

L'ecosistema marino. A cura del prof. S. F. Satta 14/09/2017

Per ecosistema si intende l'insieme di esseri viventi (componente biotica) e non viventi (componente abiotica) di un determinato ambiente. Studiare l'ecosistema marino significa studiare le diverse componenti del mare e le relazioni che intercorrono tra di esse.

Fattori abiotici. Il principale elemento dell'ecosistema marino è l'acqua intesa come soluzione complessa di elementi che formano i sali in essa presenti. I mari della terra contengono tutti gli elementi della Tavola Periodica, ma in concentrazioni differenti. Tra le **caratteristiche chimico-fisiche dell'acqua** di mare che influenzano molti fenomeni che in essa si verificano, si segnalano la presenza di: Sali e gas, densità, temperatura, pressione, movimenti, luce e colore.

Sali e gas. La salinità indica la quantità di sali disciolti nelle acque marine e provenienti dal costante apporto di sostanze saline da parte dei fiumi che scorrono sulle terre emerse e anche dei vulcani sottomarini. La salinità è: il peso espresso in grammi dei sali contenuti in 1 Kg di acqua. La salinità media degli oceani è del 35‰ (35 x 1000), ciò vuol dire che se da un recipiente faccio evaporare 1 Kg di acqua dell'oceano, sul suo fondo si depositeranno 35 g di sali.

Nei mari chiusi la salinità aumenta con l'evaporazione e diminuisce con il maggiore apporto di acque dolci (fiumi) e viceversa. Ad esempio nel Mar Baltico, a causa della scarsa evaporazione per le basse temperature e dell'elevato apporto di acque dolci (fiumi Volga, etc.) la salinità scende anche al 5‰ mentre nel Mar Rosso, le elevate temperature e lo scarso apporto dei fiumi fanno aumentare la concentrazione di Sali fino al 50‰. Nel Mediterraneo la cui salinità media è intorno al 37‰, l'evaporazione supera gli apporti di acqua dolce, così i sali si concentrano e la salinità aumenta.

Anche nei mari polari, nel periodo invernale, la salinità aumenta dato che grandi masse d'acqua solidificano in ghiaccio, un processo da cui i sali vengono, almeno parzialmente, esclusi. Ovviamente, il contrario succede in vicinanza degli estuari dei fiumi e nelle aree lagunari costiere le cui acque, proprio per la bassa salinità, vengono dette «salmastre». La presenza di sali in soluzione, inoltre, abbassa il punto di congelamento dell'acqua: con una salinità del 35‰, la temperatura di congelamento scende a $-1,9$ °C.

Molti animali marini hanno liquidi corporei con la stessa concentrazione di sali dell'acqua di mare, mentre altri, avendoli meno concentrati, risolvono il problema espellendo i sali in

eccesso grazie a speciali cellule delle branchie e riducendo la filtrazione renale. Le tartarughe, così come molti uccelli marini, hanno in vicinanza degli occhi le ghiandole del sale che accumulano ed eliminano i sali in eccesso che spesso incrosta occhi o narici.

I tipi di sale più abbondanti in assoluto è il cloruro di sodio (NaCl) cioè il sale da cucina seguito a distanza da ioni solfato, carbonato, magnesio, calcio, ecc. In particolare il calcio viene trattenuto da numerosi organismi ed utilizzato per costruire i loro scheletri (es. pesci), le conchiglie (molluschi), le case sotto forma di tubicini (coralli), ecc.

Gas. Oltre ai sali, le acque contengono disciolti anche numerosi gas, gli stessi che formano l'atmosfera. Gran parte dei gas presenti in mare entra in soluzione grazie al continuo scambio con l'atmosfera, scambio particolarmente intenso a livello delle onde, specie quando si infrangono e si rompono spumeggiando contro la costa. La quantità di gas che si scioglie non è costante ma diminuisce all'aumentare della temperatura e della salinità dell'acqua, così acque calde o decisamente salate hanno concentrazioni di gas disciolti mediamente inferiori a quelli di acque fredde o a bassa salinità. Tra essi, di fondamentale importanza per la respirazione degli organismi viventi è l'**ossigeno**, la cui concentrazione (in mg/l) diminuisce con la profondità, raggiungendo un minimo a circa 1000 m; nelle acque profonde l'ossigeno tende nuovamente ad aumentare a causa delle basse temperature e per la scarsità degli organismi consumatori di ossigeno.

Oltre che per la respirazione degli esseri viventi, l'O è importantissimo nei processi di ossidazione di molte sostanze, in particolare della sostanza organica. Finito il loro ciclo vitale, tutti gli esseri viventi vengono degradati (ossidati) e trasformati in Sali (mineralizzati) per poi essere riutilizzati dai vegetali marini. I prodotti delle ossidazioni sono fondamentali per la vita di alghe e piante marine:

- da una parte i **nutrienti** composti del carbonio, azoto, fosforo e silicio (utili per la sintesi di DNA, RNA, proteine e altre molecole) paragonabili ai concimi utilizzati in agricoltura che, fertilizzando le acque, fanno proliferare alghe e piante acquatiche;
- dall'altra l'**anidride carbonica** (CO₂), prodotto di rifiuto della respirazione, utilizzata da alghe e piante marine durante la fotosintesi clorofilliana.

Temperatura. Gli oceani assorbono e cedono il calore del sole più lentamente delle terre emerse e pertanto presentano una escursione termica meno accentuata dei continenti. La temperatura di mari e oceani varia in base alla stagione, alla posizione geografica (latitudine) e in base alla profondità. Normalmente l'acqua più calda, meno

densa, la troviamo negli strati superficiali, l'acqua fredda più densa in profondità. Fanno eccezione le zone polari; infatti, alle alte latitudini, le acque profonde sono più calde di quelle superficiali (si pensi agli eschimesi che fanno i buchi sul ghiaccio per pescare).

Le acque dei primi 100-150 m dalla superficie subiscono l'influenza del sole e quindi sono calde ai tropici e fredde ai poli. Le temperature massime, però, non si trovano in oceano aperto, ma in mari interni o in grandi insenature, come ad esempio nel Mar Rosso (34 °C), nel Golfo Persico (35 °C) e nel Golfo del Messico (32 °C) mentre, le acque oceaniche profonde sono molto fredde a tutte le latitudini (da 2°C a - 2°C).

Negli oceani la temperatura superficiale diminuisce di quasi 1°C per ogni grado di aumento della latitudine e diminuisce anche con la profondità, poiché le radiazioni infrarosse che riscaldano maggiormente le acque, penetrano solo in superficie (a 10 m di profondità); tra i 200 e i 1000 m si verifica una brusca diminuzione di temperatura: a questo strato si dà il nome di **termoclino**; la temperatura si stabilizza poi in profondità su valori vicini agli 0°C. Essendo le differenze di temperatura e densità a provocare la formazione di moti convettivi con conseguente rimescolamento delle acque, è facile intuire che sotto i 1000 m le acque siano immobili o quasi.

La temperatura è uno dei fattori, assieme alla luce, che influisce sulla distribuzione degli organismi. Alcuni di questi hanno una temperatura corporea simile a quella esterna ma non significa che possano vivere ovunque, anzi, spesso hanno preferenze precise e mal tollerano le variazioni. In questi casi, chi è in grado di spostarsi attivamente può compiere periodiche migrazioni, chi invece non può muoversi vive esclusivamente in zone in cui l'acqua ha temperature poco variabili e sempre compatibili con le sue esigenze. Un esempio per tutti è quello dei coralli che, escluse alcune specie di acqua fredda, crescono e si espandono tra i 25 e i 29 °C; al di sotto di queste temperature non vivono e al di sopra sbiancano e vengono facilmente attaccati da infezioni che li possono portare alla morte. I mammiferi marini, invece, hanno bisogno di mantenere la temperatura del loro corpo costantemente attorno ai 36-37°C. A causa della conduttività termica dell'acqua, superiore di circa 20 volte a quella dell'aria, possono perdere calore a un tasso molto maggiore di quello che avrebbero se si muovessero, con la stessa velocità, in aria. Ad evitare l'eccessivo abbassamento della temperatura corporea i mammiferi sono aiutati dal pannicolo adiposo, uno spesso strato di grasso e tessuto connettivo presente sotto la pelle, che funziona come isolante termico e che, in alcuni delfini e focene, può variare di spessore stagionalmente, diminuendo di volume nei mesi caldi e aumentando invece nei

mesi freddi. L'isolamento termico fornito dal grasso è così efficace che quando nuotano per molto tempo o sono in acque calde, per non surriscaldarsi, dissipano calore dilatando i vasi sanguigni delle pinne, che non hanno grasso.

La densità dell'acqua di mare, aumenta all'aumentare della salinità e della pressione (profondità) e al diminuire della temperatura: lo strato in corrispondenza del quale si verifica un rapido aumento della densità, compreso tra circa 200 e 100 m di profondità, è detto picnoclino. Le acque del Mediterraneo sono molto dense, pur avendo temperature elevate, poiché l'evaporazione è intensa e l'apporto delle acque continentali è limitato.

La pressione esercitata dall'acqua, detta pressione idrostatica, aumenta con l'aumentare della profondità, con un incremento di circa 1 atmosfera per ogni 10 m. Sui fondali oceanici si registrano pressioni elevatissime; tuttavia, gli animali che popolano gli abissi non ne rimangono "schiacciati", poiché compensano l'elevata pressione con un'uguale pressione esercitata dai loro liquidi interni. I polmoni delle specie che si immergono a profondità moderate, come sirenidi, lontre o leoni marini, non collassano a causa della pressione, perché sono irrigiditi dalla cartilagine mentre trachee e bronchi sono molto spessi e resistenti. In delfini e balene, quando superano i 70 m di profondità, i polmoni collassano e l'aria residua viene forzata verso le parti più resistenti dell'apparato respiratorio, come la trachea e le vie nasali. A questo punto non vi sono più scambi gassosi con il sangue e questo evita che, quando l'animale risale, si formino bolle di azoto nel sangue, si generi cioè la sindrome da decompressione in cui possono incorrere i subacquei dopo un'immersione se risalgono troppo velocemente.

I movimenti delle acque rivestono una notevole importanza per gli organismi, dato che lo spostamento delle masse d'acqua è accompagnato da variazione di parametri fondamentali per la vita quali temperatura, salinità e quantità di nutrienti. *Le correnti* sono prodotte da differente densità delle acque e dall'impulso dei venti. Questi fattori danno origine a movimenti che mettono in circolazione le acque marine superficiali e profonde. Temperatura e salinità influiscono sulla densità dell'acqua, che decresce con l'aumentare della temperatura e cresce con l'aumentare della salinità. Di conseguenza se le masse d'acqua di due bacini comunicanti sono a diversa densità, esse tendono a muoversi l'una verso l'altra fino a distribuirsi in modo omogeneo. In Mediterraneo, ad esempio, l'evaporazione dovuta al riscaldamento solare non è compensata dall'apporto di acqua fluviale e piovana e le acque, diventando dense, tendono a sprofondare. Questo richiama

acque superficiali, meno dense, che entrano dall'oceano Atlantico attraverso lo stretto di Gibilterra mentre, in profondità le acque pesanti e dense del Mediterraneo si muovono verso l'oceano. Anche il vento può generare correnti e di particolare interesse sono quelle verticali che si formano in vicinanza della costa. Quando il vento soffia da terra, le acque superficiali vengono spostate al largo, lasciando il posto a quelle profonde (fenomeno dell'upwelling). Grazie all'upwelling vengono portati in superficie i nutrienti accumulatisi in profondità, rendendoli nuovamente disponibili agli organismi che vivono in acque superficiali. Quando, invece, il vento spira verso terra sono le acque superficiali che tendono a sprofondare (downwelling) trascinando con sé quegli organismi di superficie che non sono in grado, con movimenti propri, di contrastare la corrente e che finiscono così per diventare cibo insperato per chi vive in profondità.

A differenza delle correnti, le maree sono variazioni periodiche del livello del mare causate *dall'attrazione gravitazionale*, principalmente fra Terra e Luna, e dalla forza centrifuga dovuta alla rotazione terrestre. L'alta e la bassa marea si alternano circa due volte al giorno con una periodicità di 12 ore e 25 minuti. In generale, le escursioni massime, cioè la massima differenza tra alta e bassa marea, si hanno in concomitanza con il plenilunio e il novilunio, quando Terra, Luna e Sole sono allineati, in congiunzione o in opposizione (maree di sizigie). Le escursioni sono invece minime nei quarti. Se la periodicità delle maree dipende dalle relazioni tra Terra, Luna e Sole, *l'ampiezza delle escursioni è invece legata alla morfologia delle coste e dei fondali*. Per questo si possono registrare escursioni intorno ai 15 m, come in Canada o sulle coste francesi della Bretagna, o di qualche decina di centimetri, come avviene in gran parte del Mediterraneo. *Anche i venti possono influenzare l'ampiezza delle maree*, come ben sanno gli abitanti della laguna di Venezia che si trovano a dover fronteggiare i disagi della cosiddetta «acqua alta» soprattutto in concomitanza con lo spirare dello Scirocco (vento da Sud-Est) che può causare un innalzamento consistente del livello dell'alta marea. Al di là degli effetti sull'uomo, le maree toccano profondamente la vita degli organismi che vivono nell'area delle loro escursioni («zona intertidale», cioè tra la bassa e l'alta marea) e devono affrontare il periodico alternarsi di condizioni ambientali decisamente diverse: dall'immersione in acqua salata all'esposizione all'aria.

Al vento si deve anche la *formazione delle onde*, provocate dall'attrito che questo genera sulla superficie dell'acqua. Tuttavia, cessato il vento le onde non si esauriscono immediatamente ma si attenuano con lentezza. Nel moto ondoso in mare aperto le

particelle d'acqua non si spostano in maniera apprezzabile ma descrivono delle orbite circolari, salendo e scendendo come se fossero un galleggiante, rimanendo praticamente nella stessa posizione. Le orbite descritte dalle particelle dell'onda diminuiscono con la profondità e di conseguenza il moto ondoso si smorza gradualmente. Un'onda può essere descritta in base alla sua lunghezza (distanza tra due creste), all'altezza (distanza tra cresta e cavo) e alla velocità di propagazione (spazio percorso per unità di tempo) che a sua volta dipende dalla lunghezza e infatti onde lunghe sono anche più veloci. L'altezza delle onde dipende dall'intensità del vento, dalla sua durata e anche dall'estensione della superficie che ha subito l'azione del vento. Il fondale esercita un'azione frenante per cui, in prossimità della costa, la base dell'onda rallenta rispetto alla cresta fino a originare il cosiddetto frangente di spiaggia e la risacca.

Luce e colore. La luce del Sole, penetrando nel mare, diminuisce d'intensità con la profondità: a 100 m di profondità arriva, mediamente, meno del 2% della luce presente in superficie. L'acqua ha, infatti, un forte potere attenuante nei confronti dei raggi solari e funge anche da filtro, smorzando in maniera differenziale le diverse lunghezze d'onda della luce e, di conseguenza, i diversi colori. Il risultato è che, a partire dalla superficie e scendendo in profondità, si distinguono sempre meno colori: dapprima si estingue il rosso, poi l'arancio, il giallo, il verde, lasciando infine penetrare solo le lunghezze d'onda corrispondenti al blu.

In base alla penetrazione della luce, le acque marine vengono divise in tre grandi zone:

- la zona superficiale, ben illuminata, è detta «eufotica»: può arrivare a 150-200 m di profondità nelle acque più limpide; in Mediterraneo non supera mai i 100 m. Qui sono abbondanti gli organismi che necessitano della luce per svolgere le loro funzioni vitali, come alghe, piante marine e alcuni batteri;
- da queste profondità e fino ai 1.000 m, troviamo la zona definita «oligofotica», cioè con poca luce, dove penetrano solo, via via più fioche, le lunghezze d'onda blu. Fino a circa 500 m riescono ancora a vivere alcuni degli organismi che dipendono dalla luce;
- al di sotto dei 1.000 m c'è la zona «afotica», cioè priva di luce solare. Qui si trovano comunque batteri e diverse specie animali.

Fattori biotici e produzione primaria.

Per fattori biotici si intendono tutti gli esseri viventi dai batteri alle balene mentre, per produzione primaria la produzione di molecole organiche da parte alghe e piante, fonte di nutrimento ed energia per tutti gli esseri viventi.

La produzione primaria è operata dai vegetali (piante e alghe). Essi, utilizzando l'energia luminosa del sole, che grazie alla fotosintesi, trasformano la materia inorganica (acqua, anidride carbonica e sali minerali) in molecole organiche (zuccheri, grassi, proteine, etc.). I vegetali che, grazie alla fotosintesi, si producono da soli le sostanze alimentari sono detti **organismi autotrofi** o produttori, mentre gli animali dovendo procurarsi il cibo da vegetali o altri animali, vengono detti **organismi eterotrofi** o consumatori.

Le relazioni esistenti tra gli organismi negli ecosistemi sono numerose e, per poterle capire, occorre studiare come viene trasferita l'energia contenuta nei cibi tra i diversi livelli trofici (livelli nutrizionali). Se immaginiamo una piramide, al livello trofico inferiore troviamo i vegetali. Come detto, queste trasformano la sostanza inorganica in sostanza organica. In ambiente marino questa trasformazione (uguale alla fotosintesi delle piante terrestri) viene in gran parte eseguita da microscopiche alghe sospese nella fascia più superficiale illuminata e può essere così schematizzata: $6 \text{ CO}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{luce}} \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2$. Nella piramide, man mano che la materia organica passa ai livelli trofici più alti, un grosso quantitativo della stessa viene degradata e trasformata nuovamente in sostanza inorganica e restituita all'ambiente. Benché tra le reti trofiche terrestri e marine esistano delle differenze, i passaggi di materia ed energia avvengono allo stesso modo partendo da un'unica fonte inesauribile e a disposizione di tutti gli esseri viventi, la luce del Sole.

ORGANISMI PRODUTTORI. La produzione primaria in mare viene svolta dalle microalghe (fitoplancton), dalle macroalghe bentoniche e dalle piante come la *Posidonia oceanica*. Questa è una vera pianta che, a differenza delle alghe, possiede radice, fusti, foglie, fiori e frutti. Tutti questi organismi sono autotrofi in quanto producono biomassa vegetale e nutrimento di cui hanno bisogno, attraverso la fotosintesi.

I fattori che condizionano maggiormente la fotosintesi in mare e quindi la produzione di biomassa sono la luce (che penetra solo negli strati superficiali) e la presenza di nutrienti (azoto, fosforo, silicio, ecc.). Alle nostre latitudini, nei nostri mari, il ciclo del fitoplancton

offre due picchi di produzione e crescita, uno in primavera e l'altro in autunno. In primavera si verificano le condizioni migliori: molta luce e acque fertili (picco massimo).

In mediterraneo una importantissima fonte di materia organica lungo la fascia costiera è sicuramente la biomassa proveniente dai vasti Posidonieti. Una piccola parte di questa produzione (dal 3 al 10%) viene utilizzata dagli erbivori, una parte più cospicua passa agli organismi decompositori e un'altra percentuale viene immagazzinata all'interno delle mattoni in foglie e rizomi.

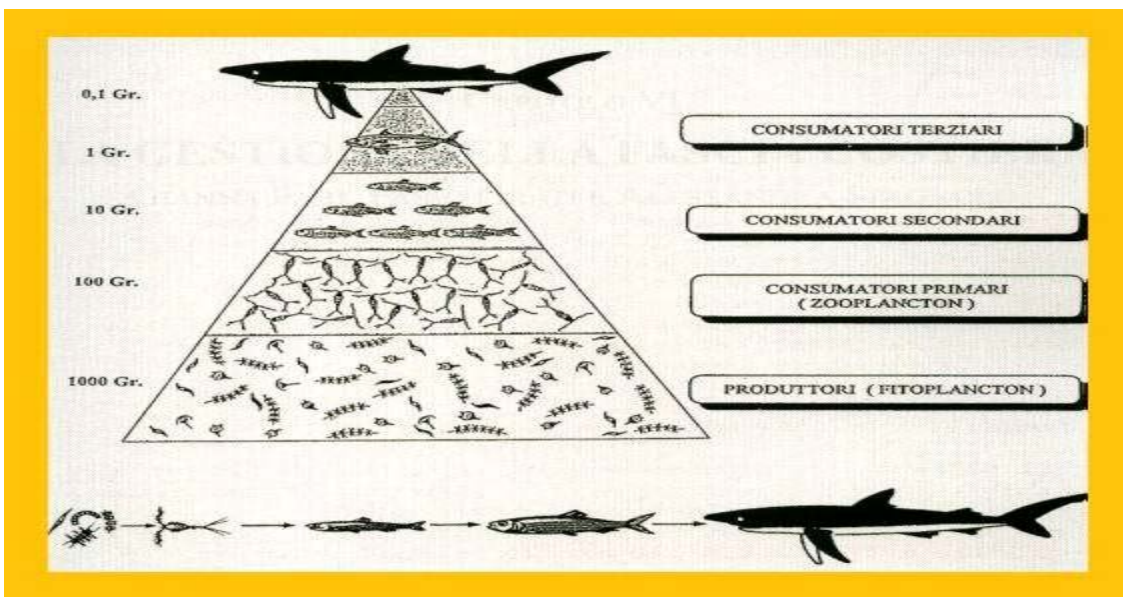
Consumatori primari. I consumatori primari sono tutti quegli organismi che si alimentano di vegetali; sono più semplicemente animali erbivori. Detti anche eterotrofi, costituiscono il secondo livello o anello della catena trofica. In mare i principali consumatori primari vengono annoverati tra gli organismi facenti parte del plancton animale (zooplancton). Infatti il ciclo vitale dello zooplancton riproduce gli stessi picchi di crescita del fitoplancton, ma con un lieve ritardo, questo è dovuto proprio al fatto che la fonte alimentare dello zooplancton è il fitoplancton. Anche diversi organismi bentonici riescono a trattenere il fitoplancton, e la loro importanza nella rete trofica è fondamentale. Fanno parte dei consumatori primari anche tutti gli organismi che brucano sia le macroalghe che le piante.

Consumatori secondari e terziari. I consumatori secondari sono tutti quegli animali che si nutrono dei consumatori primari. Ne fanno parte tutti i pesci predatori (carnivori). Dobbiamo però includere anche tutti i filtratori che si nutrono di zooplancton (squalo balena, balenottere, megattera e dalle balene propriamente dette). La balenottera azzurra a sua volta quando spalanca le fauci per ingurgitare chili e chili di plancton, non può separare lo zooplancton dal fitoplancton, pertanto viene annoverata sia tra i consumatori primari che tra quelli secondari. I consumatori terziari come gli squali, sono detti anche predatori di vertice perché si nutrono di animali carnivori.

Decompositori e Detritivori. I resti degli organismi morti senza essere predati costituiscono nutrimento e vengono ingeriti dagli organismi detritivori, che vivono nei sedimenti marini. Il sedimento marino è generalmente rappresentabile con un profilo stratificato in cui il livello superiore, generalmente di colore chiaro, ospita batteri aerobi che attaccano la materia organica morta utilizzando ossigeno e restituendo i prodotti mineralizzati. Il secondo livello o fascia riducente, più scuro, ospita i batteri anaerobi che

vivono in assenza di ossigeno producendo gas maleodoranti [acido solfidrico(H_2S), metano(CH_4), ammoniaca(NH_3)] che diffondono verso gli strati superiori. Gli stessi microrganismi decompositori costituiscono alimento per altri consumatori, compresi i detritivori che li ingeriscono insieme al sedimento.

Piramide alimentare. Ad ogni livello, la maggior parte l'energia assorbita si perde sotto forma di calore, respirazione e movimento, un'altra piccola parte viene eliminata con gli escrementi e, soltanto circa il 10% passa al livello trofico superiore. Per esempio se lo zooplancton consuma 1000 grammi di fitoplancton, ai piccoli pesci arriveranno solo 100 grammi di materia organica generata dai produttori primari. Infatti, 1000 grammi di un livello trofico, con un rendimento del 10%, corrispondono a 100 grammi del livello immediatamente superiore, 10 grammi del livello successivo e così via. Se poi consideriamo i veri top predator come lo squalo bianco, non arriverà quasi nulla; ecco perché negli oceani i grandi predatori sono scarsi e poco abbondanti, mentre i più piccoli sono numerosissimi.



fitoplancton>zooplancton>piccoli pesci>grandi pesci>predatori di vertice

CLASSIFICAZIONE DEGLI ORGANISMI ACQUATICI

Sulla base delle capacità di movimento, gli **organismi marini** sono classificati come:

- **planctonici**, comprendono organismi animali e vegetali sospesi nell'acqua, con limitate capacità motorie. Questi vengono trasportati passivamente dalle onde, dai venti e dalle correnti in quanto non riescono ad opporsi ai movimenti del mare;
- **bentonici**, comprendono tutti quegli organismi insediati sui fondali o che hanno rapporto frequenti con essi;
- **nectonici**, termine che indica tutti gli organismi capaci di movimento attivo e capaci di opporsi ai flussi delle correnti (possono compiere anche migrazioni). Vivono generalmente sospesi nella colonna d'acqua. Tutti gli esseri che vivono lontani dal fondo vengono detti anche organismi **pelagici**.

Il plancton. Il plancton ha varie forme e dimensioni ed è un importante anello nella catena alimentare pelagica in quanto rilevante fonte di cibo per il necton. Il termine plancton significa vagabondo. Comprende tutti quegli organismi che vivono in sospensione nella colonna d'acqua e sono incapaci di nuotare attivamente; per spostarsi, spesso, sfruttano il vento e le correnti. Presentano straordinari adattamenti che favoriscono il galleggiamento e la difesa dai predatori. Il plancton può essere suddiviso in fitoplancton (vegetale) e zooplancton (animale). Lo zooplancton costituisce l'anello chiave tra i produttori primari ed i livelli trofici successivi: il fitoplancton viene consumato dallo zooplancton erbivoro, che a loro volta supporta lo zooplancton carnivoro, i piccoli pesci, i grandi pesci ed infine, i predatori di vertice. Questa è, comunque, una semplificazione di una rete trofica molto complessa e dinamica che subisce molteplici variazioni.

Il fitoplancton. Al fitoplancton appartengono generalmente organismi unicellulari di dimensioni microscopiche che vivono negli strati più superficiali e illuminati del mare. I due gruppi più importanti sono le Diatomee e i Dinoflagellati. Le **Diatomee** sono alghe unicellulari che possono vivere isolate o riunite in catenelle. Sono provviste di uno scheletro siliceo che può assumere forme molto diverse. Rappresentano il primo anello della catena alimentare e nutrono una grande quantità di organismi. I **Dinoflagellati** sono facilmente riconoscibili al microscopio per la presenza di due flagelli perpendicolari fra loro che permettono piccoli spostamenti. La maggior parte sono autotrofi (alghe). Alcune specie, in condizioni di mare inquinato, possono dare origine a fioriture algali che causano

il fenomeno delle maree rosse di giorno e fenomeni di luminescenza durante la notte. Le tossine che possono produrre, spesso sono responsabili di intossicazione.

Lo zooplancton. Nel complesso lo zooplancton comprende una gran varietà di organismi, anche se nei nostri mari la componente più cospicua però è data dai copepodi, piccoli crostacei che spesso non superano i 2 mm di lunghezza. Nel plancton dei mari polari invece abbondano altri crostacei: gli eupausiacei, conosciuti con il nome comune di «krill». Una specie dei mari antartici, *Euphausia superba*, gamberetto di circa 5-6 cm, è probabilmente l'animale più abbondante al mondo. Lo zooplancton è ulteriormente suddiviso in **oloplancton** che conducono vita pelagica permanente, e **meroplancton** con organismi che conducono solo in parte vita pelagica. In tal caso si parla anche di plancton temporaneo che comprende larve o uova che sviluppandosi passano al benthos o necton (come ricci, stelle di mare, molluschi, pesci etc.).

Il ciclo stagionale del fitoplancton. L'andamento della produzione di fitoplancton, è regolata dai livelli di luce e sali minerali (nutrienti). Alle nostre latitudini, segue ritmi di crescita diversi a seconda delle stagioni.

In inverno, i nutrienti sono largamente disponibili perché derivati dalle spoglie decomposte degli organismi nonché dai maggiori apporti fluviali, della "brutta" stagione (vedi foto sotto). Inoltre, le correnti verticali sollevano i fertilizzanti depositati sul fondo, trascinando contemporaneamente il fitoplancton verso il basso, negli strati meno illuminati. Quindi, pur essendoci un buon rimescolamento, gran parte del fitoplancton e delle specie bentoniche annuali muoiono per la fine del loro ciclo, altre vengono trasportate sul fondo e quelle che restano in superficie ricevono scarsa illuminazione per le corte giornate. Ne deriva una scarsa produzione di fitoplancton.

In primavera diminuisce la circolazione delle correnti e l'acqua tende a stratificarsi portando il fitoplancton nella zona illuminata, dove stazionano ancora i sali nutritivi. Pertanto le lunghe giornate primaverili, con elevati livelli di luce e sali minerali, fanno registrare un elevato picco di produzione di fitoplancton.

In estate la stratificazione termica delle acque fa permanere il fitoplancton in superficie; questo riceve molta luce grazie alle lunghe giornate estive, ma i nutrienti sono scarsi (vedi foto) perché una parte consumati in primavera, un'altra parte sedimentati sul fondo. Quindi la produzione risulta essere scarsa.

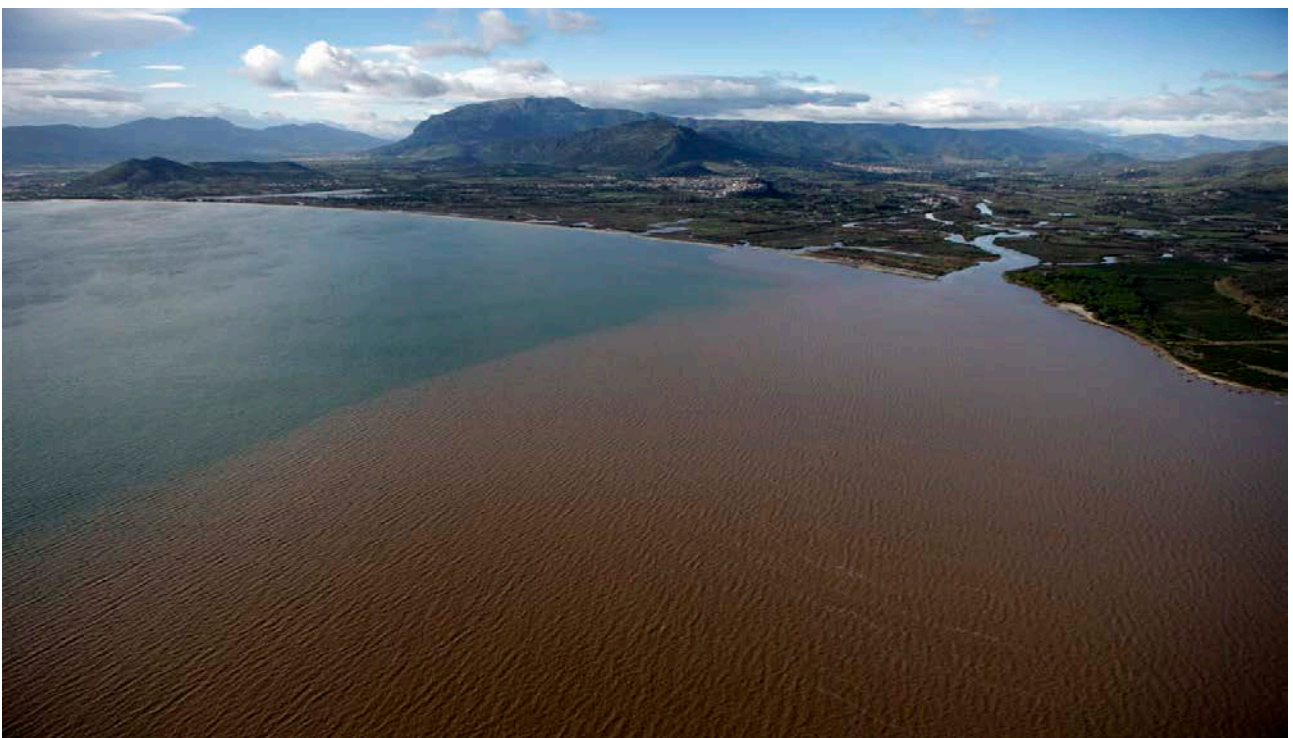
In autunno, col raffreddamento dell'acqua, si riattivano le correnti verticali che incominciano a far arrivare in superficie i nutrienti dal fondo. Inoltre, lungo le zone costiere saranno le mareggiate autunnali a rimescolare gli strati "fertilizzando" le acque superficiali. Questo fenomeno, abbinato a discreti livelli di luce favorisce la formazione di un secondo picco di produzione.



Foto Posada.

Sopra: estate 2013;

sotto: alluvione 2013 (fine autunno- inverno)



Il benthos. Il termine *benthos* identifica tutte le forme di vita che vivono in stretto contatto con il fondo marino o che hanno un rapporto continuativo con esso. Fra questi organismi però ve ne sono una parte in grado di allontanarsi dal fondo, in questo caso vengono chiamati organismi nectobentonici. Nel benthos troviamo rappresentati quasi tutti i gruppi vegetali (fitobenthos) o animali (zoobenthos).

Questi, nei **fondi duri**(scogli), possono formare dei veri e propri tappeti biologici formati da varie specie di alghe e animali (spugne, madrepore, coralli, molluschi, etc.). Nella fascia maggiormente illuminata (fino ai 30 m) prevalgono le alghe verdi e brune, con la profondità (fino a 100-150m) le alghe rosse e gli animali filtratori e detritivori che possono trovarsi anche a profondità superiori. Gli organismi che sono fisicamente attaccati al fondale si dicono sessili.

Sistemi di adesione degli animali sessili. Per rimanere ancorati al substrato gli animali sessili usano dei cementi piuttosto efficaci, che superano di gran lunga le prestazioni di qualsiasi colla «da acqua» che l'uomo abbia mai prodotto. I cementi degli organismi sessili hanno diverse proprietà:

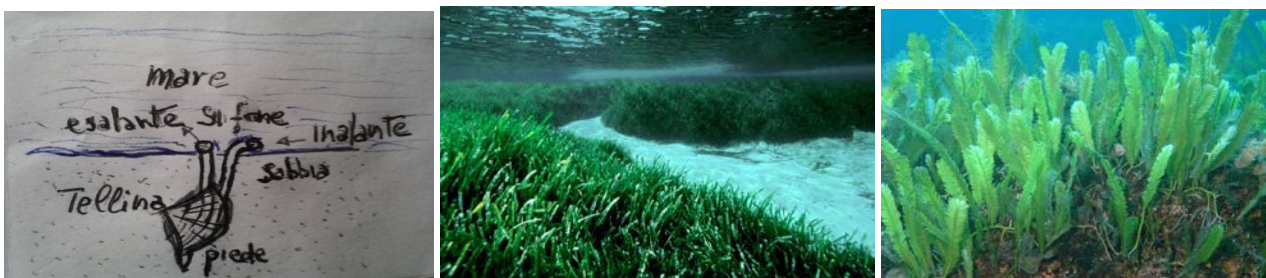
- 1) sono in grado di eliminare il velo d'acqua tra le due superfici a contatto, quella dell'animale e quella del substrato di adesione;
- 2) agiscono sui substrati più diversi: rocce, conchiglie, esoscheletri di crostacei, pelle di cetacei e tartarughe, legno, metalli, cemento e vetro;
- 3) si spargono rapidamente e altrettanto rapidamente solidificano;
- 4) non vengono degradati dai batteri;
- 5) non sono, ovviamente, solubili in acqua.

Basta pensare a come, in poco tempo, vengano completamente colonizzati da organismi sessili gli oggetti che rimangono immersi in acqua (carene delle barche, relitti di navi, cordami, piloni di cemento dei ponti), per rendersi conto dell'efficacia di queste colle marine. Nel caso di barche e navi queste incrostazioni sono un bel problema perché aumentano l'attrito con l'acqua e rallentano la velocità e la manovrabilità delle imbarcazioni, causando un maggior consumo di carburante. Inoltre, le lunghe navigazioni

portano gli organismi in ambienti diversi da quelli di origine, causando involontari danni ambientali. Prevenire o limitare le incrostazioni ha dunque dei risvolti economici e ambientali importanti ma i prodotti finora messi a punto dall'uomo, speciali vernici antivegetative (anti-fouling), non hanno dato risultati risolutivi. Senza contare che alcune di queste vernici, dal 2003, sono state fortunatamente messe al bando dall'IMO (Organizzazione Marittima Internazionale) perché contenevano sostanze tossiche. Conoscere di che cosa sono fatte le colle o meglio i cementi degli animali marini potrebbe consentire di produrre degli antivegetativi perfettamente mirati a impedirne il funzionamento o a favorirne la degradazione, senza ripercussioni sull'ambiente.

Gli animali bentonici adottano diverse **strategie di alimentazione**: quelli filtratori catturano l'alimento dall'acqua, quelli detritivori dai sedimenti. I filtratori normalmente sono sessili ed utilizzano varie appendici come antenne piumose, cirri e tentacoli per catturare le prede (es. celenterati, crostacei, policheti sedentari, ecc.) oppure filtrano grandi quantitativi d'acqua facendola passare al loro interno e trattenendo, con opportuni filtri, tutto il materiale presente in sospensione (es. spugne, bivalvi, ecc.).

Nei **fondi molli** (sabbiosi e fangosi), troviamo molti crostacei (granchi, gamberi, aragoste, etc.), molluschi (telline, vongole, cannolicchi, etc.), stelle, ricci, etc. I vegetali presenti in questi **ambienti del mediterraneo** sono soprattutto un'alga (la caulerpa) e la posidonia o.



La Posidonia Oceanica è una pianta, che a dispetto del nome, abita esclusivamente il Mar Mediterraneo (endemica). Come le piante terrestri la Posidonia oceanica è una vera pianta, provvista di radici, fusto, foglie, fiori e frutti e non un'alga, come tanti erroneamente pensano. Le sue "praterie" rivestono un'enorme importanza per la vita nel mare. Un m² di prateria produce con la fotosintesi fino a 14 litri di ossigeno al giorno, ha fino a 1000 ciuffi di foglie (lunghe anche più di 1 metro) e più di 40 m² di superficie fogliare. Un ettaro di prateria può ospitare fino a 350 specie diverse di animali. Alla fine della loro vita le foglie, ormai completamente brune, vengono strappate dal fusto sotterraneo (rizoma) dalle

mareggiate autunno-invernali. Trasportate dalle correnti e dalle onde del mare, formano spesso sul bagnasciuga banchi di considerevoli dimensioni che attenuano l'impeto delle onde, riducendo l'erosione della spiaggia. Protette dalle norme internazionali e nazionali, sono in pericolo soprattutto a causa della conduzione illegale della pesca a strascico e del disattento ancoraggio delle imbarcazioni (foto sotto).



A sinistra: frutti (olive di mare), semi, rizomi ed altro di *Posidonia*. A destra: piante di *posidonia* spiaggiate, sradicate ancora verdi da pesca a strascico abusiva.

Caulerpa taxifolia. Volgarmente nota anche come alga killer, è un'alga tropicale



infestante del Mar Mediterraneo in grado di danneggiare la vegetazione marina locale (*posidonia*). Si tratta di un'alga formata da un'unica cellula, la singola cellula più grande del mondo. Questa non presenta nessuna parete o membrana che divida i numerosi nuclei e il citoplasma. La specie ha uno

stolone ("ramo" che cresce strisciando nel terreno che emette "radici" in corrispondenza dei nodi) lungo quasi 3 m composto da più di 200 "foglie". Il portamento del "fusto" e la forma particolarmente ramificata e rigogliosa ricorda quello della felce aquilina. Solitamente viene usata come decorazione per gli acquari di tutto il mondo e produce un tipo di tossina per i predatori. (Radice, ramo, fusto e foglie, sono termini di comodo, non esatti per un'alga come la *Caulerpa*). Si pensa che la crescita eccezionale ed invasiva di tale alga, sia dovuta alla temperatura mite dell'acqua e all'assenza di predatori. Molte specie di *Caulerpa* si sono evolute in acque tropicali, dove specie erbivore se ne cibano in quanto hanno sviluppato una sorta di immunità ai suoi composti tossici. Questo non è avvenuto nelle acque temperate del Mediterraneo, il che ha favorito la sua crescita incontrollata. Nel Mediterraneo la *Caulerpa* viene classificata come nociva ed infestante, venendo inserita nell'elenco delle 100 specie aliene più dannose al mondo. Quest'alga, si riproduce e moltiplica ad una velocità impressionante, ricoprendo rapidamente ampie

estensioni di fondali ed ostacolando i cicli vitali degli altri organismi. La Caulerpa è apparsa nei nostri mari nell'84, nei fondali antistanti il Museo Oceanografico di Montecarlo, nel Principato di Monaco. Questa alga, di uno smagliante colore verde brillante, è usata volentieri per l'abbellimento di acquari contenenti specie animali provenienti dalle calde acque dei tropici.

A livello globale, uno degli ambienti bentonici più particolari che si trovano nell'area compresa tra le escursioni di marea (zona intertidale) è senza dubbio quello a **mangrovie**: piante terrestri che hanno le loro radici nell'acqua e che sono quindi adattate a ben sopportare il contenuto salino. I mangrovi svolgono un ruolo molto importante nella protezione e nel consolidamento delle coste e per questo si stima che i danni economici causati dalla loro rimozione per scopi turistici, allevamenti di gamberi ecc. siano molto superiori ai vantaggi portati dalle nuove attività. Un altro ambiente molto particolare sono le **praterie a Thalassia** dei mari caraibici, piante in cui trovano rifugio e cibo numerosissimi animali. Anche alcune alghe non sono da meno e, anzi, formano delle vere e proprie **foreste**. Note con il nome di «**kelp**», sono **alghe brune** che possono arrivare a 80 m di altezza (una specie nel Sud della California cresce fino a 60 cm al giorno). Senza contare i coralli che, quando trovano le condizioni climatiche adatte, di questi ambienti diventano i costruttori, dando origine alle barriere coralline: ecosistemi di grande complessità e anche di grande bellezza. Nelle acque aperte dominano i buoni nuotatori, siano essi pesci, squali, calamari o cetacei.

Il Necton. Il termine *necton* indica tutti gli organismi animali in grado di contrastare con il nuoto la forza delle correnti. Il necton è composto da un ampio numero di pesci cartilaginei e ossei, da mammiferi marini, rettili e molluschi. Tra gli aspetti più interessanti di questo eterogeneo gruppo di organismi, ci sono gli adattamenti a questo particolare tipo di vita, quali il galleggiamento (vedi ad esempio la vescica gassosa dei pesci), la forma del corpo e le strategie di difesa. Dal punto di vista morfologico gli organismi nectonici possiedono forme affusolate particolarmente idrodinamiche. Il mimetismo nelle specie che vivono vicino alla superficie è assicurato da una colorazione scura sul dorso e chiara argentata sul ventre. Molte specie nectoniche sono gregarie e formano "banchi" di individui che nuotano tutti nella medesima direzione, in genere più compatti di giorno che di notte. Gli individui che compongono il banco solitamente sono della stessa dimensione perché devono riuscire tutti a mantenere la stessa velocità. I giovani quindi tendono a formare banchi separati dagli adulti. La vita in banco presenta diversi vantaggi:

- I) diminuisce le probabilità di ciascun componente di essere scelto da un eventuale predatore (più siamo più è probabile che venga mangiato un altro!),
- II) aumenta le probabilità di sfruttamento di una risorsa trofica,
- III) se il banco è molto compatto, potrebbe essere confuso con un unico grande pesce da parte di un predatore,
- IV) aumenta le probabilità delle uova di essere fecondate dagli spermatozoi, infatti i gameti vengono liberati nell'acqua durante il periodo riproduttivo e se gli individui fossero poco aggregati molte uova e spermatozoi andrebbero facilmente dispersi.

Molte specie compiono importanti migrazioni spinte dalla ricerca del cibo oppure di condizioni ideali per riprodursi o trascorrere una certa stagione. Fra le condizioni ambientali che maggiormente influenzano le migrazioni vi sono la temperatura e la salinità dell'acqua, mentre le correnti giocano un ruolo fondamentale nel determinare il percorso seguito. Vi sono addirittura specie che passano dalle acque marine a quelli dolci. Famosi il caso dei salmoni che risalgono i fiumi per riprodursi (specie anadrome), e il caso delle anguille e dei mugilidi che al contrario si riproducono in mare (specie catadrome). Queste migrazioni richiedono complessi adattamenti alle differenti condizioni di pressione osmotica dovuta alla salinità.

Nuotare. Se percepiscono un pericolo, alcuni animali bentonici sono in grado di nuotare per brevi tratti. Diversi granchi hanno appendici appiattite e modificate per il nuoto, mentre le aragoste possono scappare flettendo, con uno scatto, il ventaglio caudale sotto l'addome, così spingono l'acqua innanzi e, per reazione, si spostano all'indietro. I nuotatori veri e propri però si muovono sempre senza toccare il fondo, mantenendosi a galla e avanzando in una direzione precisa. Stare a galla non significa nuotare in superficie ma riuscire a controllare la propria posizione nella colonna d'acqua senza farsi trascinare verso il fondo dalla forza di gravità: si può galleggiare a pelo d'acqua ma anche a 20, 50 o 100 m di profondità. La densità dell'acqua marina rende più facile il galleggiamento. Infatti, è più facile galleggiare in acqua di mare che in acqua dolce o in aria, perché è più pesante e la spinta verso l'alto che un corpo riceve quando si muove in un fluido corrisponde per intensità al peso del volume di fluido spostato.

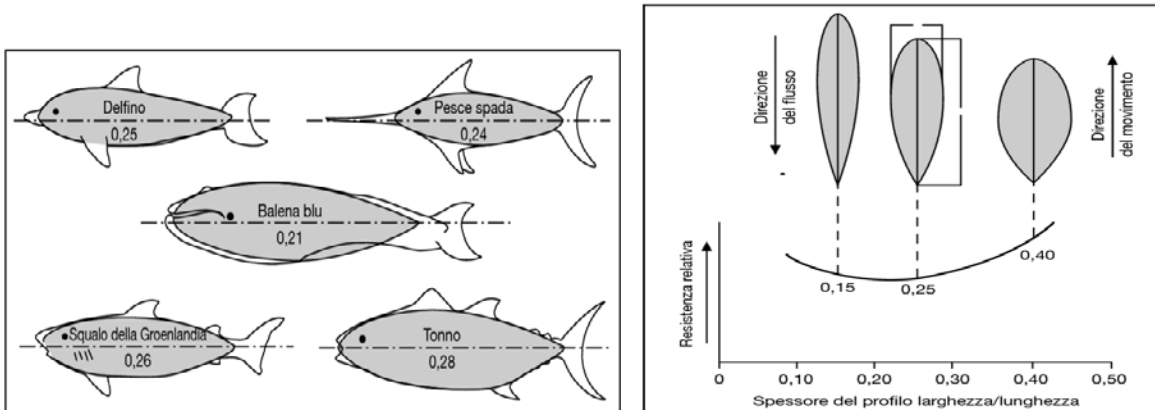
Però muoversi continuamente costa energia e non è detto che sia sempre utile farlo: ci sono predatori, come i barracuda, che cacciano all'agguato e devono riuscire a rimanere immobili nella colonna d'acqua. Inoltre, per seguire le proprie prede, può essere

necessario stazionare a diverse profondità, venendo sottoposti a pressioni diverse. I problemi di galleggiamento vengono risolti, o limitati, dalle diverse specie utilizzando sostanzialmente la stessa strategia: incorporare sostanze più leggere dell'acqua, come gas o grassi, per ridurre il peso specifico del corpo. Molti pesci posseggono la vescica natatoria, un organo interno che contiene gas a funzione idrostatica. Diversi squali, migliorano il loro galleggiamento accumulando nel fegato dei grassi a peso specifico decisamente inferiore sia a quello dei tessuti animali sia a quello dell'acqua (0,86). I grassi vengono accumulati nei muscoli o nella cavità addominale anche da diversi pesci e lo spesso strato adiposo sottocutaneo dei mammiferi marini, che nelle grandi balene può arrivare a mezzo metro di spessore, oltre a limitare la dispersione di calore, contribuisce anche a migliorarne la galleggiabilità. Ovviamente chi vive sul fondo, come sogliole o razze, non viene molto toccato dal problema di galleggiare.

La densità dell'acqua se da un lato favorisce il galleggiamento, dall'altro, però, genera **resistenza al movimento**. La sua viscosità, oltre 50 volte maggiore rispetto a quella dell'aria, provoca frizione con il corpo dell'animale. Questo attrito è influenzato dalla levigatezza della superficie corporea: ogni asperità ne aumenta l'intensità influenzando l'energia necessaria a nuotare e anche le prestazioni di nuoto. Corpi ricoperti di muco, pelle nuda, scaglie ridotte, peli e penne intrisi di sostanze oleose, genitali esterni alloggiati in tasche o depressioni del corpo, padiglioni auricolari ridotti o mancanti, sono alcuni degli accorgimenti che permettono a pesci, cetacei, foche, otarie, elefanti marini e pinguini di rendere laminare e senza turbolenze il flusso d'acqua sulla superficie del corpo. I grandi nuotatori poi, come ad esempio tonni e sgombri, hanno code sempre appuntite, carene laterali e piccole pinnule dorsali e ventrali nella parte posteriore del corpo: tutti caratteri che aiutano a ridurre ulteriormente la turbolenza. I cetacei, ma anche il grande squalo elefante, hanno nel derma uno strato spugnoso che, deformandosi, contribuisce a limitare l'insorgere di turbolenze lungo la superficie corporea.

Un nuotatore, oltre all'attrito, deve confrontarsi anche con la **resistenza inerziale**, dovuta alla variazione di pressione causata dallo spostamento d'acqua dalle diverse parti del corpo: resistenza che aumenta all'aumentare della velocità. Sono le forme a goccia, in particolare quelle in cui l'ampiezza massima è circa un quarto della lunghezza e si trova a circa un terzo dall'apice, che producono la resistenza inerziale minima. Nel costruire barche l'uomo tiene conto di questi principi e si parla di forme «idrodinamiche» o «aerodinamiche» (gli stessi principi valgono per tutti i movimenti in un fluido, sia esso

acqua o aria). squalo ha un rapporto ampiezza/lunghezza di 0,26; il tonno di 0,28; il pesce spada di 0,24, e in queste specie l'ampiezza massima è spostata verso la parte anteriore.



Al di là delle caratteristiche corporee, che ottimizzano il movimento in acqua, i nuotatori, per spostarsi, devono avere un **sistema di propulsione**. Tra gli animali marini la spinta può essere data da onde di contrazione sequenziali e alternate dei muscoli dei due lati del corpo, dall'uso degli arti come remi o da una sorta di «propulsione a getto». Quest'ultima è tipica dei cefalopodi. La contrazione dei muscoli del mantello fa defluire forzatamente nel sifone l'acqua presente nella cavità interna: questo si apre, espellendo un getto d'acqua ad una velocità tale da spingere l'animale nella direzione opposta. Nel caso del nuoto con contrazioni della muscolatura, tipico dei pesci, la spinta propulsiva parte quasi sempre dalla pinna caudale e può arrivare a trasmettersi a ben oltre la metà del corpo, come nelle anguille e negli squali gattucci (nuoto ondulatorio), oppure essere limitata alla regione caudale, come nelle aringhe e nelle ricciole, o alla sola pinna caudale (nuoto oscillatorio) come nei tonni e negli squali mako. Altri pesci che non usano la pinna caudale per generare propulsione sono i cosiddetti «manovratori» che usano le pinne pettorali come remi: così si muove la gran parte delle specie che vivono nelle barriere coralline, ambienti complessi e dal substrato variabile in cui lo spazio è limitato e la capacità di cambiare rapidamente direzione è molto preziosa. Grandi rematori sono anche le tartarughe marine: i loro arti hanno perso ogni articolazione, si sono irrigiditi e appiattiti e funzionano proprio come le pale dei remi. Nuotando in questo modo non sono particolarmente veloci ma percorrono migliaia di chilometri.

A parte poche specie, come i salmoni e l'anguilla, che nella loro vita compiono grandi spostamenti soltanto due volte (dopo la nascita, per raggiungere le acque dove condurranno la vita adulta, e poi al momento di riprodursi), la gran parte dei migratori compie **spostamenti ciclici**. I tonni rossi, nelle loro migrazioni, percorrono ogni anno ben

oltre 10.000 km e così pure la balena grigia, la balena comune e la megattera. Questi grandi cetacei migrano con regolarità dalle zone polari, dove passano l'estate nutrendosi di plancton, fondamentalmente di krill, fino alle zone tropicali dove svernano e partoriscono. In estate le aree polari sono ricchissime di plancton e sono quindi ottimali per l'alimentazione di questi grandi filtratori in quanto solo qui trovano concentrazioni di cibo adeguate alle loro esigenze. Il clima polare in inverno è, però, sfavorevole alla nascita dei piccoli. Qui i grandi cetacei non si alimentano ma possono accoppiarsi in condizioni favorevoli, partorire e iniziare l'allattamento.

Bibliografia, sitografia e filmografia:

S. Cataudella e G.C. Carrada (a cura di), *Un mare di risorse*, Roma, Uniprom, 2000.

M.B. Rasotto, *La vita del mare*, Bologna, il Mulino, 2012.

S. Colella, *L'ambiente marino*, in <http://www.rigocamerano.it/bmarina.htm>, 2017

M.B. Rasotto, *videoconferenza: il futuro della biodiversità*, <https://www.youtube.com>, 2014