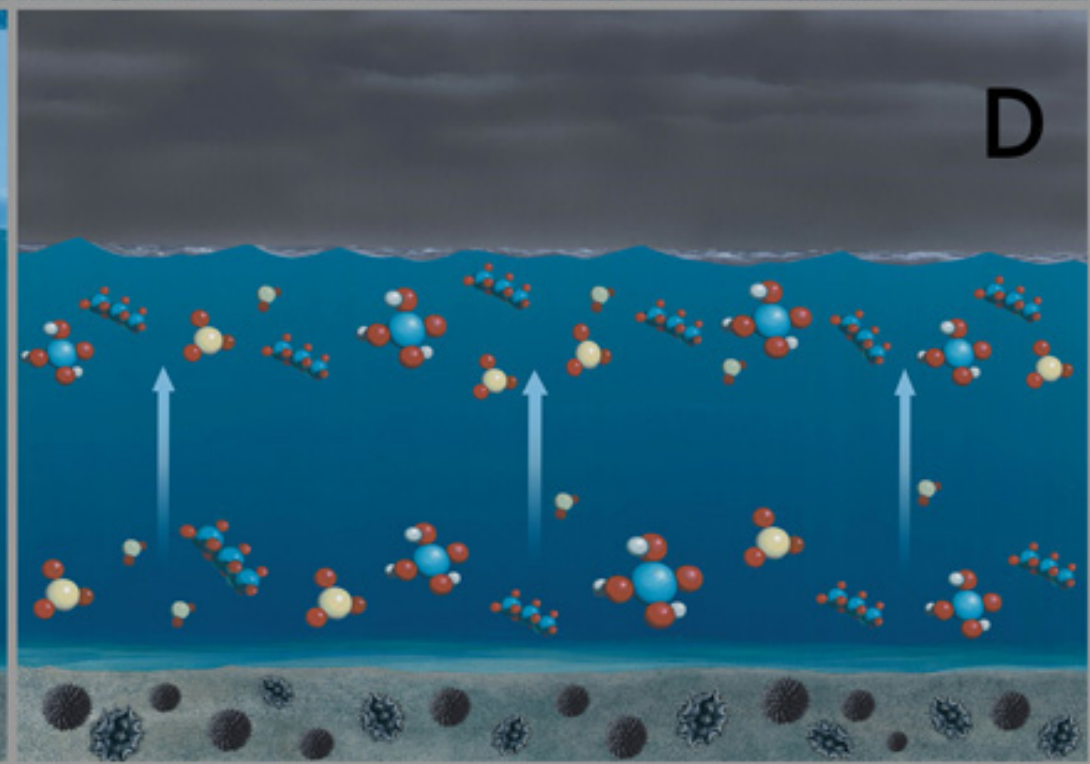
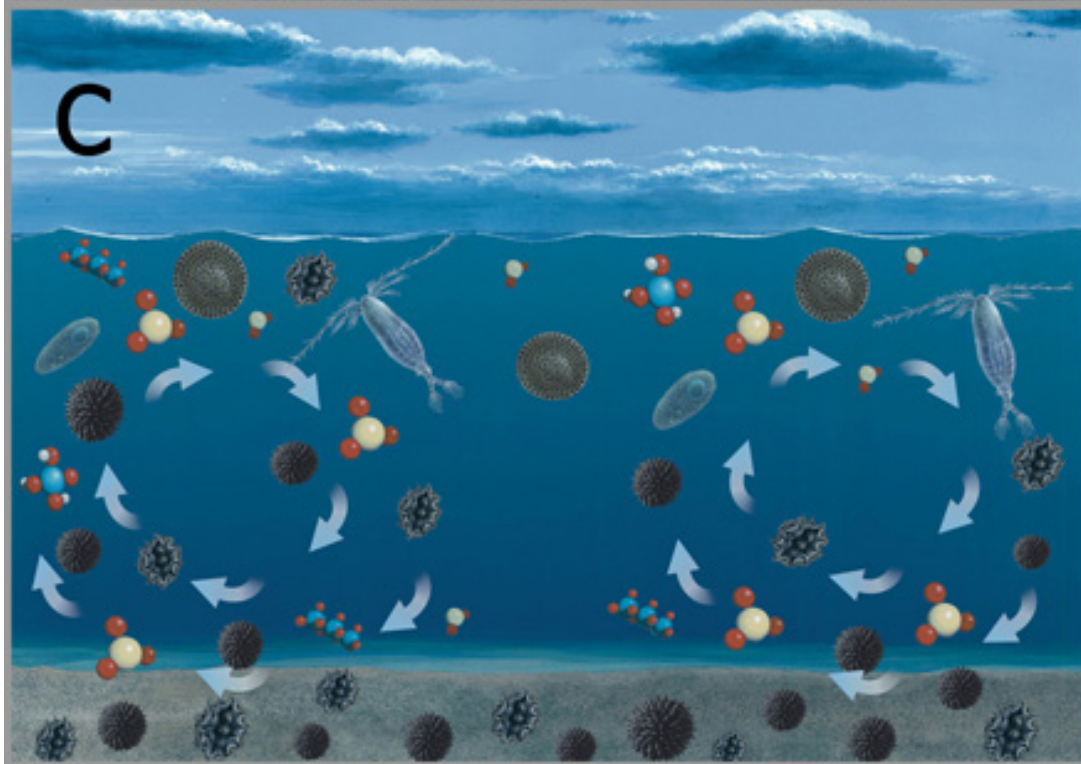
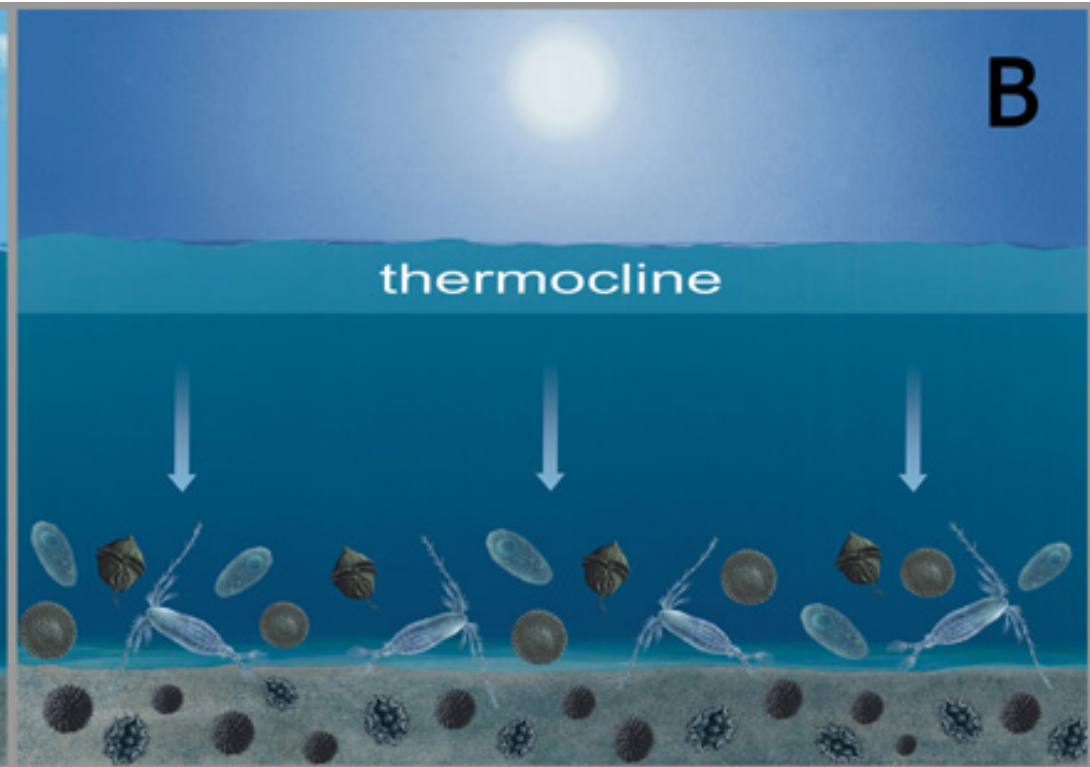
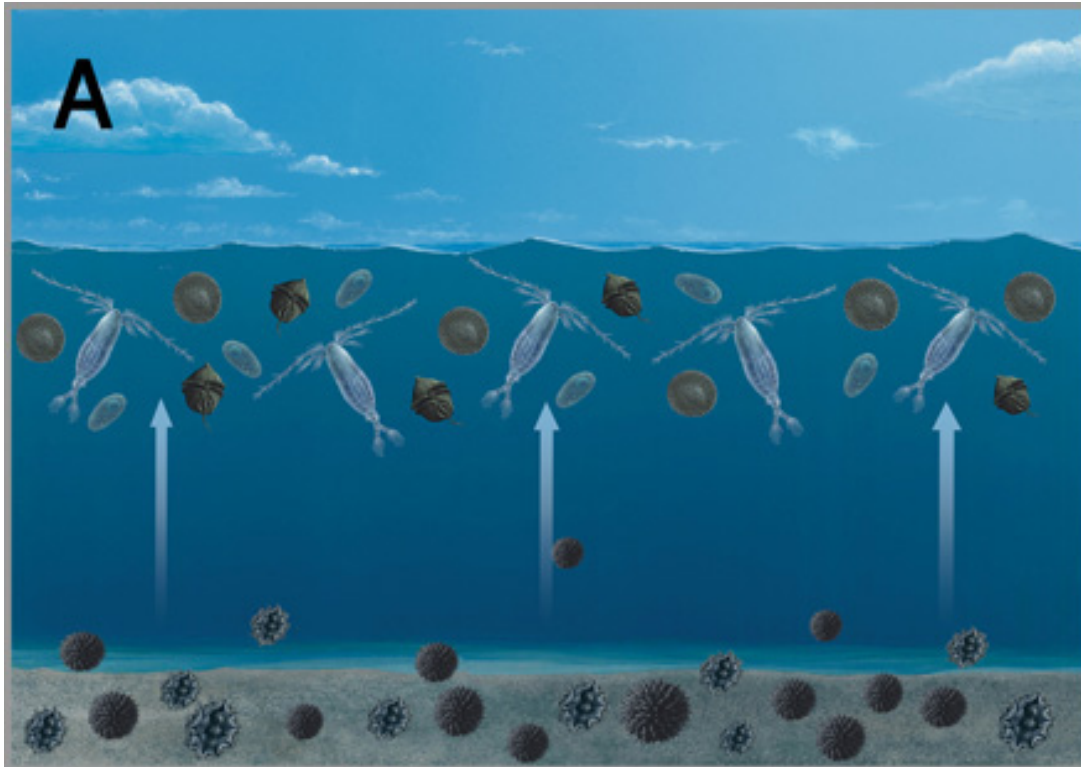
Rapido ricambio

Molte specie di plancton costiero (qui raffigurate nella colonna d'acqua come zoo- e fitoplancton) sono attive per brevi periodi e restano nei sedimenti sotto forma di stadi di resistenza (i vari tipi di sfere nella sabbia) anche per periodi molto lunghi. Un'altra caratteristica importante del funzionamento degli ecosistemi, quindi, è il modo in cui le specie persistono, generazione dopo generazione, attraverso cicli vitali efficienti. La materia esce dalle specie quando gli individui muoiono e sono decomposti (flussi extraspecifici), fluisce da una specie all'altra quando una preda è mangiata da un predatore (flussi interspecifici), e fluisce all'interno delle specie, da una generazione all'altra, attraverso i cicli vitali (flussi intraspecifici). Importanti cambiamenti di assetto nella struttura e nella funzione dei sistemi marini sono possibili in tempi molto più brevi rispetto alla terra per un motivo molto semplice: gli ecosistemi terrestri sono sostenuti da una produzione primaria espletata da organismi a vita lunga, con cicli vitali lenti (gli alberi), che costituiscono il paesaggio; nei sistemi marini, i microbi fotosintetici (dai batteri ai protisti) sostengono il funzionamento degli ecosistemi senza formare una struttura perenne (le praterie di piante marine e le foreste di alghe sono eccezioni), e il funzionamento degli ecosistemi è garantito dal rapido ricambio, basato su rapide crescite delle popolazioni (picchi, bloom) seguite da periodi di scarsità produttiva (durante i quali le specie sono rare oppure sopravvivono sotto forma di stadi di resistenza). La situazione viene azzerata ogni anno, con cicli stagionali annuali, definiti dall'alternanza di stagioni calde e fredde (o da stagioni secche e delle piogge).



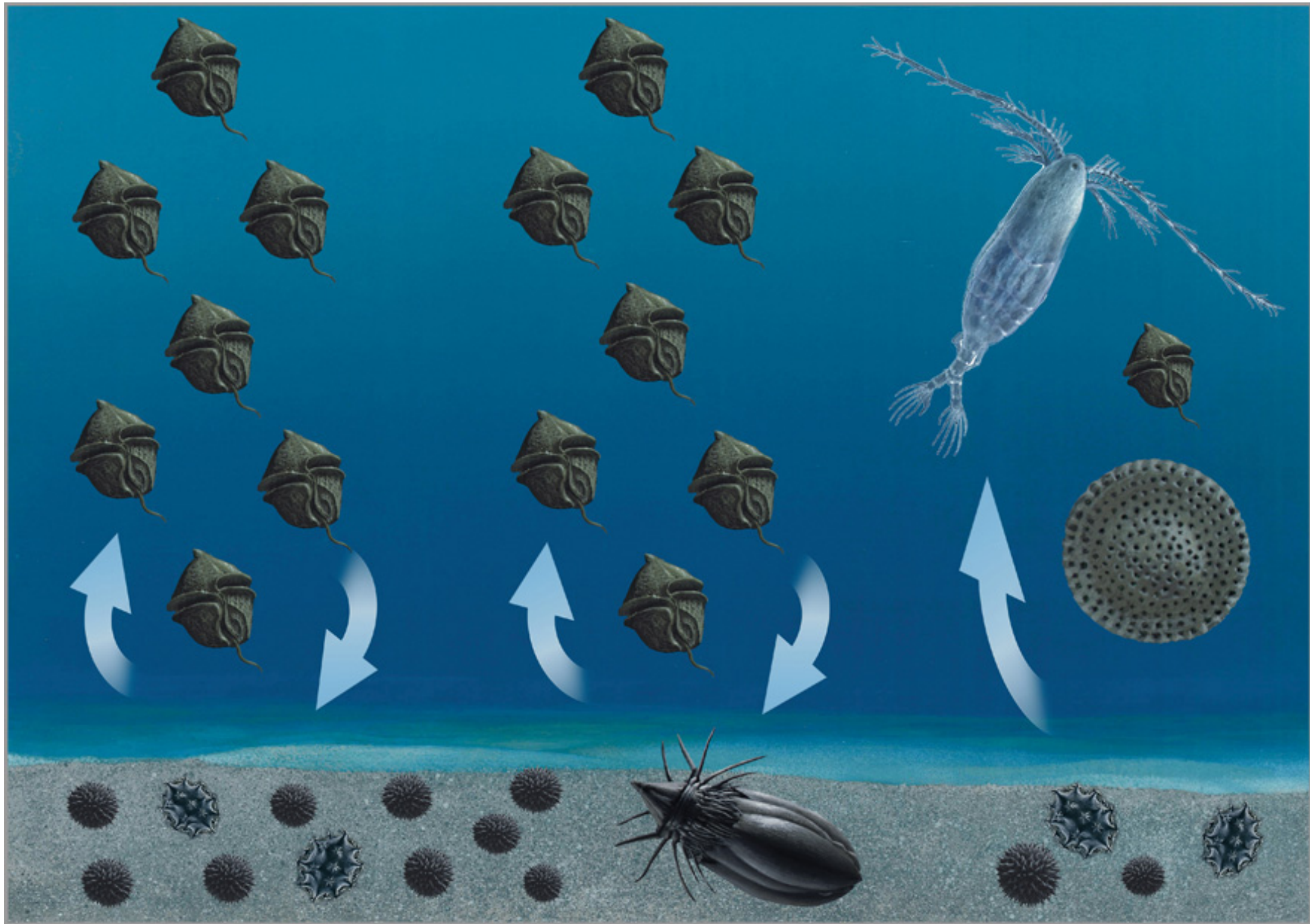
Stagionalità

In primavera (A) la schiusa degli stadi di resistenza rilancia il ciclo del plancton, basato sull'utilizzazione dei nutrienti rispospesi durante l'inverno. Prima il fito- e poi lo zooplancton vanno incontro a picchi di abbondanza (non necessariamente dovuti alle stesse specie ogni anno). In estate (B) l'insorgere di un forte termocline (la divisione netta tra le acque superficiali calde e quelle profonde più fredde) porta a stratificazione delle acque, il plancton ormai in declino cade verso i sedimenti sia sotto forma di cadaveri sia sotto forma di stadi di resistenza. In autunno (C) si può verificare un picco minore di plancton, a seguito di disponibilità di nutrienti dovuta sia alla decomposizione del plancton estivo sia a apporti terrestri innescati dalla stagione delle piogge. In inverno (D) la risospensione dei nutrienti avviene a causa del rimescolamento delle acque dovuto all'omeotermia (la stessa temperatura in tutta la colonna d'acqua (circa 13 °C in Mediterraneo) e alla turbolenza dovuta alle tempeste. Gli stadi di resistenza di molti planctonti (sia fito- che zoo-) iniziano ad attivarsi nei sedimenti, ponendo le basi per i picchi futuri. Il ciclo ricomincia la primavera seguente. Le dinamiche stagionali sono più o meno le stesse anno dopo anno, ma gli attori possono cambiare, a causa della prevalenza alterna di gruppi differenti (ad esempio diatomee e dinoflagellati, copepodi e salpe, meduse e pesci). La prevalenza di alcuni gruppi al posto di altri può cambiare drasticamente i processi ecologici, portando a diverse condizioni degli ecosistemi.



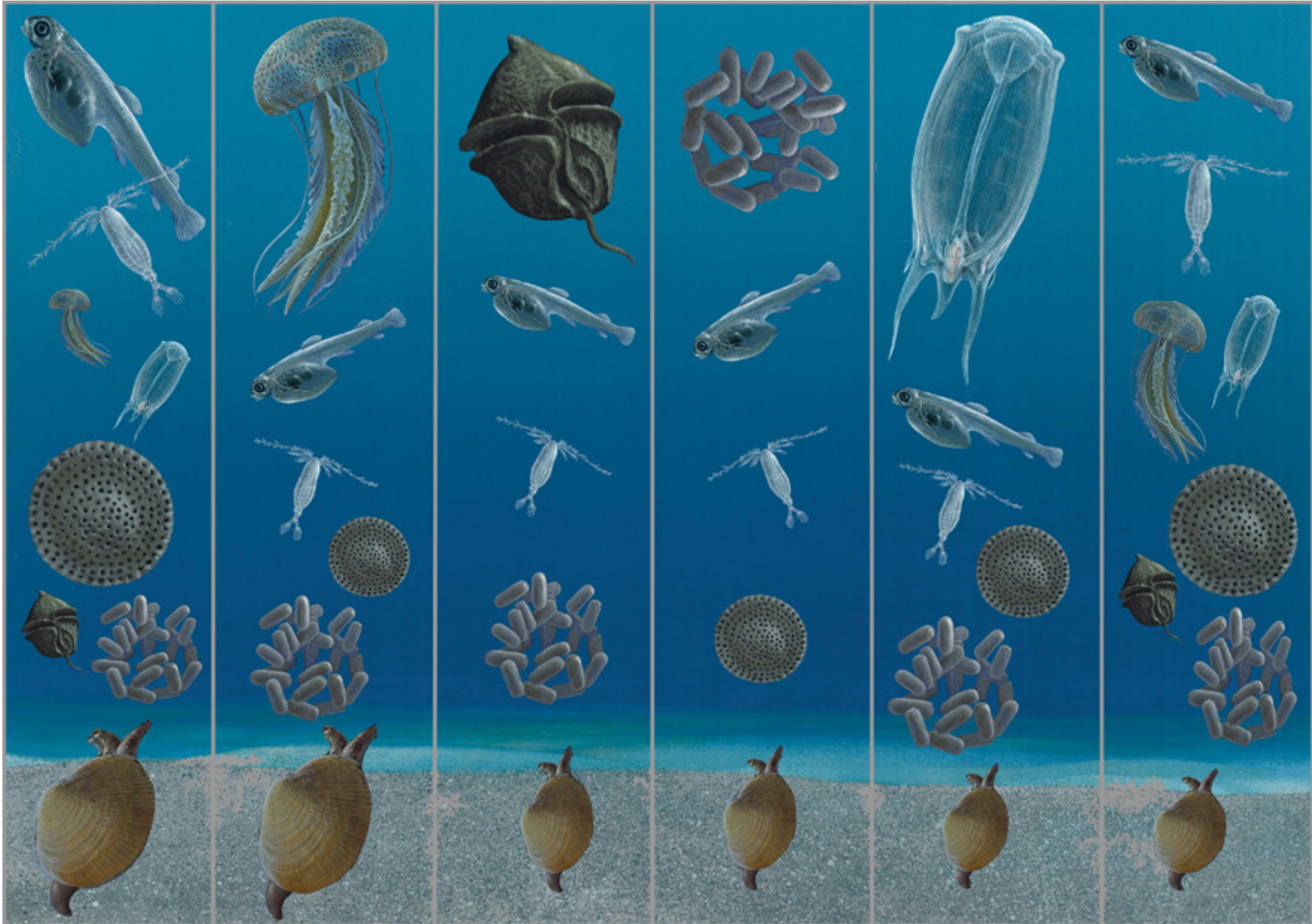
Su piccola scala...

Il funzionamento su grande scala degli ecosistemi, sia nello spazio sia nel tempo, è il risultato di eventi che avvengono su scale molto minori e che, momento dopo momento, millimetro dopo millimetro, influenzano la struttura e le funzioni degli ecosistemi marini. L'esempio prescelto riguarda la diversità del plancton e le sue dinamiche. Se una data specie prevale in un dato momento (ad esempio un dinoflagellato), formando un bloom monospecifico, essa rifornirà le banche di stadi di resistenza nei sedimenti con grandi quantità dei propri stadi di resistenza che, al sopraggiungere della stagione favorevole seguente, dovrebbero innescare un altro bloom della specie, portando ad una sua prevalenza persistente. Questo avviene raramente. Si ipotizza che la predazione della meiofauna (i piccoli animali che vivono assieme agli stadi di resistenza, negli interstizi del sedimenti, qui esemplificati da un loricifero) sulla banca stadi di resistenza possa rimuovere le forme resistenti delle specie di maggior successo della stagione precedente, ristabilendo equità nella banca, portando all'espressione di una comunità planctonica diversificata. Molti membri della meiofauna hanno pezzi boccali perforanti e faringi succhiatori, ed è altamente probabile che si nutrano di forme di resistenza. Se così fosse, la diversità del plancton potrebbe essere regolata da predazione di stadi di resistenza da parte della meiofauna nelle sabbie e nel fango. Quest'ipotesi è basata su prove circostanziali. Gli studi ecologici nei sedimenti considerano o gli stadi di resistenza o la maiofauna: le due componenti vivono assieme, ma sono studiate isolatamente, come se l'altra non esistesse. In questo caso la meiofauna sarebbe una corporazione keystone, in quanto contribuirebbe a mantenere alta la diversità rimuovendo potenziali monopolizzatori delle comunità, lasciando spazio ad altre componenti. La diversità del plancton potrebbe essere regolata dalla meiofauna!



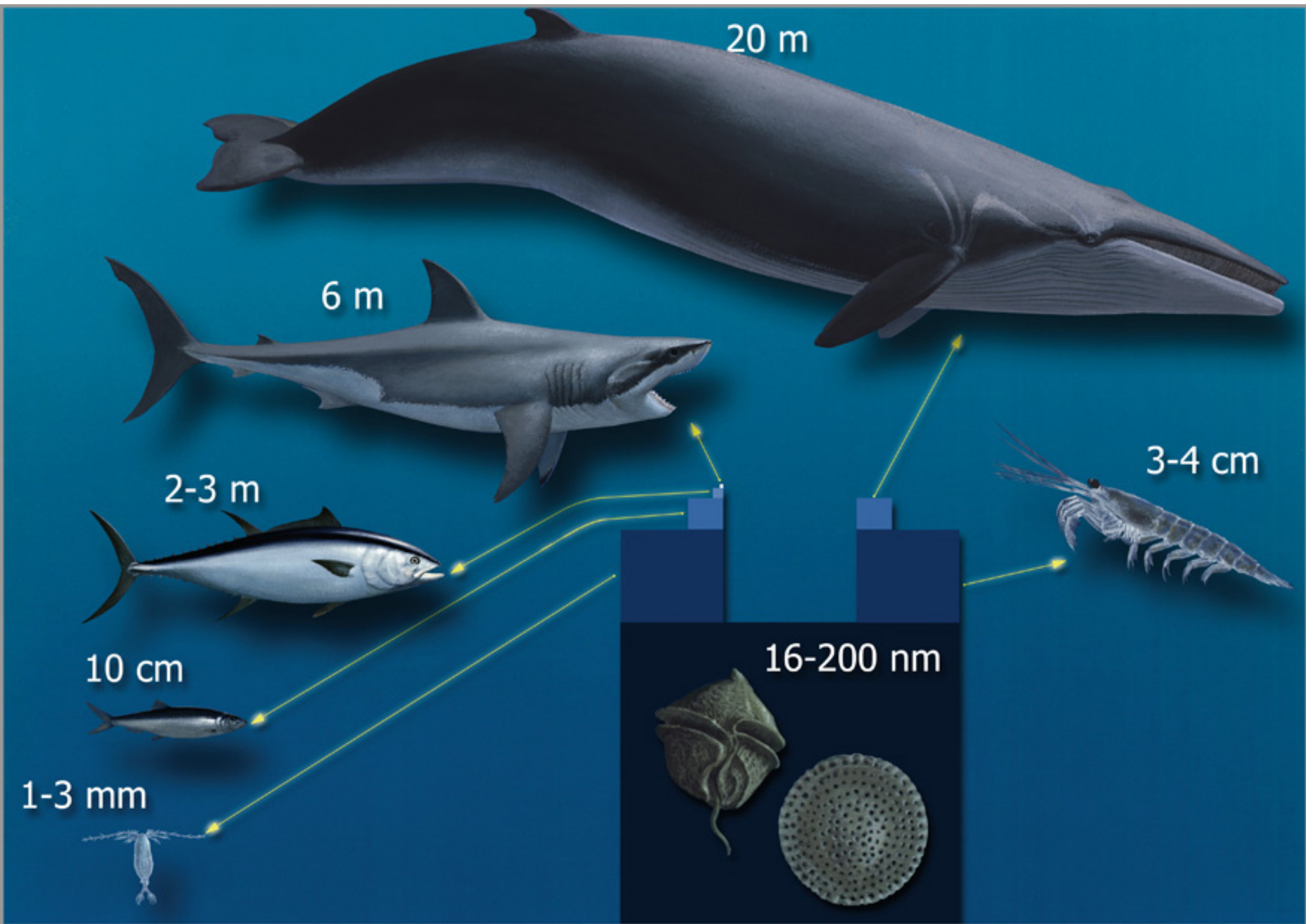
Il ruolo della storia

Il funzionamento degli ecosistemi è regolato dalla storia. La figura ricostruisce la storia del Mare Adriatico negli ultimi 30 anni. Il Periodo 1 rappresenta la situazione prima degli anni Ottanta, quando la via microbica sosteneva la via crostacei-pesci, portando a grande redditività della pesca. Nei primi anni Ottanta, il Periodo 2 fu caratterizzato dalle esplosioni demografiche del plancton gelatinoso carinivoro, in particolare la medusa *Pelagia noctiluca*, che scardinarono il sistema, impoverendo la via crostacei-pesci. Negli anni successivi, Periodo 3, l'Adriatico fu afflitto dalle maree rosse, probabilmente innescate dalla rimozione dei crostacei erbivori da parte della predazione delle meduse che favorì specie opportuniste come i dinoflagellati. Le maree rosse causarono mortalità massive nel benthos (qui rappresentate da una minore dimensione del bivalve), portando ad un incremento dello sforzo di pesca a causa della scarsità di risorse, il che portò al depauperamento dei consumatori bentonici di sostanza organica, qui raffigurati col mollusco bivalve. A questo stadio, nel Periodo 4, i batteri dominarono una rete trofica molto semplificata, portando alla formazione delle mucillagini. Nel Periodo 5, i bloom occasionali di zooplancton gelatinoso erbivoro rimossero i batteri dalle acque, ripulendole, senza con questo favorire la via crostacei-pesci. Attualmente, Periodo 6, anche a causa del riscaldamento globale, la situazione rappresenta una mescolanza degli scenari raffigurati nei periodi 2-4 e il prodotto della pesca non è più così alto come in passato, in termini di produzione per sforzo di pesca. Tutti questi eventi potrebbero esser stati innescati dai bloom di meduse dei primi anni Ottanta (Periodo 2) che potrebbero aver impoverito le acque adriatiche proprio come ha fatto lo ctenoforo *Mnemiopsis* in Mar Nero, decimando le popolazioni dei pesci.



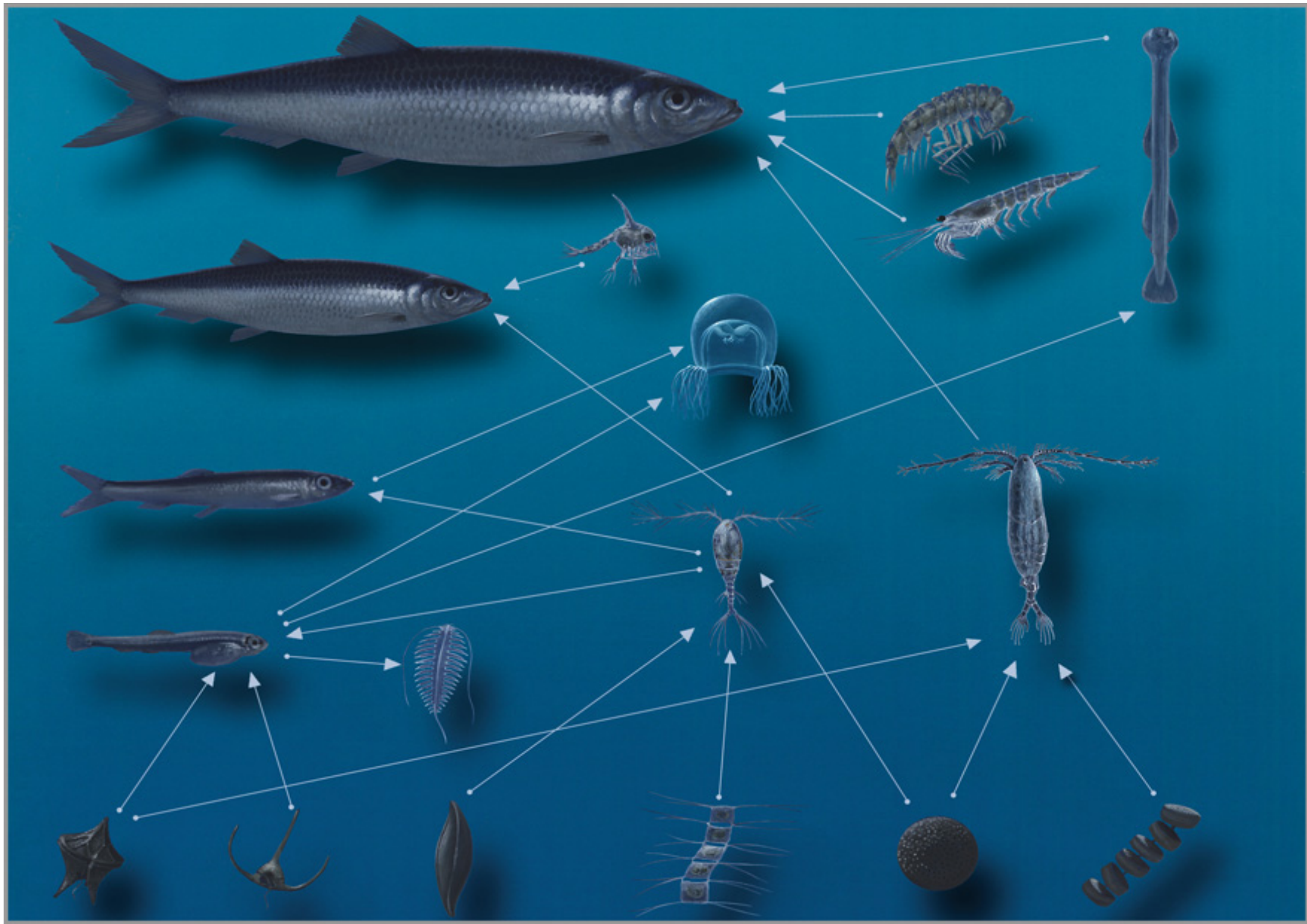
Chi mangia chi?

Abbiamo visto che il funzionamento degli ecosistemi si basa sull'efficienza dei cicli vitali (i flussi di materia all'interno delle specie: cicli intraspecifici), l'efficienza dei cicli biogeochimici (i flussi della materia vivente potenziale quando non forma esseri viventi: i flussi extraspecifici) e l'efficienza delle reti trofiche (i flussi di materia tra le specie, dai produttori primari ai consumatori ai decompositori: i flussi interspecifici). Le piramidi alimentari sono spesso impiegate per individuare la posizione di una specie all'interno di una rete trofica, mostrando le quantità di materia vivente dei vari tipi che sono necessarie per costruire una data quantità di nuova materia vivente. Una regola generale (con molte eccezioni) è che solo il 10% di quel che è presente ad un livello trofico (ad esempio i produttori primari del fitoplancton) viene passato al livello trofico immediatamente superiore (ad esempio lo zooplancton erbivoro). Lo zooplancton erbivoro è preda dei pesci planctivori (o dello zooplancton carnivoro, non mostrato qui: le meduse) che a sua volta è mangiato dai pesci piscivori (ad esempio il tonno) a loro volta mangiati dai predatori apicali, come gli squali. Per cui un kg di predatore apicale (uno squalo, o un tonno, o un delfino) richiede dieci kg della sua preda (pesci di minori dimensioni) che sono stati formati con un quintale di prede (ad esempio crostacei) che, a loro volta, hanno richiesto una tonnellata di fitoplancton. E' emblematico che gli animali più grandi che siano mai esistiti, le balene, non siano predatori apicali ma che, invece, mangino eufausiacei (il krill) attingendo energia a livelli intermedi, dove le biomasse sono ancora grandi. Sulla terra noi alleviamo solo erbivori, a scopi alimentari. In mare abbiamo la tendenza ad allevare carnivori di secondo livello (carnivori che si nutrono di carnivori) per poi mangiarli. Questo porta a pressioni anomale sugli ecosistemi naturali.



Quale è la posizione trofica dell'aringa?

L'aringa è una serie di stadi che descrivono il suo ciclo biologico. Qui non è mostrato l'uovo e i primi stadi larvali (che vivono a spese delle riserve presenti nell'uovo) e la vita dell'aringa inizia con uno stadio giovanile che si ciba di fitoplancton e di copepodi che si cibano a loro volta di fitoplancton. Lo stadio giovanile può essere predato da chetognati (in alto a destra), da policheti planctonici (subito a destra del giovane pesce) e da varie specie di predatori gelatinosi (qui rappresentati da una idromedusa). Man mano che cresce, l'aringa cambia dieta e diventa sempre più invulnerabile ad alcuni predatori, tanto che i chetognati, che si nutrono di giovanili di aringa, sono a loro volta la preda delle aringhe adulte. Ognuna delle specie che entrano in questo schema, a sua volta, ha una rete di relazioni molto ampia con il resto delle comunità a cui appartiene (qui sono mostrate solo le relazioni con l'aringa). L'intrico di rapporti è vastissimo e rapidamente unisce plancton e bentos, acque superficiali e acque profonde, organismi di grandi dimensioni (che si cibano delle aringhe) a organismi di piccole dimensioni (il cibo delle aringhe). Studiare l'ecologia e la biologia dell'aringa porta inevitabilmente a studiare l'intero ecosistema che ne permette la vita. Focalizzare l'attenzione sulla specie bersaglio, estraendola dal contesto ecosistemico in cui si trova, non porta a piena comprensione dei processi che ne permettono la vita e, se questa specie è oggetto di pesca, ad una buona gestione della risorsa. E' per questo che, negli ultimi anni, si chiede anche alla pesca di adottare un "approccio ecosistemico".



Gli attori... e un ospite speciale

- 1 Cadaveri e escrementi che diventano sostanza organica particolata
- 2 Nutrienti derivanti dalla decomposizione della sostanza organica particolata
- 3 Batteri eterotrofi
- 4-8 Diatomee, una componente del fitoplancton
- 9-11 Dinoflagellati, una componente del fitoplancton
- 12-13 Stadi di resistenza di organismi planctonici
- 14 Loricifero, un componente della meiofauna
- 15 Ciliato, un componente dei protisti eterotrofi
- 16 Chetognato, un componente dello zooplancton carnivoro
- 17-20 Crostacei, componenti del plancton erbivoro
- 21 Polichete, componente dello zooplancton carnivoro
- 22 Salpa, componente del plancton gelatinoso erbivoro
- 23-24 Meduse, componenti del plancton gelatinoso carnivoro
- 25 Pianta marina (*Posidonia*), componente del benthos di fondo molle e duro
- 26 Alghe, componenti del benthos di substrato duro
- 27 Gorgonia e corallo, componenti del benthos di substrato duro
- 28 Mollusco bivalve, componente del benthos di substrato molle
- 29-32 Stadi del ciclo vitale di un pesce planctofago
- 33 Tonno, un pesce piscivoro
- 34 Squalo bianco, un predatore apicale
- 35 Balena, un predatore intermedio
- 36 Noi, l'ospite speciale

Tutti questi attori contribuiscono a produrre il cibo che arriva sulle nostre tavole, come suggerito dall'illustrazione sul retro copertina.



I compartimenti, le specie, e noi

I compartimenti ecologici (ad esempio fitoplancton, zooplancton erbivoro o carnivoro, necton, predatori apicali) come quelli rappresentati nella tavola “Chi mangia chi?”, sono raffigurati come se fossero costituiti da singole specie (rappresentate dagli adulti). Non conosciamo la lista completa delle specie che abitano il mare. Se ne descrivono sempre di nuove e, inoltre, conosciamo i ruoli di poche delle specie conosciute. Se prendiamo una specie intermedia nella piramide ecologica che descrive una rete trofica (ad esempio un pesce planctivoro come l'aringa), ci rendiamo conto che la sua posizione non è costante e che essa può giocare ruoli differenti a seconda dello stadio del ciclo vitale che viene considerato. Quale è il ruolo di un pesce di medie dimensioni come l'aringa, dato che i suoi adulti possono predare i chetognati ma esserne preda da larve e giovanili? Il “modello”, inoltre, non considera gli umani. L'impatto dell'inquinamento, l'estrazione delle risorse, la presenza umana in generale, non vengono qui considerati. Il numero di variabili, in questo contesto, diventa intrattabilmente alto. La scienza tende a semplificare i sistemi complessi, rimuovendo le complicazioni non necessarie per facilitare l'analisi. Questa tendenza, tuttavia, non può portare a sistemi troppo semplificati, che non riflettano la complessità del mondo reale. Occorre trovare un opportuno bilanciamento tra semplicità e complessità se vogliamo davvero comprendere ciò che è accaduto e inferire su ciò che potrebbe accadere. Il ruolo della storia naturale è ancora vitale per comprendere il mondo, almeno su questo pianeta, dove la vita è il marchio di fabbrica dell'ambiente.

Scale temporali e spaziali

E' evidente, da quanto sopra, che il funzionamento dei sistemi marini è influenzato da eventi che variano dalla piccola alla grande scala, a volte a livello globale, fino alla scala microscopica. Il cambiamento globale del clima, innescando i periodi di turbolenza massima, potrebbe alterare significativamente i cicli di fito- e zooplancton, influenzando così il resto delle reti trofiche. La presenza di stadi microscopici di resistenza nei sedimenti determina la composizione del plancton. Le continue fluttuazioni dovute a eventi stagionali mescolano gli attori di questa commedia ecologica e il gioco non è mai lo stesso, anno dopo anno. A volte si verificano regolarità ricorrenti per un po' di tempo, ma quando la regolarità viene individuata, quasi invariabilmente scompare, per essere sostituita da un'altra serie di eventi.

E' evidente che, a questo stadio delle nostre conoscenze, non abbiamo ancora scoperto tutte le variabili rilevanti, e tutte le connessioni che le collegano. Il recente riconoscimento della via microbica (conosciuta come microbial loop) è solo l'inizio della ricostruzione di uno scenario molto diversificato rispetto a quello previsto dalla serie nutriente-fito-plancton-zooplancton-pesci-uomo. Il ruolo dei sink gelatinosi, degli stadi di resistenza, della meiofauna, sta aggiungendo complessità ad uno scenario troppo semplificato che, poi, deve essere inserito in un contesto storico. La storia naturale ha un ruolo cruciale per la ricostruzione di modelli concettuali come quello dipinto sopra, basato sull'osservazione e, a volte, sull'evidenza sperimentale. Una volta che le variabili e le connessioni siano conosciute, sarà allora possibile cercare di ricostruire modelli che tentino di prevedere il comportamento del sistema. La parola "prevedere", in questo caso, tuttavia promette forse troppo. La storia non può essere predetta, e questi sono sistemi storici. La storia è regolata da vincoli e contingenze. I vincoli sono la faccia semplice della medaglia, e portano a scenari prevedibili. Le contingenze sono impossibili da predire, e sono il rimescolamento delle carte nel gioco. Un vincolo è che ci sono quattro assi, la contingenza è quando verranno estratti dal mazzo e quali giocatori li avranno. Più conosciamo le carte, e più le possiamo contare mentre escono, tanto più ne sapremo del gioco e tanto più facile sarà tentare di fare previsioni. Ma ogni mano del gioco è un mondo a sé e, in mare, ogni ciclo stagionale è una nuova mano. Inoltre, nel mondo reale, le carte possono cambiare durante il gioco, ad esempio quando arriva una specie aliena, o quando nuove specie evolvono e vecchie specie si estinguono.

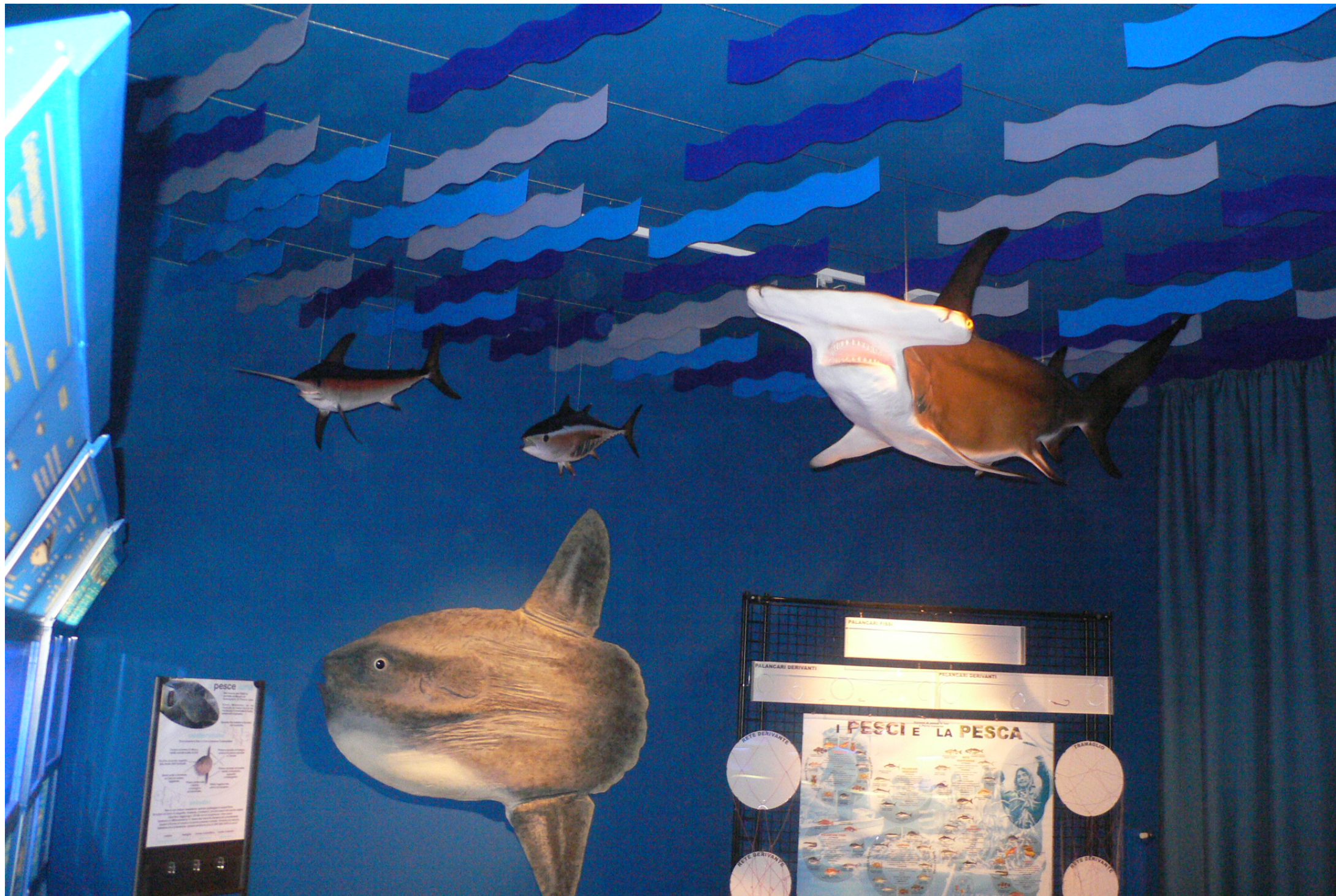
I musei naturalistici custodi della biodiversità

I musei naturalistici sono ritenuti i custodi della biodiversità animale e vegetale perché le loro collezioni costituiscono documento dell'esistenza delle specie attuali e di quelle estinte.

Nei musei sono custoditi gli "olotipi" delle specie, indispensabili punti di riferimento per gli studiosi di tassonomia.

Le collezioni da un lato documentano la ricchezza del patrimonio naturalistico e dall'altro evidenziano l'impovertimento in termini di specie, dovuto alla progressiva estinzione delle stesse. Di vitale importanza nello studio delle specie attuali sono le antiche ricerche svolte da scienziati dei secoli scorsi, di esse rimane documento nei musei naturalistici.

Oggi i musei naturalistici non sono più luoghi polverosi, seppur pieni di fascino, com'erano qualche decennio fa. Accanto alla funzione di conservazione dei reperti, infatti, si è notevolmente incrementata la funzione didattico-educativa basata sui contenuti delle stesse collezioni. Il significato e l'importanza della biodiversità si palesano attraverso i reperti a vantaggio dei fruitori del museo. Per questo, oggi i musei sono in grado di fornire un contributo significativo alla conoscenza della biodiversità in contesti di educazione non formale e possono costituire supporto ed ampliamento alla conoscenza di concetti poco o per niente esplicitati nei programmi scolastici, soprattutto in relazione ad evoluzione e biodiversità. Il pubblico dei musei naturalistici è in prevalenza giovane, moltissime sono infatti le classi scolastiche che durante l'anno vi si recano in visita. Domani i giovani di oggi opereranno interventi di salvaguardia ambientale, oggi essi possono comprendere la biodiversità, oltre che sui libri e sul campo, anche attraverso il fascino di una visita al museo naturalistico.



pesce
Il pesce è un animale a sangue freddo, che vive in acqua e si muove grazie alle pinne. Ha un corpo allungato e una bocca grande. Si nutre di alghe, piccoli animali e altri pesci. I pesci sono molto importanti per l'uomo, sia come fonte di cibo che come animali da compagnia.

PALANCARI FISSI

PALANCARI DERIVANTI **PESCENTI DERIVANTI**

RETE DERIVANTE **TRABACCO**

RETE DERIVANTE **RETE DERIVANTE**

I PESCI E LA PESCA

Diagram illustrating fish and fishing methods, including a large fish and various fishing gear like nets and trawls.

Conclusioni

La conoscenza della storia naturale è essenziale per comprendere il ruolo della biodiversità nel funzionamento degli ecosistemi. Per storia naturale non si intende, qui, il vecchio approccio puramente descrittivo al mondo della natura. Il fondatore della moderna storia naturale è proprio Charles Darwin che, mirabilmente, coniugò la nascente biologia evoluzionistica con la non ancora nata ecologia. L'Origine delle Specie, il libro che più di ogni altro ha cambiato la nostra visione del mondo, non è solo un libro di ecologia ed evoluzione, è soprattutto un libro di filosofia. E ha indicato una linea di ricerca che sta ancora dando ottimi frutti. Ecologia ed evoluzione sono due facce della stessa medaglia e i loro approcci, assieme, sono essenziali per comprendere come è fatto e come funziona il mondo che ci sostiene. Pensare di modificare questo mondo, per farlo meglio rispondere alle nostre necessità, non può portare a buoni risultati se non si conosce la storia naturale. Modificare un sistema di cui non si conoscono né la struttura (ad esempio in termini di semplice numero di specie descritte) né la funzione (chiarendo i ruoli e i rapporti tra le specie) raramente porta a buoni risultati. È ovvio che non possiamo attendere di “sapere tutto” prima di fare qualcosa, ma i disastri causati dagli apprendisti stregoni del controllo della natura ci ammoniscono, ad esempio con il cambiamento climatico globale, la desertificazione, l'esaurimento delle risorse naturali, dal continuare sulla strada della tecnologia non basata su solida conoscenza scientifica.

Purtroppo, in tutto il mondo, la ricerca di base viene mortificata ad esclusivo vantaggio della ricerca tecnologica, mirata alla produzione. Questo errore strategico si basa su una cultura che vede l'uomo come fuori dalla natura e che ritiene che tutto gli sia concesso e permesso. Questo atteggiamento, oltre che essere eticamente scorretto, ha severe controindicazioni proprio per la nostra sopravvivenza. Se i sistemi naturali che ci sostengono non vengono gestiti in modo saggio, basato sulla conoscenza della loro struttura e della loro funzione in condizioni naturali, sarà solo un caso se potranno resistere a perturbazioni miranti a “migliorarne le caratteristiche”. Sostituire la selezione naturale con la selezione artificiale, dicendo che sono la stessa cosa, è indice di immane superbia, una superbia forse pari all'ignoranza di chi opera con queste presunzioni. I vantaggi acquisiti nel breve termine si trasformano in svantaggi nel lungo termine. Una lettura alternativa agli eventi storici potrebbe forse farci capire che alcune delle grandi civiltà del passato arrivarono al collasso perché, semplicemente, i sistemi ecologici che le sostenevano non resistettero più alla pressione su di essi esercitata. Oggi, il sistema che ci regge è il mondo intero. E la nostra pressione è fortissima. La tecnologia forse ci aiuterà a superare il problema, ma la soluzione diventerà a portata di mano quando la consapevolezza della nostra posizione nella biodiversità e del nostro ruolo nel funzionamento degli

ecosistemi entrerà a far parte della nostra cultura. Il progresso più necessario è quello culturale, mirante a formare una nuova filosofia, finalmente rispettosa degli insegnamenti di Darwin e delle discipline da lui fondate. Questo poi diventerà, auspicabilmente, la base fondante di una nuova tecnologia, rispettosa del nostro posto all'interno della natura. Come ospiti e non come padroni.



© 2010 CASPUR-CIBER Publishing - Pubblicazioni ecosostenibili
<http://www.caspur-ciberpublishing.it/>
<http://siba-ese.unisalento.it/>

eISBN 978-886561-003-9 (electronic version)

