ECOLOGIA DEI GRANDI PELAGICI DEL MAR LIGURE

Prof. Fulvio Garibaldi

A.A. 2022/2023

INTRODUZIONE

Il Santuario Pelagos: storia della creazione

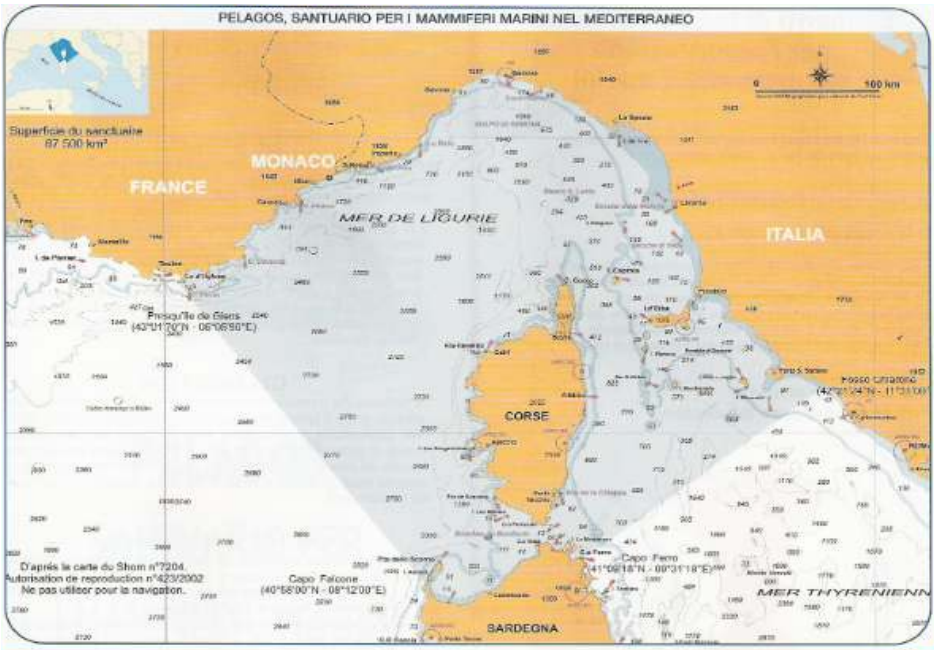


Fig. 1 | Il Santuario Pelagos

Il **Santuario Pelagos** (l'area grigia nella cartina in Fig.1) nasce verso la fine degli anni '80 quando in Mediterraneo si assiste ad un grande sviluppo della pesca del pesce spada con la rete derivante spadara. L'utilizzo di queste reti con maglia molto grande (35-45 cm) e diametro imponente (lunghezza di oltre 10 km e altezza di oltre 25 m) ha determinato un incremento delle catture accidentali di cetacei o altri animali a cui le reti si attorcigliavano attorno alla coda, limitandone le performance natatorie. Nel complesso queste cause hanno determinato un forte impatto sulle popolazioni di cetacei in Mediterraneo. Le reti derivanti hanno avuto e continuano ad avere purtroppo in certe aree del mondo (sia legali come in Nord Atlantico, sia illegali come ad esempio in Mediterraneo) un grande impatto sulle popolazioni di cetacei.

Il grafico in Fig. 2 mostra una panoramica delle morti di cetacei (cetacei ritrovati spiaggiati) in Mar Ligure tra il 1985 e il 2007, con la linea blu è rappresentata la mortalità per cause antropiche e con quella rossa la mortalità per cause naturali. Si può osservare un picco di mortalità per cause antropiche legate proprio all'attività di pesca con le reti derivanti spadare negli anni tra il 1985-6 e il 1990, con l'istituzione del Santuario verso la fine degli anni 80 i numeri delle morti sono tornate alla normalità. Attorno al 1990 si è registrato poi un secondo picco di mortalità dei cetacei in Mediterraneo, questa volta per cause naturali, da attribuire all'epidemia da *morbillivirus* che ha colpito le popolazioni in quel periodo.

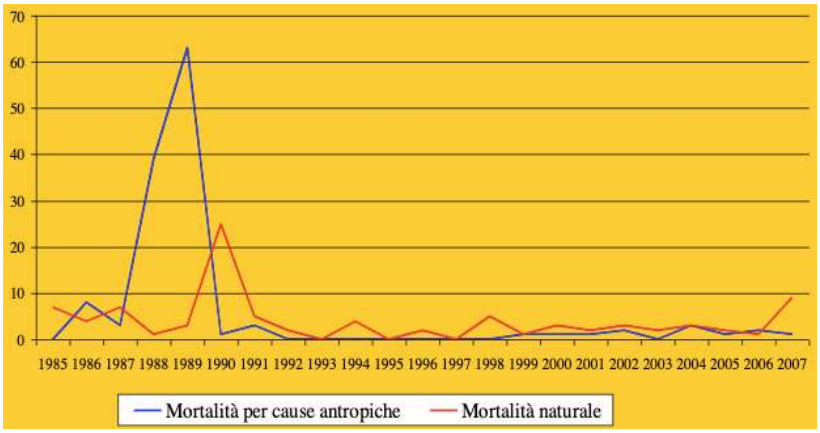


Fig. 2 | mortalità dei cetacei in Mar Ligure tra il 1985 e il 2007

L'istituzione del Santuario non è stata immediata, ma si è trattato di un processo graduale. Nel 1990 l'istituto di Zoologia dell'Università di Genova (ora sotto il DISTAV) propone per la prima volta l'istituzione di un'area di tutela biologica per i cetacei del Mar Ligure, di superficie ridotta rispetto all'attuale estensione del Santuario. Nel 1993 i tre stati interessati, Italia, Francia e Principato di Monaco sono pronti a sottoscrivere l'accordo, quando cade il governo francese, cambia il Ministro dell'Ambiente e il processo si arresta. Per vicissitudini varie si deve attendere

il **1999** per arrivare alla firma definitiva. La ratifica e l'esecuzione dell'accordo relativo alla creazione nel Mediterraneo di un santuario per i mammiferi marini avviene con la legge dell'11 ottobre 2001, n.391. Il santuario copre una superficie complessiva di 87.500 km^2, delimitata a ovest da una linea che va da punta Escampobariou (punta occidentale della penisola di Giens) fino a Capo Falcone (estremità ovest del Golfo dell'Asinara), e a est dalla linea che va da Capo Ferro (costa nord orientale della Sardegna) fino a Fosso Chiarone (costa occidentale dell'Italia). La sede iniziale del segretariato è stata designata a Genova fino al 2015, quando è stata spostata a Monaco.

Come funziona il santuario

È molto difficile gestire un'area di questo tipo perché la maggior parte del santuario si trova in acque internazionali, dove risulta complicato sia effettuare controlli, sia l'applicazione delle norme di gestione. Il Santuario Pelagos è un'**ASPIM (Area Speciale di Protezione di Interesse Mediterraneo)**, per la quale è stata indetta una **Carta di partenariato** alla quale in Italia sono solo 88 su un totale di 111 i comuni che hanno aderito, in totale sono 136. I principali scopi di tale iniziativa sono:

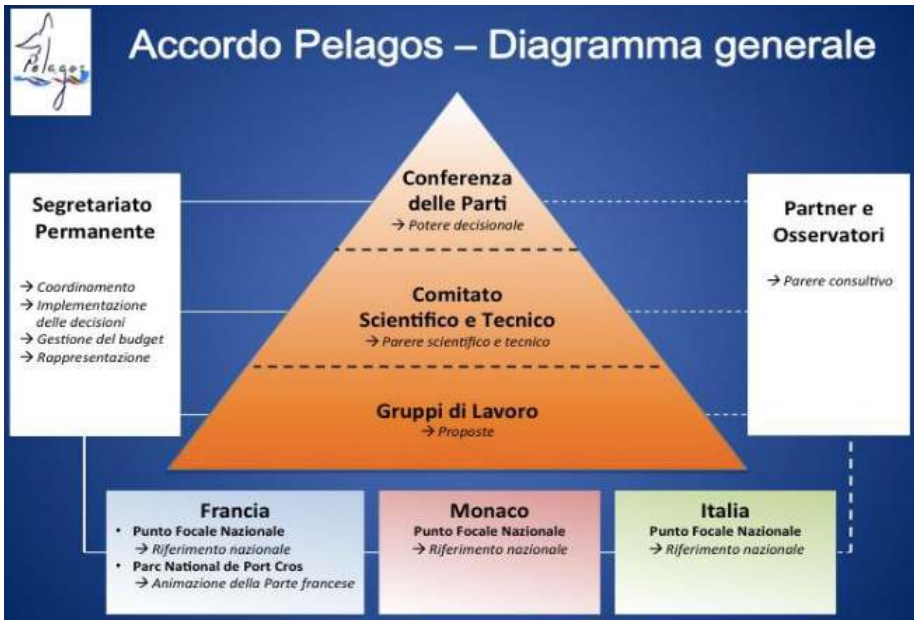


Fig. 3 | Attori coinvolti nella gestione del Santuario Pelagos

- cercare l'adesione di tutti i comuni costieri del Santuario;
- rendere più tangibile il Santuario agli occhi del pubblico;
- creare nuove dinamiche di progettazione e di partecipazione con riguardo ai mammiferi marini;
- coinvolgere a fondo i partner territoriali per promuovere le idee del Santuario e per realizzare azioni concrete a favore dei mammiferi marini;
- promuovere il Santuario come vero e proprio motore di sviluppo e di animazione per i comuni;
- coinvolgere i comuni nella missione di informazione e di sensibilizzazione del Santuario;
- ai comuni che sottoscrivono la Carta è consentito esporre la bandiera del Santuario in qualsiasi punto del territorio comunale.

Tuttavia, oltre alla missione di sensibilizzazione dell'opinione pubblica e al divieto di effettuare gare di motoscafi off-shore, per ora in realtà il Santuario è un po' una scatola vuota. La presenza all'interno del Santuario di diverse strutture portuali (quali i porti di Genova, Savona, Livorno, Piombino in Italia e la vicinanza con quello di Marsiglia in Francia), è una chiara evidenza di come gli interessi economici continuino a prevalere su quelli ambientali.



Fig. 4 |Comuni firmatari della Carta

ELEMENTI DI OCEANOGRAFIA DEL MAR MEDITERRANEO

Zonazione dell'ambiente marino

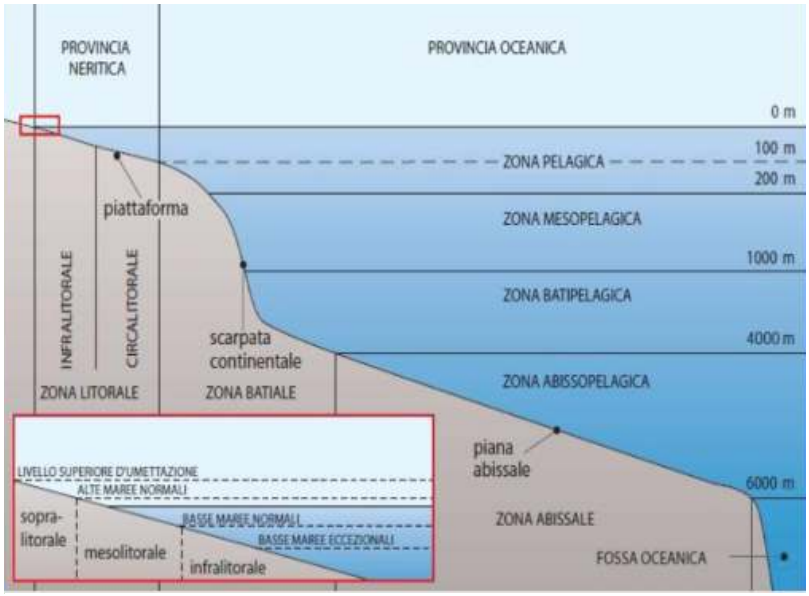


Fig. 1 | zonazione dell'ambiente marino.

Dalla superficie alle massime profondità, le acque degli oceani possono essere suddivise dal punto di vista bio-ecologico in 4 zone (Fig. 1):

- *Zona epipelagica*: dalla superficie a 200 m di profondità, anche definita *zona fotica* dal momento che vi penetra sufficiente luce per la fotosintesi, caratterizzata da una grande biodiversità;
- *Zona mesopelagica*: da 200 a 1.000 m di profondità, vi penetra una luce fievole;
- *Zona batipelagica*: da 1.000 a 4.000 m di profondità, è la zona più vasta della biosfera, caratterizzata dalla completa assenza di luce e da temperature basse e uniformi (2-3°C);
- *Zona abissale*: da 4.000 a 6.000 m di profondità, la luce è completamente assente e le temperature sempre costanti, vicine al punto di congelamento;
- *Zona adale*: oltre i 6.000 m di profondità (fino a 11.000 m) i fondali collocati a tali profondità sono detti *fosse oceaniche*.

Dal punto di vista geo-morfologico possono essere distinte diverse componenti dei fondali oceanici: la *piattaforma continentale* comprende tutta quella parte di fondale che si estende dallo zero biologico convenzionalmente fino ai 200 m di profondità e ha una pendenza moderata. Oltre i 200 m di profondità i fondali vanno incontro ad un brusco aumento di pendenza, conosciuto come *scarpata continentale*, al termine del quale la pendenza torna a diminuire a profondità superiori ai 4.000 m per formare le *piane abissali*, l'ambiente in assoluto più esteso di tutto il pianeta. La piattaforma continentale costituisce circa il 7,4% dell'estensione totale dei mari, ma ospita oltre il 75% delle attività umane, per queto si tratta del comparto dell'ambiente marino maggiormente studiato. In Mediterraneo la profondità media è di 1.500 m e la massima profondità raggiunta è di 5.267 m presso le coste del Peloponneso.

Caratteristiche chimico-fisiche del Mar Mediterraneo

Il Mar Mediterraneo è un **bacino semichiuso**, anche detto **mare adiacente**, ovvero è circondato da terre emerse, dipende dall'Oceano Atlantico, a cui è connesso tramite lo Stretto di Gibilterra. È stato inoltre creato un punto d'accesso strategico dal punto di vista commerciale-marittimo, il canale di Suez, che mette in comunicazione il Mar Mediterraneo con il Mar Rosso. Un'altra peculiarità del Mediterraneo è quella di essere completamente sviluppato in un'area temperata del pianeta, per questo è definito un **mare temperato**. Queste due peculiari condizioni favoriscono la presenza in questo bacino di particolari andamenti delle principali

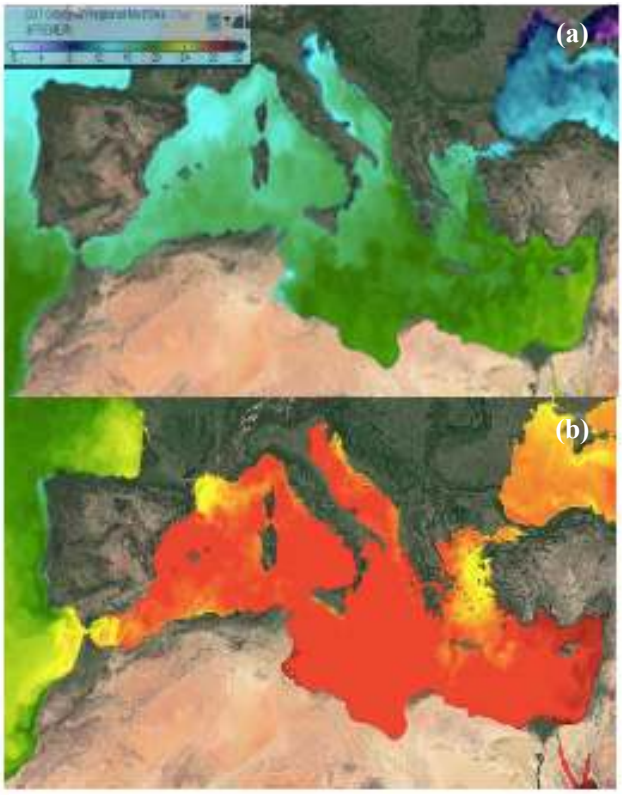


Fig. 2 |SST in Mediterraneo in inverno (a) e in estate (b).

variabili chimico-fisiche che lo caratterizzano, in particolare della *salinità* e della *temperatura*.

Temperature nel Mediterraneo: All'interno del Mediterraneo esiste un gradiente termico con un progressivo aumento delle temperature superficiali dell'acqua (SST) spostandosi sia da ovest verso est che da nord verso sud. Essendo un mare temperato il Mar Mediterraneo risente dell'influenza delle stagioni e quindi il termoclino che negli oceani risulta piuttosto stabile, in questo mare è variabile in funzione delle stagioni. A tal proposito si parla di **termoclino stagionale** in quanto ad una profondità compresa tra 25 e 40 m, nella stagione primaverile- estiva, si osserva una condizione di eterotermia della colonna d'acqua, che scompare di inverno quando la colonna si raffredda e si raggiunge una condizione di omotermia. In generale le temperature massime sperimentate in questo mare si aggirano intorno ai 28-30°C, mentre le minime sono di 12-13°C. Le temperature del bacino sono in generale molto più elevate di quelle dell'Atlantico, ma alcune aree risultano in generale meno calde delle altre, tra queste il Mare di Alboran, che riceve un apporto di acque fredde dall'Atlantico e le zone del Golfo del Leone e del Mar Ligure, entrambe importanti zone di *upwelling*.

Salinità nel Mediterraneo: Il Mar Mediterraneo essendo un bacino semichiuso, presenta un bilancio idrico negativo, determinato dal fatto che l'acqua che entra attraverso le precipitazioni e l'apporto fluviale è minore di quella che esce per i processi di evaporazione, quindi il la concentrazione di sali è elevata, tuttavia al suo interno sono frequenti anche le immissioni di acque dolci da parte di foci fluviali. Il risultato è che il Mar Mediterraneo è più salato dell'Oceano Atlantico e meno del Mar Rosso, il valore medio di salinità è di circa 38‰ (o 38 psu) e varia stagionalmente, determinando la presenza di un **aloclino stagionale**. Le acque meno salate dell'Atlantico entrano in Mediterraneo dalla Soglia di Gibilterra, queste essendo meno dense di quelle presenti all'interno del bacino, una volta entrate tendono a rimanere in superficie, formando le cosiddette Acque Superficiali di origine Atlantica (ASW).

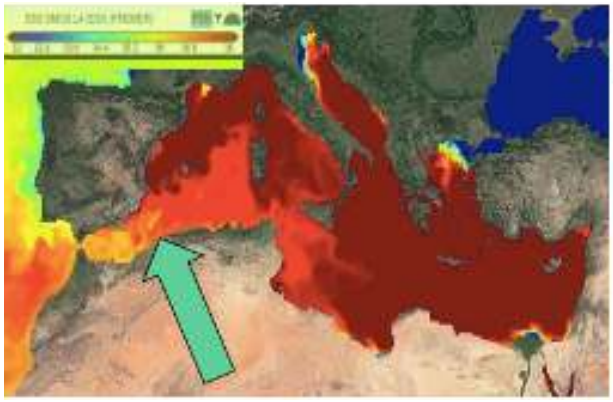


Fig. 3 |salinità superficiale in Mediterraneo, con la freccia è indicato l'ingresso di acqua meno salata da Gibilterra.

Circolazione del Mar Mediterraneo

È possibile suddividere il bacino Mediterraneo da un punto di vista della circolazione e per caratteristiche abiotiche e biotiche in due grandi settori: il *Mediterraneo Occidentale* e il *Mediterraneo Orientale* (Fig. 4). Queste due "tipologie di Mediterraneo" sono soggette a diverse tipologie di cambiamenti e fenomeni. L'idrologia di questo bacino si può riassumere nella presenza di tre masse d'acqua: l'**acqua superficiale di origine Atlantica (AW)**; l'**acqua intermedia levantina (LIW)** e le **acque profonde (EMDW- *Eastern Medietrranean Deep Water* e WMDW – *Western Mediterranean Deep Water*)** (Fig. 10). L'ingresso della prima nel Mediterraneo è evidente nelle immagini da satellite. Ma esaminiamo la circolazione nel bacino passo per passo:

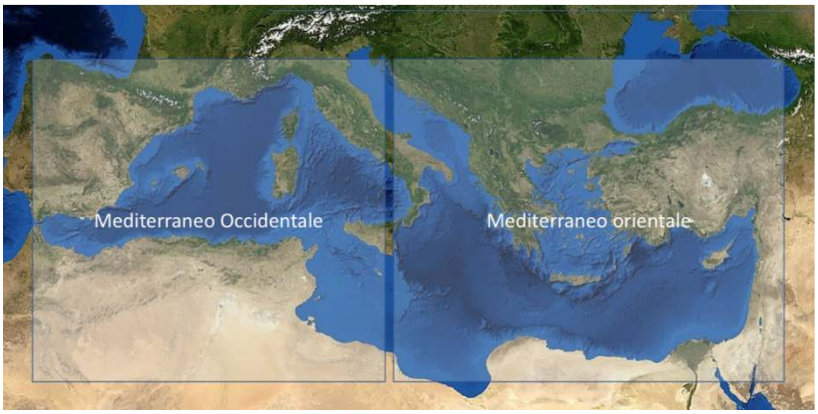


Fig. 4 |suddivisione del Mediterraneo nel bacino occidentale e orientale.

L'unico accesso fisico naturale di acque superficiali (T media: 13-14°C) provenienti dall'oceano Atlantico all'interno del Mediterraneo è rappresentato dallo **Stretto di Gibilterra**. La seconda via di accesso di acque all'interno del Mediterraneo è di origine antropogenica ed è rappresentata dal **Canale di Suez**, aperto nel 1869, che comporta un apporto di acque superficiali dal Mar Rosso che risulta in pratica nullo. Il canale di Suez è il principale responsabile delle migrazioni *lessepsiane* che hanno permesso l'ingresso di numerose specie esotiche invasive nel Mediterraneo (all'origine del fenomeno di meridionalizzazione del mediterraneo).

Una volta entrate dallo Stretto di Gibilterra le acque superficiali di provenienza atlantica vanno incontro ad un particolare destino: il primo evento che si verifica è il superamento della **Soglia di Gibilterra**, in corrispondenza della quale la profondità ridotta fa sì che parte delle acque in ingresso trovino già un primo ostacolo.

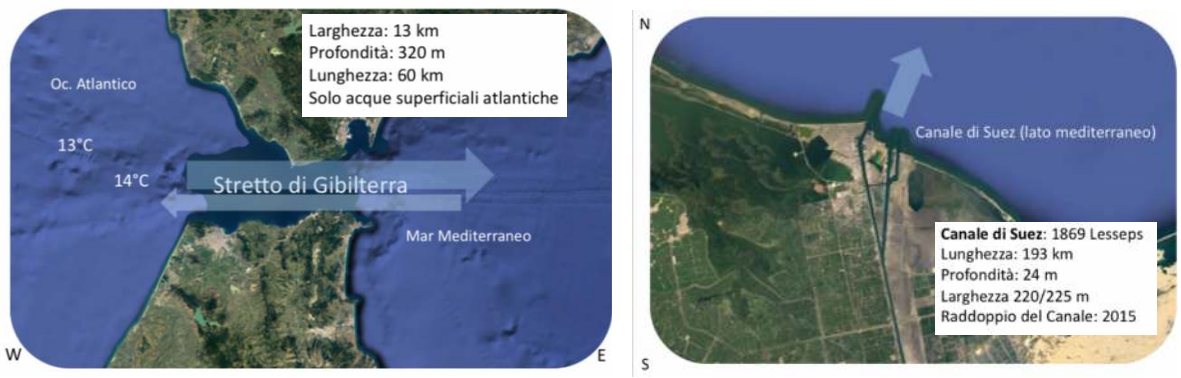


Fig. 5 | i due principali ingressi di acque all'interno del Mar Mediterraneo: lo Stretto di Gibilterra (a) a cui si deve il maggiore apporto di acque e il Canale di Suez (b) che dal punto di vista dell'apporto di idrologico nel bacino è trascurabile.

La conformazione geo-morfologica dello Stretto di Gibilterra determina la formazione di un flusso in ingresso e uno in uscita. Il primo superficiale meno denso, meno salato e più freddo (di origine atlantica), il secondo più profondo e denso (mediterraneo). Nei pressi della Soglia di Gibilterra le acque profonde si scontrano con il gradino, generando treni di onde interne di gravità che restituiscono al Mediterraneo parte dell'acqua in uscita che si rimescolerà nel suo percorso verso est. Le acque in ingresso che superano la Soglia di Gibilterra vanno incontro ad una variazione delle temperature e della salinità e di conseguenza anche di densità. La prima corrente che si sviluppa si origina a partire dal **Mare di Alboran** a seguito del primo *Gyre* (***Alboran Gyre***) e prende il nome di **Corrente Algerina**, essa è costituita da acque superficiali atlantiche (AW), per questo ha una temperatura che corrisponde a quella delle acque superficiali atlantiche e si arricchisce in salinità man mano che procede verso est. La Sardegna e la Sicilia fungono da spartiacque e deflettono queste acque della Corrente Algerina in due rami principali: un *ramo tirrenico* e uno *orientale*. Il ramo tirrenico a sua volta si differenzia in due ulteriori rami che risalgono verso nord:

- La ***Eastern Corsican Current*** **(ECC)**, che si origina dalla deflessione della Corrente Algerina per mezzo della Sicilia e prosegue lungo il Tirreno in direzione nord;
- La ***Western Corsican Current*** **(WCC)**, che si origina dalla deflessione della Corrente Algerina per mezzo della Sardegna e prosegue verso il Mar Ligure in direzione nord.

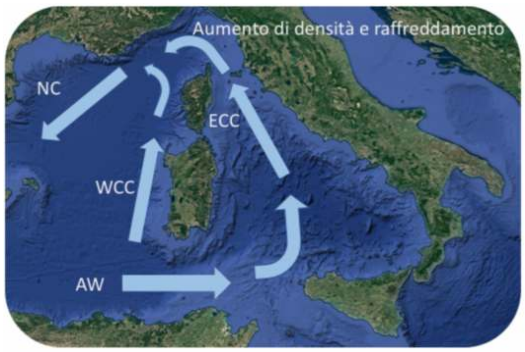


Fig. 6 | formazione della ECC e della WCC dal ramo tirrenico della Corrente Algerina.

Queste due correnti si incontrano e si raffreddano per effetto dei venti che spirano da nord-est, addensandosi, e formano la ***North Current*** **(NC)** che riscende verso sud rimescolandosi alle acque in uscita dal Mediterraneo. Dal *ramo orientale* della Corrente Algerina si originano durante il suo percorso verso est le **Acque Levantine (LIW)** che lambiscono le coste orientali del bacino. Si tratta di masse d'acqua sottoposte ad elevata evaporazione durante l'estate, temperature superficiali alte fino a 29° e salinità crescente, fino al 39 ‰, con conseguente aumento di densità. In questa zona si assiste alla formazione delle acque intermedie che scorrono a profondità di 200-300 m che favoriscono quindi il rimescolamento del *mixed layer*. Le acque levantine durante il loro percorso di ritorno verso ovest subiscono una deflessione dovuta alla conformazione della linea di costa e una parte di esse entra di fatto nel Mare Adriatico attraverso il Canale di Otranto scorrendo lungo le coste orientali del bacino adriatico. Sono acque generalmente più calde e salate sebbene parte

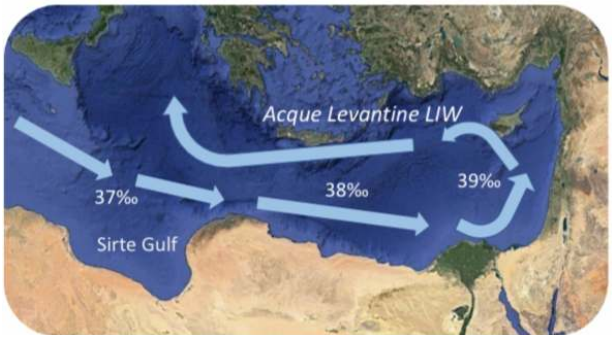


Fig. 7 | formazione delle Acque Levantine (LIW) a est del Mediterraneo.

siano anche costituite da acque intermedie. Nel bacino le acque tendono a raffreddarsi ed affondare dando origine ad acque profonde chiamate ***Adriatic Deep Water*** **(ADW)** che fuoriescono dal bacino adriatico per riunirsi alle acque levantine in direzione ovest. Le acque levantine LIW e le acque adriatiche ADW al termine del loro percorso si uniscono alle masse d'acqua della NC. A questo punto le acque profonde e più salate di quelle in ingresso che ora vengono definite WMDM (*Western Mediterranean Deep Water*), si dirigono nuovamente verso lo Stretto di Gibilterra da dove fuoriusciranno come strato profondo sottostante le acque atlantiche superficiali AW che nel frattempo affluiscono nel bacino. Le analisi degli oceanografi hanno dimostrato che un flusso di acqua in ingresso dallo Stretto di Gibilterra impiega circa 150 anni per compiere un giro completo e fuoriuscire nuovamente dallo Stretto.

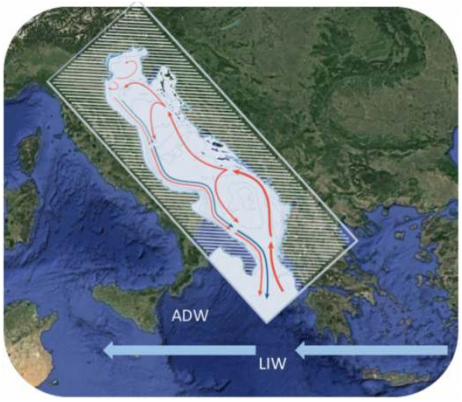


Fig. 8 | formazione delle *Adriatic Deep Water* (ADW).

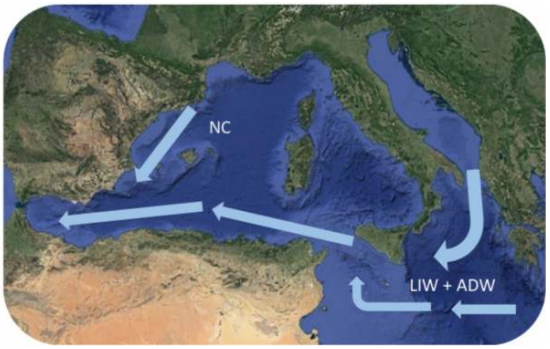


Fig. 9 | visione complessiva delle correnti in uscita dal Mediterraneo.

Circolazione nel Mar Ligure e risalita di nutrienti

Nel Mediterraneo nord-occidentale avviene l'incontro tra la ECC e la WCC che determina la formazione della NC. In superficie l'acqua scorre generalmente in senso antiorario e entra nel Santuario come corrente che lambisce le coste occidentali della Sardegna e della Corsica e come corrente di origine Tirrenica. Questa circolazione generale interessa anche le masse d'acqua intermedia e profonda (con diverse velocità) per un'estensione verticale di migliaia di metri. Altri fattori dinamici sono di tipo atmosferico: un polo del vento molto importante in Mediterraneo infatti è situato nel Golfo del Leone e interessa la porzione occidentale del Santuario (Fig. 11). I fattori di arricchimento delle acque del Mar Ligure sono dunque molteplici, sia permanenti, sia stagionali: la corrente superficiale che da Genova verso sud-ovest diventa corrente costiera, genera un fronte permanente in cui avvengono fenomeni di trasporto verticale.

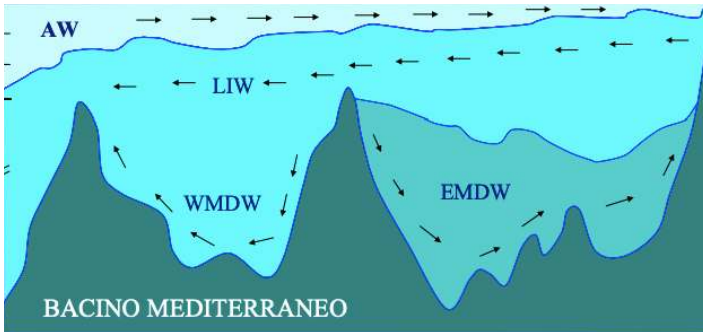


Fig. 10 | le principali masse d'acqua del Mediterraneo.

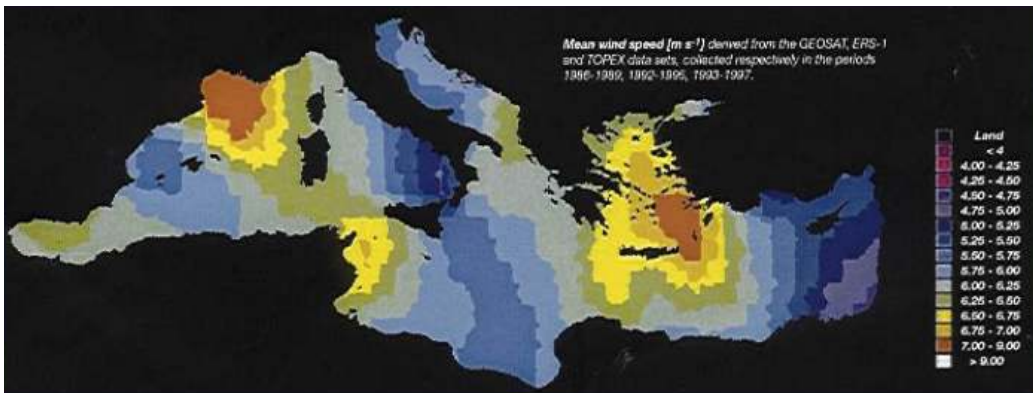


Fig. 11 | l'immagine derivata da rilevamenti satellitari estesi dal 1986 al 1997 mostra i poli del vento in Mediterraneo.

Con venti freddi e asciutti che arrivano dal nord l'acqua evapora, si condensa e affonda. Anche questo processo che ha carattere soprattutto stagionale porta, per compensazione, ad una risalita di nutrienti nelle acque superficiali. L'insieme di questi fattori, in combinazione con la particolare morfologia del fondale di quest'area, determina la presenza del cosiddetto **fronte settentrionale** o **fronte geostrofico permanente**, si tratta di un'area in cui si verificano per tutto il corso dell'anno continuamente fenomeni di convergenza tra masse d'acqua che determinano lo sprofondamento di acque superficiali (*downwelling*) e fenomeni di divergenza tra masse d'acqua che determinano la risalita di acque profonde, ossigenate e ricche di

nutrienti (*upwelling*). Questa particolare situazione determina l'insorgenza di *bloom* fitoplanctonici e rende le acque del Santuario particolarmente produttive, questo è il motivo per cui la maggior parte dei grandi pelagici del Mediterraneo vengono ad alimentarsi in questa zona.

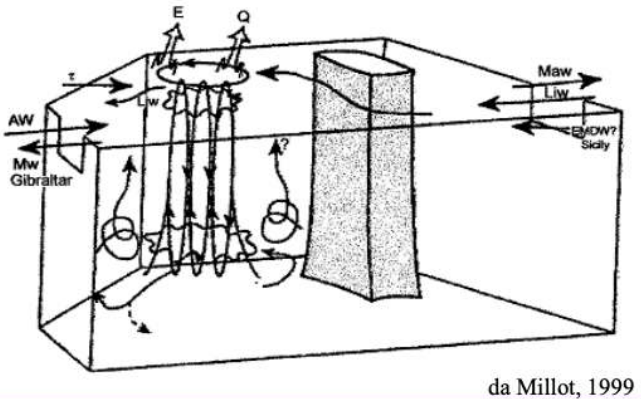


Fig. 12 | formazione del fronte geostrofico permanente nelle acque del Santuario.

Struttura geo-morfologica dei fondali del Santuario

Le acque del Santuario Pelagos presentano dei fondali con una struttura geo-morfologica del tutto particolare. I fondali del Golfo di Genova e della Riviera di Levante sono costituiti da una piattaforma continentale e da una scarpata entrambe incise da un complesso sistema di ***canyons*** **sottomarini**, i due più importanti per dimensioni e portata del flusso di acqua, sedimento e materia organica che trasportano, si trovano di fronte a Genova e sono il *canyon del Polcevera* e il *canyon del Bisagno*. Anche i fondali della riviera di Ponente sono incisi da diversi *canyons* che culminano in quello di Laigueglia. I canyons rappresentano un elemento geomorfologico particolarmente importante in quanto fungono sia da inghiottitoio per tutto ciò che arriva da terra (sedimento, materia organica, acque dolci) verso le profondità, sia da via preferenziale di risalita di acque fredde e ricche di nutrienti verso la superficie, facilitando i fenomeni di *upwelling* costiero. In entrambi i casi al termine della scarpata si trova un ambiente di piana abissale a profondità di circa 2000 m, questo tuttavia non è uniforme, ma risulta punteggiato da innumerevoli ***seamounts***, ovvero rilievi sottomarini, la cui presenza favorisce un'ulteriore risalita di acque ricche di nutrienti dal basso. Uno dei sistemi di *seamounts* più importanti è il *promontorio di Antibes*, una vera e propria catena montuosa sottomarina che si estende per diversi chilometri verso il largo. Questo arriva addirittura dove sono presenti le LIW, favorendone il risollevamento.

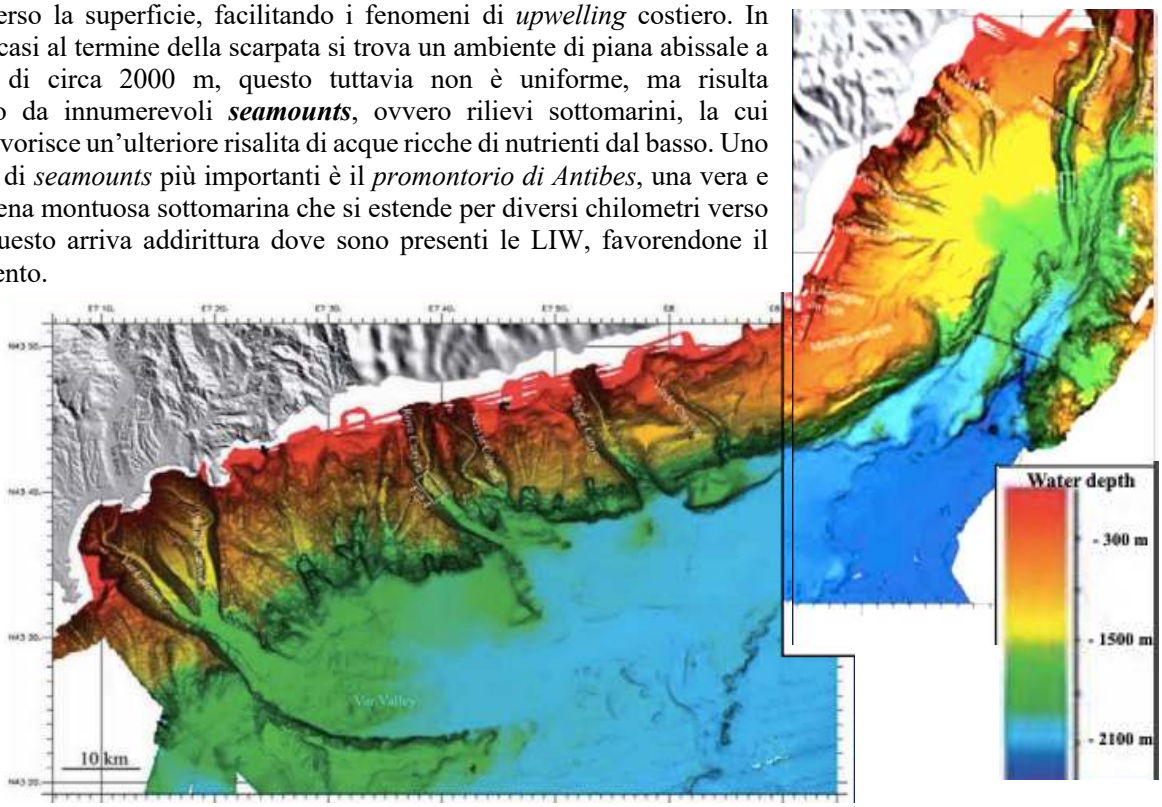


Fig. 13 | sistema dei *canyons* della costa tra Nizza e Genova.

Upwelling **e** ***bloom*** **fitoplanctonici**

L'***upwelling*** è un fenomeno oceanografico che coinvolge il movimento, provocato dal vento, di grandi masse d'acqua fredda, densa e generalmente ricca di nutrienti, che risalgono verso la superficie dell'oceano dove vanno a rimpiazzare l'acqua superficiale più calda, pertanto meno densa e in generale ormai depauperata dei suoi nutrienti. I fenomeni di *upwelling* stimolano la crescita e riproduzione dei produttori primari come il fitoplancton, e determinano l'insorgenza di ***bloom*** **fitoplanctonici**, ovvero fioriture eccezionali, quando la risalita dei nutrienti coincide coi periodi di massimo irraggiamento della superficie dell'acqua. Le elevate concentrazioni di fitoplancton sono alla base delle reti trofiche pelagiche. La grande biomassa del fitoplancton e la presenza di acqua superficiale più fredda, permettono di identificare le zone di *upwelling*, rilevabili dalla più bassa temperatura superficiale dell'acqua e dall'alta concentrazione di clorofilla. In Mediterraneo si verificano due picchi stagionali della concentrazione di clorofilla: il primo *bloom* fitoplanctonico stagionale si verifica in primavera e si raggiungono in

questo caso le maggiori concentrazioni di clorofilla, il secondo si verifica nel mese di agosto ed è di minore entità. Le zone di *upwelling*, quindi le più produttive del Mediterraneo sono principalmente 4:

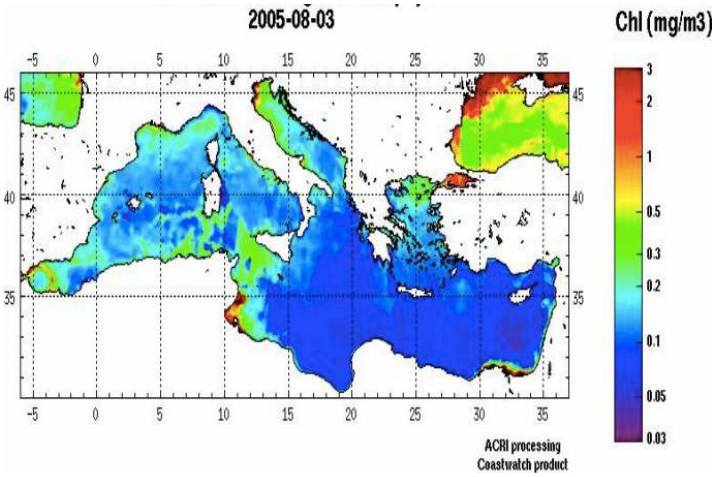


Fig. 14 | Concentrazione di clorofilla in Mediterraneo, rilevata nel mese di agosto (2005).

- Il *Mare di Alboran*: per via dei vortici di meso-scala innescati dall'apporto di acque atlantiche dalla Soglia di Gibilterra;
- Il *Mar Ligure*: per via della presenza relativamente stabile di fattori oceanografici, come le correnti e i venti, e atmosferici, combinati con una particolare struttura geo-morfologica dei fondali che nel loro insieme favoriscono l'insorgenza di fenomeni di *upwelling* costiero;
- Il *Golfo di Games* (sulle coste della Tunisia): non sono bene conosciute le cause;
- Il *Delta del Po*: per via della combinazione di fattori oceanografici come la formazione di acque profonde e atmosferici, abbinati con la presenza di abbondanti apporti fluviali.

Formazione di acque profonde in Mediterraneo

In Mediterraneo i principali siti di produzione di acque profonde (*Deep Water* - DW) sono due, uno per il bacino occidentale e uno per il bacino orientale:

1) Le *WMDW* (*Western Mediterranean Deep Water*) si originano principalmente nel **Golfo del Leone**, lungo le coste francesi, dove il Maestrale lambisce la superficie dell'acqua generando il bio-aerosol superficiale, in questo modo l'acqua evapora e quella che rimane risulta più salata e di conseguenza più densa, quindi sprofonda determinando la risalita di acque più vecchie, ricche di nutrienti.
2) Le *EMDW* (*Estern Mediterranean Deep Water*) si originano principalmente nell'Adriatico settentrionale, in particolare nel **Golfo di Trieste**, con un meccanismo di formazione analogo a quello delle WMDW, in questo caso è la Bora a lambire la superficie dell'acqua, raffreddandola di molto e portandola a raggiungere temperature di 6°C, questa diventa più densa e sprofonda, determinando, anche in questo caso, la risalita di acque più vecchie, ricche di nutrienti. Questa massa d'acqua arriva fino alle coste dell'Algeria ed è quella che poi esce da Gibilterra, dopo essersi unita con la WMDW.

RETI TROFICHE PELAGICHE

Che cos'è e come si studia una rete trofica

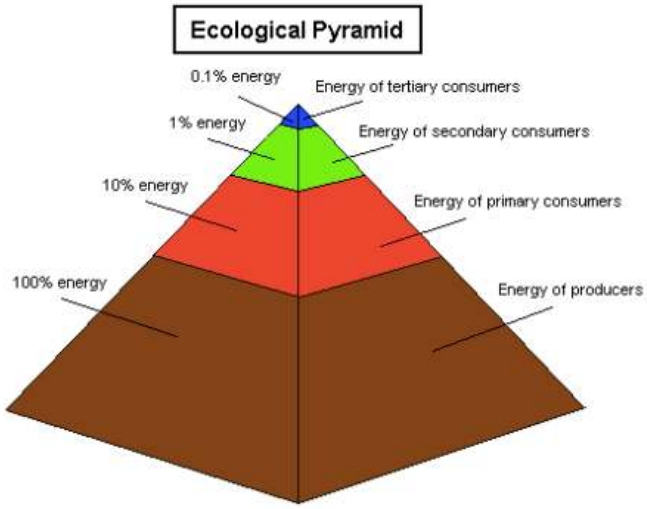


Fig. 1 |rappresentazione di una piramide ecologica con evidenziato il progressivo decremento di energia da un livello trofico al successivo.

Gli organismi *produttori* trasformano materia inorganica in organica. Il processo attualmente più importante al riguardo è la fotosintesi. Essi introducono nella biocenosi non solo massa ma anche energia chimica (derivante dalla radiazione solare). I *consumatori* sono eterotrofi ossia utilizzano come nutrimento altri organismi. Quelli che si nutrono di produttori, mediante il pascolo, sono detti *consumatori primari*. I consumatori che si nutrono di consumatori primari, mediante la predazione, si dicono *consumatori secondari*. Analogamente si parla di consumatori terziari e così via … . I resti e le escrezioni di tutti gli organismi vengono utilizzati dai *decompositori* che li remineralizzano. Tutta la materia "organicata" dai produttori ritorna, prima o poi, inorganica mediante il catabolismo dei produttori, dei consumatori o dei decompositori. Abbiamo quindi un continuo riciclaggio della materia. L'energia si degrada in virtù del II principio della termodinamica. Lo stesso non avviene per altri fattori, quali biomassa ed energia. La **piramide ecologica** (Fig. 1) rappresenta visivamente la diminuzione della biomassa da un livello all'altro. Tale andamento è dovuto al fatto che la biomassa incorporata in un livello viene in parte consumata per sostenere il metabolismo degli organismi e in parte degradata dai decompositori: solo in parte è disponibile per gli organismi del livello superiore, che tra l'altro la trasformano in loro biomassa con efficienza limitata. I livelli si restringono "verso l'alto" se si considera la massa degli organismi, ma anche se si considera l'energia incorporata o il numero di individui. La biosfera quindi riceve dal Sole energia che scorre da un livello all'altro e viene consumata al suo interno. È bene effettuare una distinzione tra **catene trofiche**, che delineano chi mangia chi/che cosa in "linea retta e **reti trofiche** che sono invece una rappresentazione dell'insieme delle catene alimentari che compongono un ecosistema. Entrambe queste modalità di rappresentazione descrivono i flussi di energia che si verificano all'interno degli ecosistemi.

Reti trofiche marine e impatti della pesca

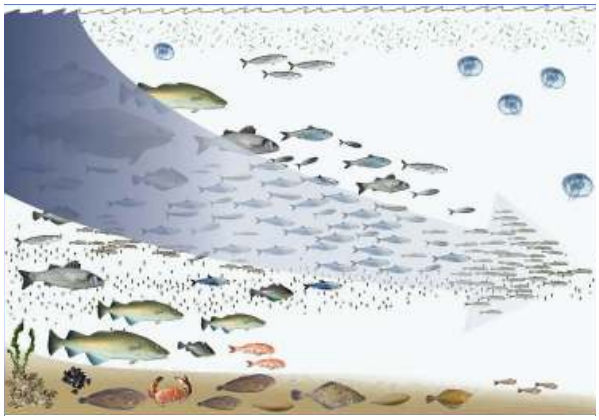


Fig. 2 | rappresentazione del fenomeno del *"fishing down the food web"*.

Nelle reti trofiche marine l'energia viene sempre fornita dal Sole, ma viene sottratta dall'ambiente marino principalmente ad opera degli uccelli marini che si alimentano in mare e trasferiscono biomassa nell'ambiente terrestre, ma soprattutto dall'uomo con la pesca, e questo è il principale aspetto sul quale si deve porre l'attenzione nell'ottica della conservazione dell'ecosistema marino. La complessità delle reti trofiche dipende sostanzialmente dagli input energetici che ci sono alla base e quindi varia a seconda dei vari ambienti marini che si prendono in considerazione: ai poli le reti trofiche tendono ad essere relativamente semplici e aumentano di complessità man mano che ci si sposta verso le acque tropicali. La pesca impatta sulle reti trofiche marine seguendo il loro "percorso", viene definito fenomeno del ***Fishing down the food web***, il processo per cui la pesca negli ecosistemi marini, dopo aver esaurito i grandi pesci predatori in cima alla rete trofica, si rivolge a specie sempre più piccole, finendo con piccoli pesci e invertebrati precedentemente respinti. L'industria della pesca ha sistematicamente "pescato lungo la rete trofica", prendendo di mira specie ittiche a livelli trofici progressivamente decrescenti.

Rete trofica della grande fauna pelagica del Santuario

Nella Fig. 3 è schematizzata una ricostruzione della rete trofica che riguarda la grande fauna pelagica del Santuario. Di questa complessa rete di interazioni è possibile mettere in evidenza l'importanza per i grandi pelagici, in particolare, di alcune categorie ecologiche:

- Il **krill**: rappresenta il primo gradino della rete trofica pelagica, si tratta di crostacei della famiglia degli Euphausiidae che si cibano di zooplancton più piccolo, che a sua volta si nutre di fitoplancton (quindi incamerano un grande input energetico), questi crostacei rappresentano l'alimento di molti pesci e altri organismi che si trovano ai livelli trofici superiori; inoltre il krill è particolarmente importante anche nelle catene trofiche di alcuni grandi pelagici filtratori che si cibano direttamente di esso, come la balenottera comune, lo squalo elefante, le mobule, etc.
- I **pesci mesopelagici**: rappresentano il secondo gradino della rete trofica pelagica, sono i principali consumatori del krill, e di loro si nutre la maggior parte dei predatori di vertice.
- I **cefalopodi**: svolgono un ruolo analogo a quello dei pesci mesopelagici, si nutrono di krill e vengono mangiati da molti grandi pelagici, in particolare delle 7 specie di cetacei odontoceti presenti in Mar Ligure, 4 sono *teutofaghe*, ovvero si nutrono esclusivamente di cefalopodi, e anche nelle restanti i cefalopodi costituiscono comunque una componente importante della dieta.
- Il **plancton gelatinoso**: comprende animali come cnidari, ctenofori, salpe, doliolidi, etc., si può nutrire direttamente di fitoplancton o di zooplancton, esercitando un ruolo analogo a quello svolto dal krill, questi organismi producono una biomassa enorme, sono costituiti principalmente da polisaccaridi, dal basso valore energetico, ma prodotti in una quantità immensa, che perdipiù si si rigenera continuamente e molto velocemente; questi animali rappresentano quindi una risorsa estremamente abbondante che viene ampiamente sfruttata da molti organismi ai livelli trofici superiori; alcuni pesci si nutrono esclusivamente di plancton gelatinoso, tra questi il pesce luna (*Mola mola*), che è il pesce osseo più grande che esista, e la ricciola di fondale o morone (*Centrolophus niger*).

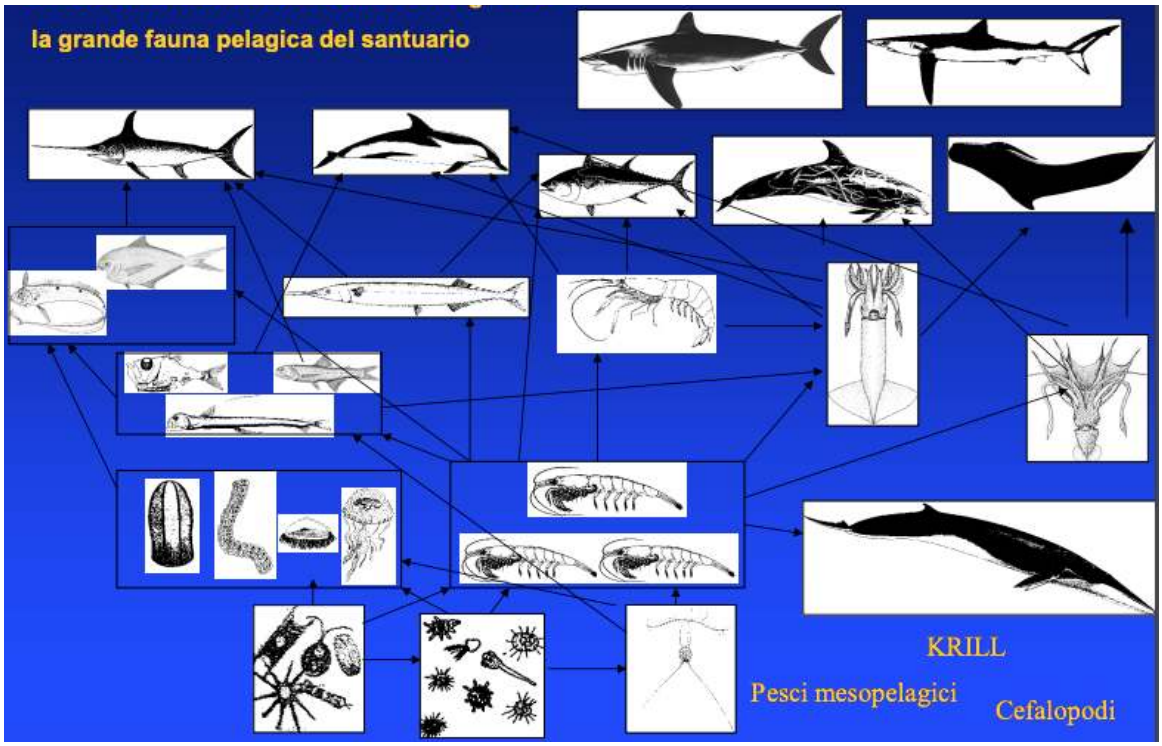


Fig. 3 | ricostruzione della rete trofica della grande fauna pelagica del Santuario.

Nelle pagine successive seguirà una trattazione dettagliata delle prime tre di queste categorie ecologiche, ponendo particolare rilievo al ruolo di ciascuna nella biologia dei grandi pelagici.

Come si studia una rete trofica

Esistono diversi metodi per studiare le reti trofiche, i principali sono:

1. L'**analisi dei contenuti gastrici**: consiste nell'aprire l'animale oggetto di studio e analizzarne il contenuto gastrico, talvolta se l'ingestione della preda è avvenuta da poco questa è ancora intatta e riconoscibile, in altri casi si considerano alcune strutture particolarmente resistenti che rimangono integre anche dopo essere entrate a contatto con l'ambiente acido dello stomaco del predatore, come nel caso dei becchi in chitina dei cefalopodi.
2. **Campagne mirate di campionamento**: possono essere condotte delle campagne di campionamento per valutare l'abbondanza in alcune zone di determinate prede e la loro fluttuazione nel tempo, ad esempio per il krill si utilizzano reti di vario genere (MOCNESS, BIONES, Plankton-NET, IKMT, etc.) durante le campagne oceanografiche.
3. **Studio degli isotopi stabili di ^{13}C, ^{15}N e ^{34}S** nei tessuti degli animali: la valutazione della concentrazione degli isotopi stabili di alcuni elementi a livello dei tessuti degli animali può dare un'informazione sul livello trofico al quale si trova l'animale oggetto di studio e se ad esempio questo frequenta un ambiente pelagico o costiero (dal momento che la composizione isotopica delle acque pelagiche e costiere sono note). Questo tipo di analisi però non da nessuna informazione sulla biodiversità che compone la dieta degli organismi.
4. Campagne di **DNA ambientale (eDNA)**: si tratta di una nuova frontiera nel campo del monitoraggio ambientale, è una tecnica che è ancora in fase di sperimentazione, si basa sul fatto che ciascun organismo lascia nell'ambiente marino una sua impronta di DNA, sotto forma di secrezioni mucose, cellule morte, etc., il DNA rilevato dalla matrice ambientale può dare quindi informazioni sulla presenza di determinate specie in alcune aree. Il DNA di specie conosciute viene depositato in apposite banche dati. Dalle prime applicazioni pare che questa tecnica possa dare informazioni non solo a livello di singole specie, ma anche a livello di popolazione.

Il kill

Con il termine di krill si intendono genericamente gli appartenenti ad un preciso gruppo di crostacei: gli **Eufausiacei**, si tratta di 85 specie appartenenti a 10 generi, distribuite in tutti gli oceani del mondo. La specie maggiormente conosciuta è *Euphausia superba*, il krill antartico, una specie chiave dell'ecosistema antartico, in termini di biomassa si tratta probabilmente della specie animale più abbondante sul pianeta. La specie più diffusa in Mediterraneo e in Mar Ligure è la ***Meganychtyphanes norvegica*** o krill nordico. Il krill non si trova uniformemente distribuito in mare, ma vive principalmente in sciami, di densità molto variabile, che possono ricoprire una superficie di pochi metri quadri o diversi chilometri. All'interno degli sciami si possono distinguere ulteriori sotto-aggregazioni in cui gli individui si concentrano che prendono il nome di *swarms*, quando gli individui al loro interno si dispongono in maniera casuale, e di *schools* quando invece gli animali hanno una disposizione ordinata. Di questo particolare comportamento di aggregazione bisogna tenerne conto quando si vanno campionare questi animali con le reti. Il krill costituisce un alimento molto ricco di proteine e grassi (per 100 g di krill è stato stimato un contenuto di circa 110-120 kcal), per questo particolarmente ambito da tanti animali ed è sempre più frequente il consumo di questa risorsa anche da parte dell'uomo, in alcuni paesi viene venduto in scatola, talvolta è utilizzato per produrre integratori alimentari a base di lipidi. La pesca del krill antartico per l'uso umano è regolamentata dalla CCAMLR (*Commission fo the Conservation of Antartic Marine Living Resources*), che ha fissato un limite per la pesca del krill all'1% della biomassa stimata, fino ad ora tale limite non è ancora mai stato raggiunto.

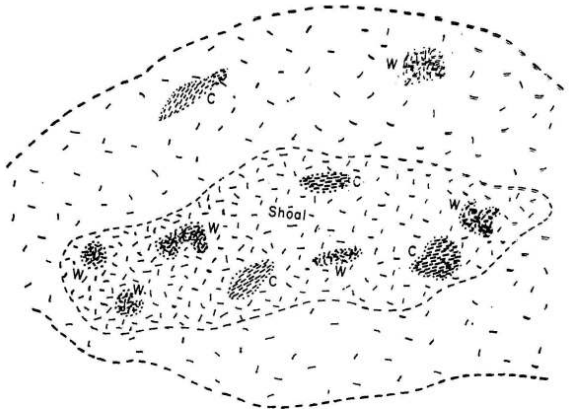
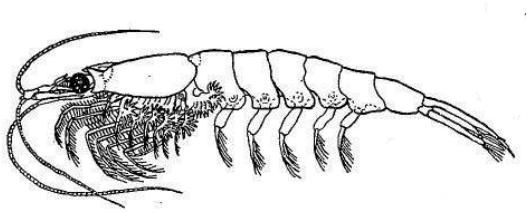


Fig. 4 | struttura degli sciami di krill, con formazione di aggregazioni al loro interno, a livello delle quali si può distinguere l'ulteriore formazione di *swarms* (W) e *schools* (C).



Fig. 5 |krill per il consumo alimentare: (a) krill in scatola; (b) integratori alimentari a base di krill.

***Meganychtiphanes norvegica* – krill nordico**



Nome scientifico:	*Meganyctiphanes norvegica* (M. Sars, 1857)
Classificazione:	
Ordine	Euphausiacea
Famiglia	Euphausiidae
Genere	*Meganychiphanes*
Specie	*M.norvegica*

Il nome del genere è composto dal prefisso *mega-* che fa riferimento alle grosse dimensioni che gli esemplari raggiungono (da 1-2 cm fino a 6-15 cm), e dal suffisso *-nychtyphanes*, che deriva dal greco e significa "apparire di notte", questo fa riferimento al fenomeno della bioluminescenza che questo animale è in grado di mettere in atto, grazie alla presenza di fotofori ventrali. L'epiteto scientifico lo deve al fatto di essere una specie tipica di acque temperate o temperato-fredde, quindi ad affinità fredda. Caratteri diagnostici di questa specie sono l'assenza della spina post-oculare e la presenza di una particolare protuberanza a livello delle antenne. A partire dagli anni '80 il laboratorio del DISTAV è impegnato a studiare la fauna delle acque del largo per capire il funzionamento dell'ecosistema, soprattutto negli aspetti trofici che riguardano i grandi predatori. In collaborazione con istituti del CNR liguri, di Genova e La Spezia, sono stati condotti campionamenti lungo diversi transetti in Mar Ligure. Sono state condotte campagne oceanografiche con diverse navi oceanografiche, dalle quali venivano effettuati campionamenti diretti di krill avvalendosi di diverse tecniche, tra cui l'utilizzo di retini da plancton, Bioness, MOCNESS, IKMT, e anche di metodi acustici per rilevare la presenza degli sciami di krill e la loro densità, tra questi l'utilizzo di ecoscandagli e sonar. Grazie alla combinazione di queste tecniche è possibile studiare la distribuzione temporale (variazioni stagionali, distribuzioni di taglia, etc.) e spaziale (distribuzioni a livello di bacino, distribuzione in colonna d'acqua) del krill. Oltre ai campionamenti diretti è stata valutata la presenza e abbondanza di questi organismi in Mar Ligure anche effettuando campionamenti indiretti, quali ad esempio l'analisi di contenuti stomacali di specie planctonofaghe spiaggiate o pescate (es. il tonno rosso che è un filtratore occasionale e nei suoi contenuti stomacali spesso si trovano elevate quantità di krill), o l'analisi delle feci di grandi filtratori (es. le balenottere che si nutrono esclusivamente di krill). Quest'ultima permette addirittura di risalire alla composizione in taglie della *M. norvegica* consumata dalle balene, tramite la misura delle mandibole che con una semplice relazione matematica permettono di risalire alle dimensioni reali dell'animale.

I pesci mesopelagici

I **pesci mesopelagici**, come abbiamo detto, rappresentano il secondo gradino della rete trofica pelagica in quanto sono i principali consumatori e del krill, e di loro si nutre la maggior parte dei predatori di vertice. Oltre ad essi anche alcuni **crostacei decapodi** svolgono un ruolo ecologico analogo. Per pesci mesopelagici si intende una serie di specie di dimensioni medio-piccole che vivono nella zona mesopelagica, tra i 200 e i 1.000 m di profondità e che risalgono in superficie per alimentarsi durante la notte. Questi pesci negli ecosistemi pelagici rappresentano un'importante risorsa alimentare per i livelli trofici superiori. Dati sulla distribuzione e abbondanza di questi pesci si possono ottenere dalle catture accidentali, in genere poco numerose, nella pesca a strascico profonda. In particolare i pesci mesopelagici, sulla base della frequenza con cui vengono catturati possono essere distinti in:

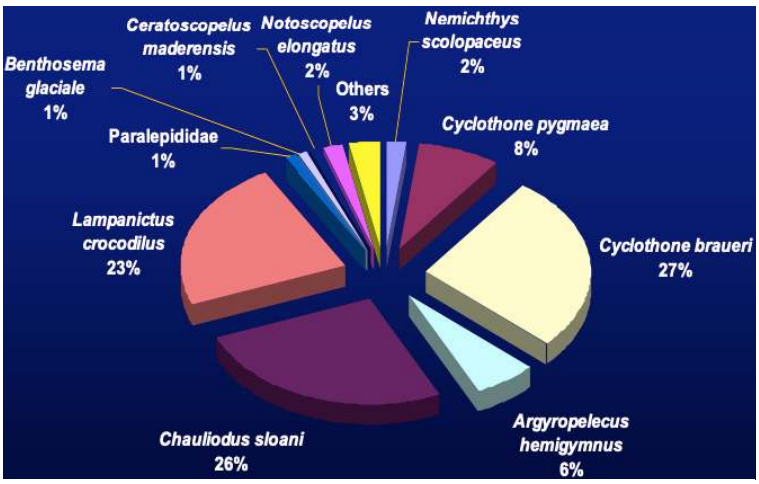
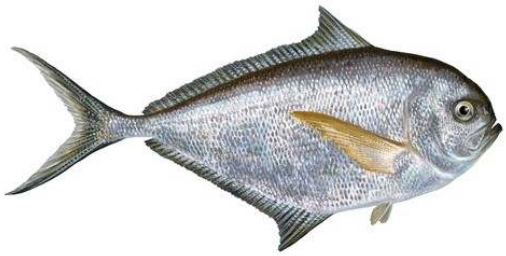


Fig. 6 |ripartizione dell'abbondanza di pesci mesopelagici nelle acque del Mar Ligure.

Specie catturate regolarmente:

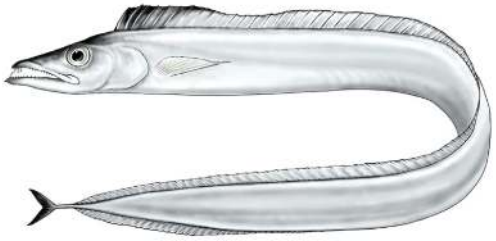
Tra queste principalmente:

***Brama brama* – pesce castagna**



Nome scientifico:	*Brama brama* (Bonaterre, 1788)
Classificazione:	
Ordine	Perciformes
Famiglia	Bramidae
Genere	*Brama*
Specie	*B. brama*

***Lepidopus caudatus* – pesce sciabola**



Nome scientifico:	*Lepidopus caudatus* (Euphrasen, 1788)
Classificazione:	
Ordine	Perciformes
Famiglia	Trichiuridae
Genere	*Lepidopus*
Specie	*L. caudatus*

Specie catturate occasionalmente:

Molte di queste specie sono considerate in letteratura come specie rare, si è scoperto tuttavia che in realtà sono abbondanti, ma semplicemente scarsamente campionate, di cui si hanno dunque poche informazioni.

***Cyclothone braueri* – boccatonda**



Nome scientifico:	*Cyclothone braueri* (Jespersen & Taning, 1926)
Classificazione:	
Ordine	Stomiiformes
Famiglia	Gonostomatidae
Genere	*Cyclothone*
Specie	*C. braueri*

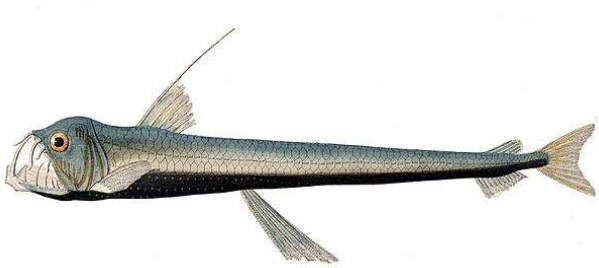
***Cyclothone pygmaea* – boccatonda**



Nome scientifico:	*Cyclothone pygmaea* (Jespersen & Taning, 1926)
Classificazione:	
Ordine	Stomiiformes
Famiglia	Gonostomatidae
Genere	*Cyclothone*
Specie	*C.pygmaea*

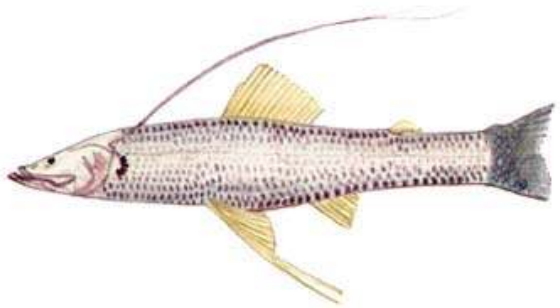
Insieme, solo queste due specie rappresentano circa il 92% del numero totale di pesci mesopelagici, è difficile quantificare la loro presenza nella dieta dei grandi pelagici perché sono molto difficili da individuare i loro resti, in particolare gli otoliti.

***Chaoliodus solani* – pesce vipera**



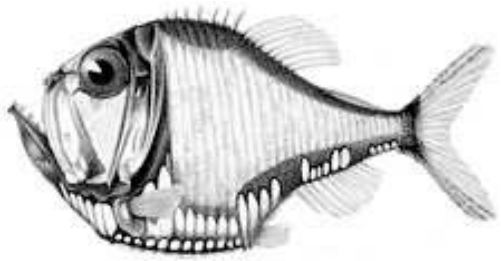
Nome scientifico:	*Chaoliodus solani* (Bloch & Schneider, 1801)
Classificazione:	
Ordine	Stomiiformes
Famiglia	Stomiidae
Genere	*Chaoliodus*
Specie	*C. solani*

***Bathypterus mediterraneus* – pesce ragno**



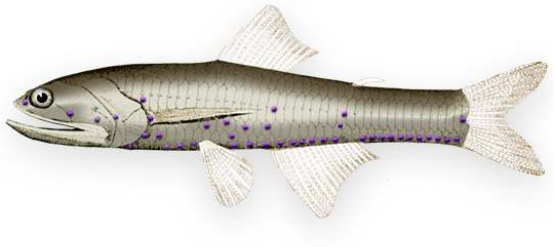
Nome scientifico:	*Bathypterus mediterraneus* (Bauchot, 1962)
Classificazione:	
Ordine	Aulopiformes
Famiglia	Ipnopidae
Genere	*Bathypterois*
Specie	*B. mediterraneus*

***Argyropelecus hemigymnus* – pesce accetta**



Nome scientifico:	*Argyropelecus hemigymnus* (Cocco, 1829)
Classificazione:	
Ordine	Stomiiformes
Famiglia	Sternophychinae
Genere	*Argyropelecus*
Specie	*A. hemigymnus*

***Lampanyctus crocodilus* – pesce lanterna coccodrillo**



Nome scientifico:	*Lampanyctus crocodilus* (Risso, 1810)
Classificazione:	
Ordine	Myctophiformes
Famiglia	Myctophidae
Genere	*Lampanyctus*
Specie	*L. crocodilus*

Una famiglia particolarmente importante di pesci mesopelagici è quella dei Paralepididae, in Mediterraneo rappresentati dai 3 generi *Paralepis*, *Arctozenus* e *Lestidiops*. Le specie appartenenti a questi generi sono ritrovate in grandi quantità negli stomaci del pesce spada, tuttavia se ne riescono a campionare pochissimi con le reti. *Sudis hyalina* è il paralepidide più grande conosciuto in Mediterraneo, può raggiungere fino a 45-50 cm ed è considerato ermafrodita. *Evermannella balbo* arriva a misurare fino a circa 15 cm e si trova preferenzialmente a profondità comprese tra 300 e 600 m.

***Sudis hyalina* – luccio imperiale**



Nome scientifico:	*Sudis hyalina* (Rafinesque, 1810)
Classificazione:	
Ordine	Aulopiformes
Famiglia	Paralepididae
Genere	*Sudis*
Specie	*S. hyalina*

***Evermannella balbo* – evermannella**



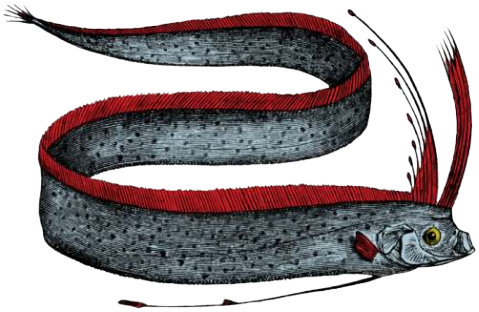
Nome scientifico:	Evermannella balbo (Risso, 1820)
Classificazione:	
Ordine	Aulopiformes
Famiglia	Evermannellidae
Genere	*Evermannella*
Specie	*E. balbo*

***Lampris guttatus* – pesce re o opah**



Nome scientifico:	*Lampris guttatus* (Brunnich, 1788)
Classificazione:	
Ordine	Lampridiformes
Famiglia	Lampridae
Genere	*Lampris*
Specie	*L. guttatus*

***Regalecus glesne* – regaleco o re di aringhe**



Nome scientifico:	*Regalecus glesne* (Ascanius, 1772)
Classificazione:	
Ordine	Lampridiformes
Famiglia	Regalecidae
Genere	*Regalecus*
Specie	*R. glesne*

Il pesce re è considerato l'unico pesce realmente endotermo per via dei diversi adattamenti che presenta volti al mantenimento della temperatura interna costante. Il re di aringhe è da molti considerato il pesce osseo più lungo al mondo, in casi eccezionali raggiunge gli 11 m di lunghezza, anche se normalmente non supera i 3.

Lophotes lacepede **– pesce liocorno**



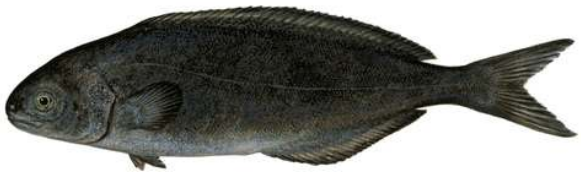
Nome scientifico:	*Lophotes lacepede* (Giorna, 1809)
Classificazione:	
Ordine	Lampridiformes
Famiglia	Lophotidae
Genere	*Lophotes*
Specie	*L. lacepede*

Zu cristatus **– pesce falce**



Nome scientifico:	*Zu cristatus* (Bonelli, 1819)
Classificazione:	
Ordine	Lampridiformes
Famiglia	Trachipteridae
Genere	*Zu*
Specie	*Z. cristatus*

Centrolophus niger**– ricciola di fondale o morone**



Nome scientifico:	*Centrolophus niger* (Gmelin, 1789)
Classificazione:	
Ordine	Perciformes
Famiglia	Centrolophidae
Genere	*Centrolophus*
Specie	*C. niger*

Catture: Fino al 2012 era considerata una specie abbastanza rara e una cattura occasionale per i pescatori, poi con l'introduzione del palangaro mesopelagico, si è osservato che utilizzando come esca i calamari invece che gli sgombri, abboccava un gran numero di esemplari. Questo tipo di pesca in particolare insiste particolarmente sugli esemplari più grandi, le femmine riproduttive, per questo motivo da quando è diventata una pratica abituale, questo ha portato in sofferenza

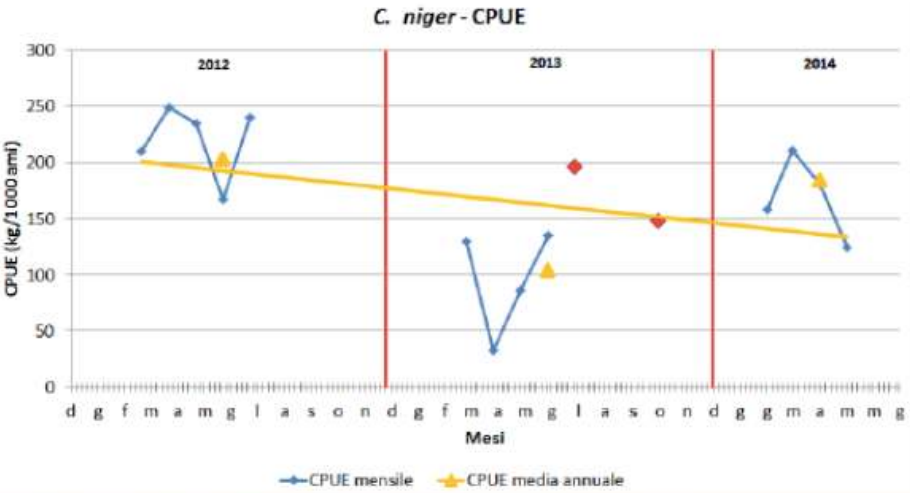


Fig. 7 |catture stagionali (in CPUE) di *C. niger* per 3 anni consecutivi in Mar Ligure.

lo stock di questa specie in Mar Ligure, come dimostrato dalla diminuzione delle catture di anno in anno per questa specie all'aumentare dell'unità di sforzo (CPUE = *Catch Per Unit Effort*).

Riproduzione: La riproduzione avviene nella stagione fredda, in particolare tra i mesi di settembre e dicembre, in modo che tra ottobre e novembre le uova siano mature e pronte alla schiusa. Nelle uova è presente una sola goccia oleosa che favorisce il galleggiamento.

Accrescimento ed età: Esiste un netto dimorfismo sessuale dimensionale in questa specie, le femmine infatti raggiungono dimensioni di molto superiori rispetto ai maschi, con una longevità quasi doppia. Questo aspetto potrebbe far pensare ad una possibile inversione sessuale, tuttavia questa ipotesi può essere esclusa per diversi motivi: che è stata documentata la presenza di individui di sesso femminile anche tra i giovani, per la grande differenza di accrescimento tra i due sessi e le notevoli differenze riscontrate tra i due sessi a livello della biometria degli otoliti. L'aspetto più interessante però riguarda la grande longevità delle femmine, le catture della pesca infatti sono concentrate soprattutto su femmine adulte, e questo, in considerazione dell'età elevata, suscita preoccupazione per lo sfruttamento dello stock. La determinazione dell'età in questa specie si effettua mediante la lettura delle bande di crescita annuali nella sezione degli otoliti.

Alimentazione: La dieta della ricciola di fondale è composta soprattutto da plancton gelatinoso, tra cui principalmente pirosomi, meduse, salpe, etc., quindi organismi non molto proteici, ma particolarmente abbondanti e facilmente reperibili per via delle loro capacità motorie limitate. Poiché si nutre di plancton gelatinoso la carne del morone è considerata leggermente lassativa (questo dipende anche dalla sensibilità intestinale del soggetto e dal tipo di cottura del pesce).

CEFALOPODI DEL MEDITERRANEO E DEL MAR LIGURE

Generalità: classificazione dei cefalopodi

La classe dei molluschi cefalopodi comprende **più di 720 specie** e si divide in due sottocalssi: quella dei **Nautilooidei** e quella dei **Coleoidei**, tra questi ultimi si distinguono ulteriormente due superordini, quello degli **Octopodiformes**, ad 8 tentacoli (i polpi) e quello dei **Decapodiformes**, a 10 tentacoli (calamari, seppie e totani). La tassonomia dei cefalopodi è ancora molto incerta.

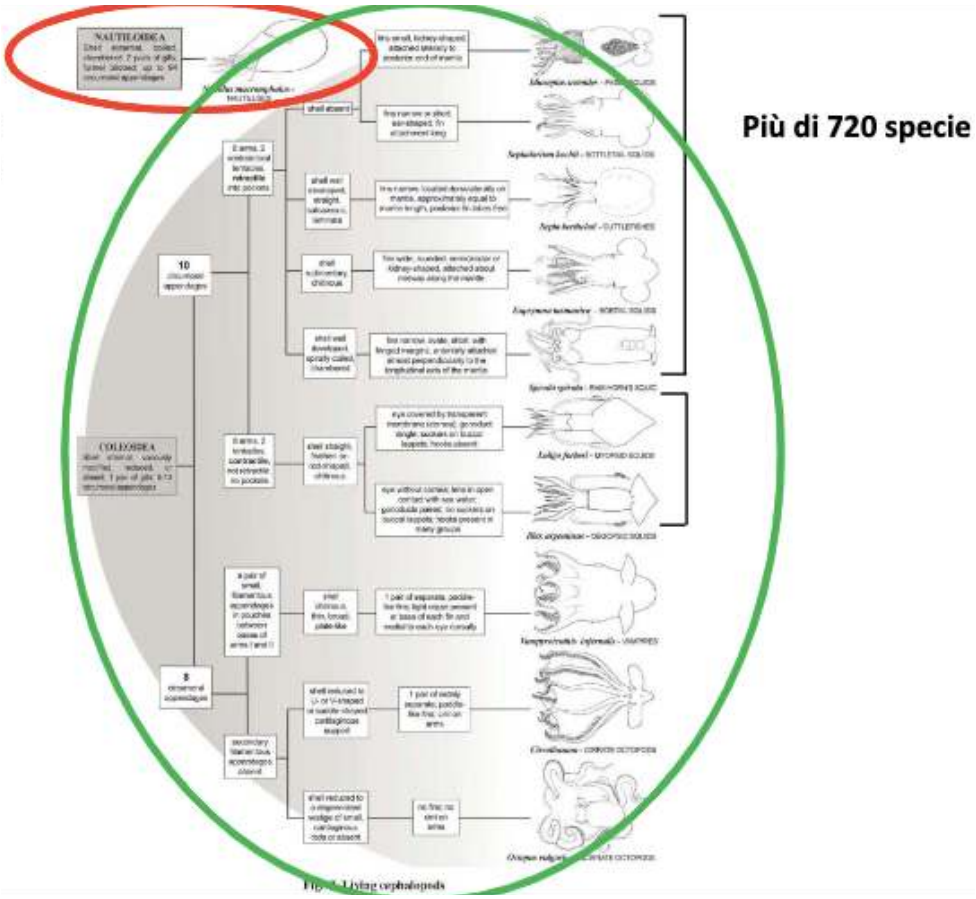


Fig. 1 | sistematica dei cefalopodi

Generalità: evoluzione

I cefalopodi compaiono come taxon a sé stante tra i molluschi circa **500 milioni di anni fa, nel Cambriano** Superiore, tuttavia molte delle specie allora presenti si estinguono circa 400 milioni di anni fa nel Siluriano, sopravvivono solo i Nautiloidei, che ancora oggi sono considerati un gruppo relitto. I cefalopodi che rientrano nella sottoclasse dei Coleoidei fanno la loro prima comparsa tra 400 e 350 milioni di anni fa, nel tardo Paleozoico, tuttavia **quelli giunti fino ad oggi** sono comparsi tutti circa **250 milioni di anni fa**.

Generalità: cefalopodi nell'immaginario comune

I cefalopodi sono entrati a far parte dell'immaginario comune antico come mostri marini, a partire da ritrovamenti di esemplari di grandi dimensioni spiaggiati. Questi incontri hanno dato vita a miti come quello del *kraken* (dal norvegese *krake*, che indica un albero contorto), sviluppatosi tra il Seicento e l'Ottocento, che tratta di un mostro marino di dimensioni abnormi, generalmente rappresentato come un gigantesco cefalopode con tentacoli abbastanza grandi da avvolgere un'intera nave.

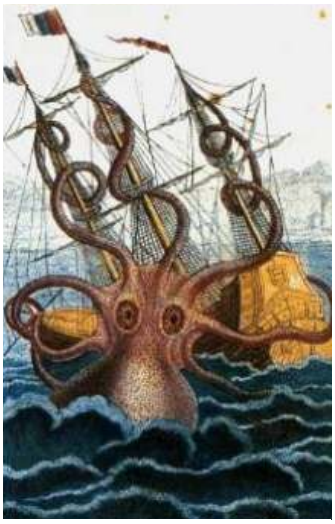


Fig. 2 | raffigurazione di un polpo gigante (1810)

Generalità: importanza dei cefalopodi nelle reti trofiche pelagiche

I cefalopodi rappresentano un gruppo importante in quanto costituiscono la componente principale della dieta di gran parte dei grandi pelagici. Questo gruppo rappresenta una delle quattro principali risorse alimentari alla base della dieta dei grandi pelagici, oltre al krill, ai pesci mesopelagici e al plancton gelatinoso. In Mar Ligure, delle 7 specie di cetacei Odontoceti presenti, 4 sono esclusivamente **teutofaghe** (grampo, globicefalo, zifio e capodoglio), ovvero la loro dieta è costituita esclusivamente da cefalopodi, e anche nelle restanti specie i cefalopodi rappresentano una componente importante della dieta. Non solo i cetacei si cibano direttamente di cefalopodi, ma anche molte specie di pesci mesopelagici che poi vengono predati da pesci più grandi, si cibano principalmente di questa risorsa. Una testimonianza dell'importanza dei cefalopodi nella dieta dei grandi pelagici ci giunge dall'analisi dei **contenuti**

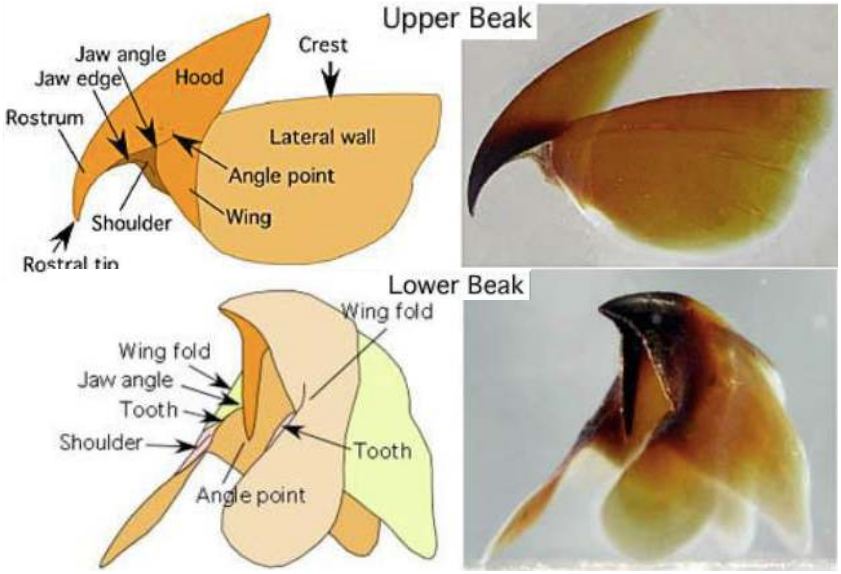


Fig. 3 | struttura del becco di un cefalopode, componenti della parte superiore e di quella inferiore

gastrici di questi animali. I cefalopodi infatti sono dotati di un **becco corneo**, costituito di chitina, con il quale afferrano le prede, questa struttura risulta particolarmente indigesta per i loro predatori e spesso i becchi si accumulano negli apparati digerenti. I becchi dei cefalopodi rappresentano un importante carattere tassonomico di questo gruppo, dalla loro struttura è possibile talvolta risalire alla singola specie di appartenenza, quindi dalle analisi dei contenuti gastrici dei grandi pelagici è possibile comprendere quali specie di cefalopodi compongono la loro dieta.



Fig. 4 | contenuto gastrico di un capodoglio, in cui sono presenti centinaia di becchi di cefalopodi

Generalità: cefalopodi giganti

Alcuni cefalopodi possono raggiungere dimensioni ragguardevoli, i due colossi che raggiungono le dimensioni maggiori sono Decapodiformi: il cosiddetto **"calamaro gigante"**, ***Architeuthis dux***, che raggiunge le dimensioni di 20 metri e vive nelle profondità degli oceani, tra i 200 e i 1000 m, e il **"calamaro colossale"**, ***Mesonychoteuthis hamiltoni***, non è un parente stretto del calamaro gigante e raggiunge fino a 15 m di lunghezza e fino a 1000 kg di peso. Tra gli Ottopodiformi il più grande conosciuto è il polpo gigante del Pacifico, *Enteroctopus dofleini*, con i suoi 4 m di lunghezza e un peso massimo che può arrivare fino a 75 kg.

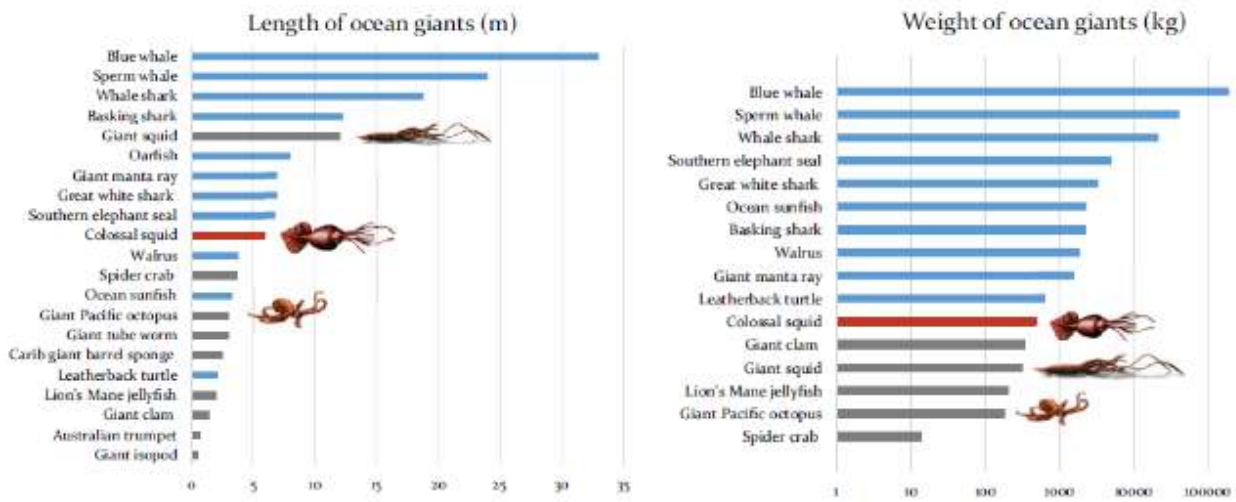


Fig. 5 | Confronto tra lunghezza e peso dei principali cefalopodi giganti

La presenza di cefalopodi di dimensioni così elevate implica delle importanti considerazioni per quanto riguarda i loro predatori. A seconda del peso di questi cefalopodi, sarà diversa la quantità di esemplari che un grande pelagico teutofago come il capodoglio deve mangiare. Questo aspetto può avere delle ripercussioni sulla taglia media degli esemplari di popolazioni che si cibano di questi colossi e di popolazioni che invece si cibano di cefalopodi di taglia più piccola. Sicuramente i capodogli che si cibano di calamari giganti o colossali avranno una taglia molto maggiore rispetto a quelli che si cibano di cefalopodi più piccoli. Per questo motivo risulta importante conoscere la

distribuzione globale di queste due specie di calamari. L'*Architeuthis dux* ha una distribuzione geografica prevalentemente a latitudini temperato-fredde, sia nell'Atlantico che nel Pacifico, non è presente in Mediterraneo, è stato trovato un unico individuo spiaggiato nel 2000 vicino a Gibilterra. Il *Mesonychoteuthis hamiltoni* invece ha una distribuzione esclusivamente circumantartica. Le popolazioni mediterranee di capodogli quindi non hanno accesso diretto a questa risorsa nel bacino e avranno delle taglie medie inferiori rispetto a quelle delle popolazioni atlantiche e pacifiche. Recentemente è stato segnalata la presenza in Mediterraneo di un cefalopode sconosciuto, pescato nei pressi dell'isola Gorgona (2000), le caratteristiche generali portano ad identificarlo come appartenente alla famiglia dei Crachiidae.

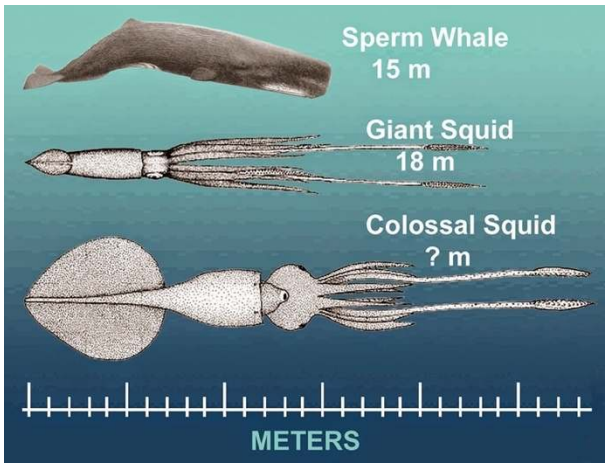


Fig. 6 | Confronto dimensionale tra le due specie di cefalopodi più grosse conosciute e il capodoglio

I cefalopodi come risorsa da pesca

I cefalopodi costituiscono un'importante risorsa per la pesca a livello globale, per via di alcuni aspetti della loro biologia, tra cui:

- Il **ciclo vitale breve**: in poco tempo arrivano a pesare anche fino a 1 tonnellata nel caso del calamaro colossale;
- Una **fisiologia particolare**: i cefalopodi metabolizzano rapidamente tutto quello che assumono, trasformandolo in massa (sono estremamente voraci e talvolta è possibile assistere anche a casi di cannibalismo).

Da fonte FAO, nell'andamento dell'utilizzo dei cefalopodi come risorsa da pesca nel tempo a livello globale si possono distinguere principalmente due momenti: dalla metà del 1900 fino agli anni '80-'90 si è assistito ad un aumento delle catture di questi animali, a partire dal 1990 le catture sono poi rimaste stabili perché c'è stato un crescente sviluppo delle tecniche di acquacoltura per questa risorsa. Dai dati del pescato emerge che la specie più catturata è il *Dosidicus gigas*, il cosiddetto "diavolo rosso", pescato soprattutto lungo le coste del Messico dove rappresenta un'importante risorsa alimentare.

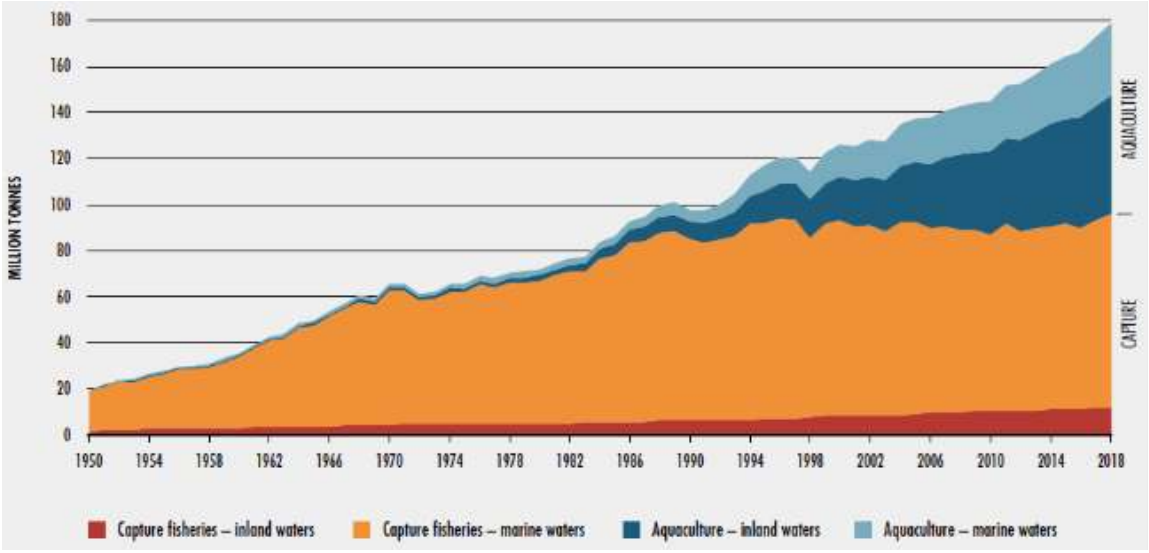


Fig. 7 | catture e produzione mediante acquacoltura di cefalopodi a livello globale dal 1950 al 2018, fonte FAO

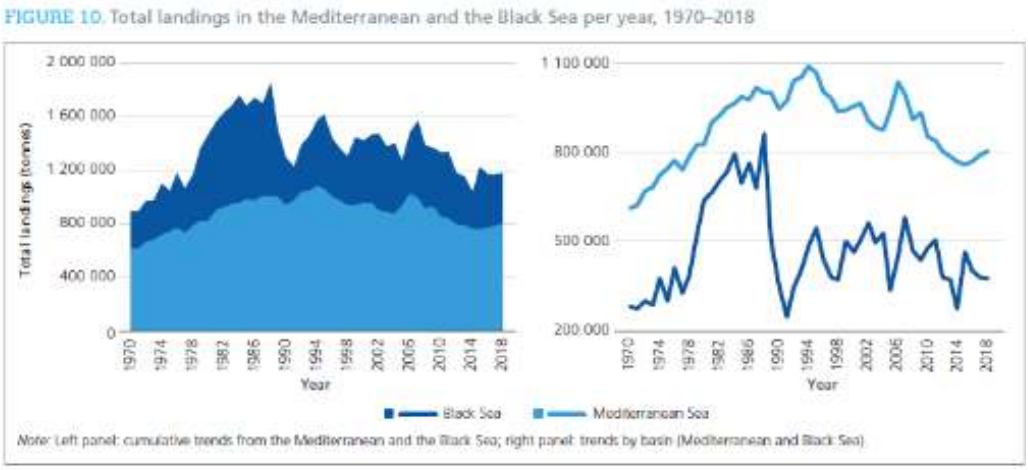


Fig. 8 | catture e produzione mediante acquacoltura di cefalopodi in Mediterraneo dal 1970 al 2018, fonte GFCM

La situazione in Mediterraneo e in Mar Nero è monitorata dalla GFCM (*General Fishery Commission of the Mediterranean*), in questi mari le catture di cefalopodi rappresentano solamente il 4,8% della pesca totale. La maggior parte delle catture sono rappresentate da polpi, seppie, calamari e totani. Tra i principali paesi responsabili di queste catture ci sono l'Italia, la Spagna e la Grecia. In Mediterraneo solo in pochi casi esistono attività di pesca per cui i cefalopodi rappresentano la principale specie target, in generale questi costituiscono specie accessorie (ad esempio nello strascico).

Tecniche di pesca dei cefalopodi

Le tecniche utilizzate per pescare i cefalopodi sono diverse, alcune più selettive di altre, e alcune mirate alla cattura solo di determinate specie, le principali praticate in Mediterraneo sono:

- **Totanara**: consiste nell'utilizzo di una lenza a mano, questa può essere provvista o meno di una luce per attirare gli animali, viene praticata di notte e possono essere utilizzate esche specifiche per calamari, totani, polpi o seppie; è un tipo di pesca estremamente selettiva, il numero di esemplari catturati non è eccessivo.
- **Strascico**: metodo di pesca che consiste nel trainare attivamente una rete da pesca sul fondale; metodo per niente selettivo, di solito praticato con altre specie come target, i cefalopodi rappresentano una componente importante di catture accessorie in questo caso.
- **Circuizione**: tecnica di pesca in genere rivolta a specie che vivono in branco, vengono utilizzate delle reti per racchiudere completamente, in forma circolare, una parte di mare in cui si concentra una grande quantità di pesce; praticata in genere nelle ore notturne, una o più piccole imbarcazioni dotate di fonti luminose, dette *lampare*, attirano il banco; inevitabilmente le luci attirano anche cefalopodi, nello specifico calamari e totani, che possono essere sia la specie target di questo tipo di pesca che una cattura accessoria.
- **JIG (pesca con le luci)**: è il termine con cui viene indicata in generale la pesca che prevede l'utilizzo di luci per attirare la specie target; questo tipo di pesca viene praticata anche a livello industriale, esistono delle vere e proprie "navi fattoria" dotate di vericelli elettrici che tirano su e buttano giù a ciclo continuo, quando questi arrivano su i calamari o totani vengono staccati dalla canalina e finiscono direttamente sottocoperta, dove possono essere immediatamente congelati; come qualsiasi tipo di pesca che prevede l'utilizzo delle luci, si svolge di notte; specie target di questa tecnica sono

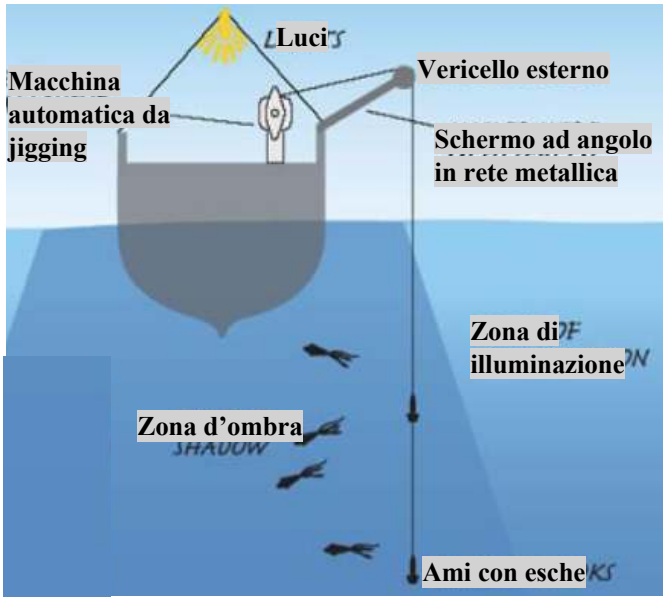


Fig. 9 | schema di funzionamento di una "nave-fattoria" per la pesca dei calamari con le luci

calamari e totani; si tratta di un tipo di pesca estremamente selettiva, ma allo stesso tempo molto efficiente, che determina la cattura di tantissimi esemplari, dove viene praticata alcuni stock sono stati portati in sofferenza e questo ha determinato un aumento di prezzo della risorsa.

- **Reti da posta fisse**: attrezzi costituiti da una rete disposta verticalmente e spesso molto lunghe che vengono lasciate in mare aspettando che siano le prede a finirvi dentro, possono essere posizionate delle luci per attirare i calamari; è un metodo poco selettivo, ma efficiente.
- **Nasse**: attrezzo utilizzato nella pesca tradizionale, costituito da una rete in genere metallica con un'imboccatura ad imbuto, sul fondo è posizionata un'esca e entrando la preda deve forzare le maglie posizionate sulla bocca della strozzatura, in questo modo una volta entrata non è più in grado di uscire; le nasse sono posizionate la sera e recuperate la mattina seguente, metodo non particolarmente selettivo.
- **Pesca coi vasi**: tipo di pesca tradizionale che prevede l'utilizzo di vasi di coccio, anche se ultimamente sono stati introdotti anche quelli in PVC, il principio è simile a quello delle nasse: l'animale una volta entrato non è più in grado di uscire; metodo estremamente selettivo per la pesca dei polpi.

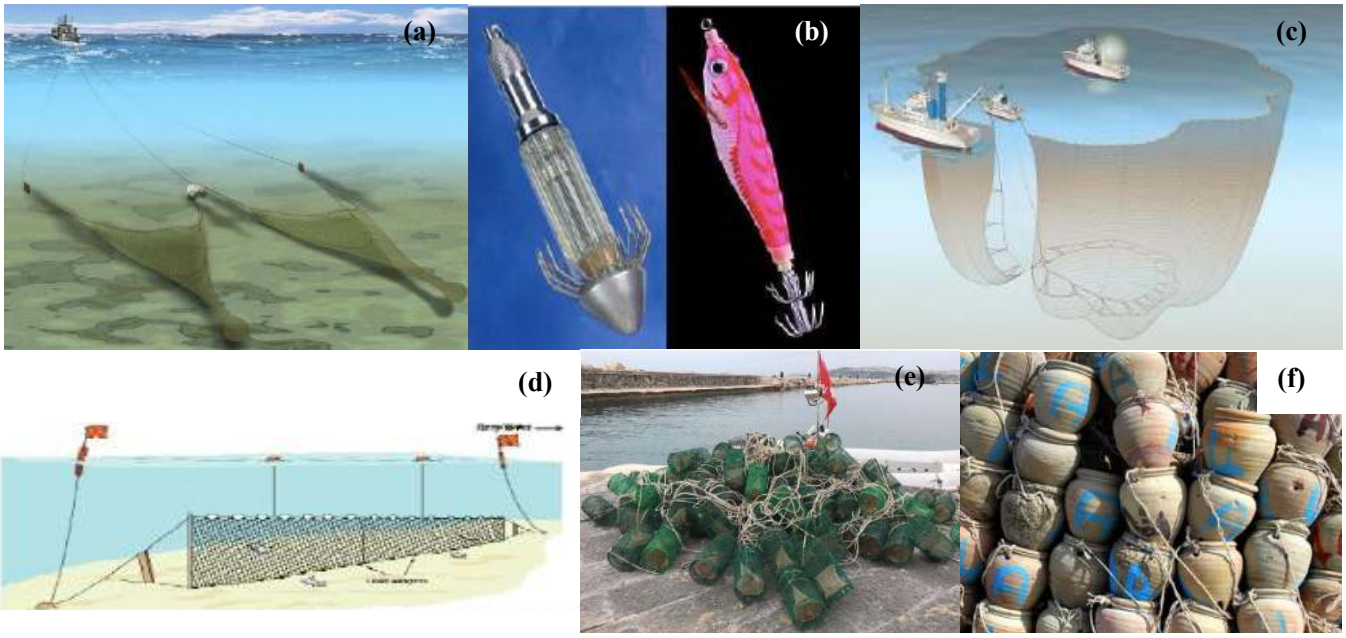


Fig. 10 | principali tecniche di pesca ai cefalopodi praticate in Mediterraneo: (a) strascico; (b) totanara; (c) circuizione; (d) reti da posta fisse; (e) nasse; (f) pesca coi vasi

A causa del breve ciclo vitale dei cefalopodi è impossibile elaborare dei modelli previsionali per la pesca di questi animali, dal momento che è impossibile vedere l'andamento degli stock nel tempo.

Calamaro *vs* totano: come riconoscerli

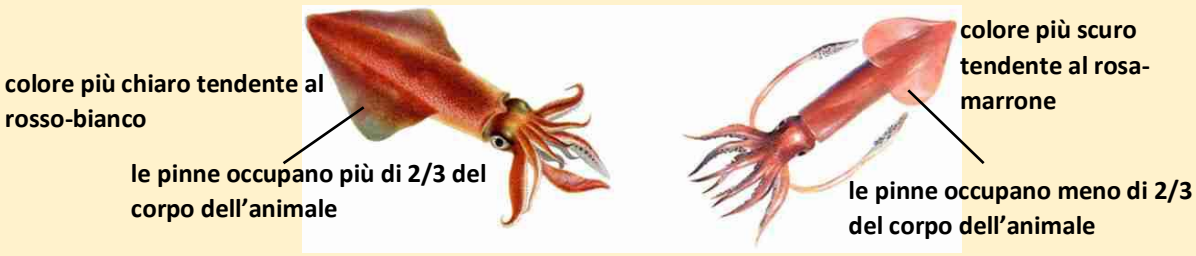


Fig. 11 | confronto tra calamaro (a sinistra) e totano (a sinistra)

Conservazione dei cefalopodi in Mediterraneo

In Mediterraneo non ci sono misure di conservazione dei cefalopodi, non esistono taglie minime, né limitazioni al numero di individui catturabili. Solamente in Sardegna è stato istituito un peso massimo degli individui catturabili di 370 g e sono state imposte delle limitazioni al numero di barche che possono uscire a pesca di cefalopodi. La Società Italiana di Biologia Marina ha pubblicato una lista di tutte le specie animali e vegetali dei mari italiani. Per

quanto riguarda i cefalopodi sono presenti delle tabelle in cui sono elencate tutte le specie catturate, alcune vengono pescate sistematicamente e commercializzate, mentre altre sono pescate solo occasionalmente e non vengono commercializzate.

Cefalopodi "muscolari" e cefalopodi "ammoniacali"

Tra i cefalopodi è possibile effettuare una suddivisione che non ha alcun significato da un punto di vista tassonomico, ma solo ecologico, in cefalopodi "muscolari" e cefalopodi "ammoniacali", in base al contenuto relativo di proteine e di ioni ammonio nei tessuti.

Principali differenze:

Cefalopodi "muscolari"	**Cefalopodi "ammoniacali"**
Elevato contenuto di proteine nei tessuti.	Elevato contenuto di sali di ammonio nei tessuti, scambiano il sodio con l'ammonio, creando un fluido a bassa densità che conferisce portanza per una galleggiabilità neutra.
Mantello e braccia molto potenti consentono un nuoto attivo, talvolta anche molto veloce.	Non hanno nessuna capacità di scatto e quindi di fuga, ma tendono a galleggiare in modo neutro in colonna d'acqua.
Sono le prede preferite dai grandi pelagici superficiali più veloci nel nuoto (es. tonno, spada, ricciola di fondale, etc.)	Sono le specie preferite dai grandi pelagici più lenti, che compiono immersioni profonde e durature (es. capodoglio, zifio, verdesca, etc.); inoltre i cetacei sono anosmatici (= non sentono i gusti) questo li spinge ulteriormente a dirigere la loro dieta verso queste prede meno appetibili.
Tipicamente specie superficiali che devono aver sviluppato delle buone capacità di nuoto per sfuggire ai predatori visivi.	Tipicamente specie mesopelagiche e profonde che possono permettersi di galleggiare in colonna d'acqua senza grandi capacità di movimento in un ambiente in cui i predatori visivi scarseggiano. Il fluido a bassa densità rappresenta inoltre un adattamento alla elevata pressione idrostatica presente a grandi profondità.
Comprendono la maggior parte delle specie commercializzate.	Comprendono la maggior parte delle specie non commercializzate.

(a)

Protein content (% wet mass) of pelagic cephalopods in relation to minimum depth of occurrence (MDO)

Species	*n*	MDO (m)	Mass (g)	Protein
Tissue ammoniacal squids				
Chiroteuthid clade				
Chiroteuthis calyx	4	300	38.4–70.1	5.52±0.82
(arm IV)	4			2.07±0.43
Mastigoteuthis inermis	2	375	4.06–7.32	3.82, 3.33
Joubiniteuthis portieri	1	500	44.9	2.90
Grimalditeuthis bonplandi	1	500	100	1.84
Octopoteuthis deletron	1	200	8.2	6.27
(fin)	1		9.28	
Histioteuthidae				
Histioteuthis heteropsis	2	300	0.5, 10.9	1.47, 2.43
Muscular squids				
Ommastrephidae				
Stenoteuthis oualaniensis	1	10	110	25.88
Gonatidae				
Gonatus onyx	2	100	2.5–6.1	11.42, 12.91
Enoploteuthidae				
Abraliopsis falco	2	50	0.5–1.1	7.42, 10.25
Bathyteuthidae				
Bathyteuthis berryi	1	800	1.7	11.58

(b)

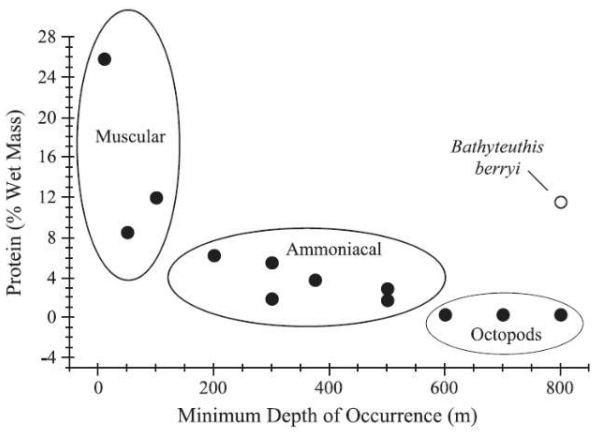


Fig. 12 | (a) contenuto in proteine nei cefalopodi ammoniacali e muscolari; (b) distribuzione con la profondità di cefalopodi muscolari e ammoniacali.

Principali specie di cefalopodi *muscolari* del Mar Ligure

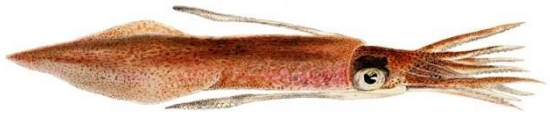
***Todarodes sagittatus* – todaro o totanassa**



Nome scientifico:	*Todarodes sagittatus* (Lamarck, 1798)
Classificazione:	
Ordine	Teuthida
Famiglia	Ommastrephidae
Genere	*Todarodes*
Specie	*T. sagittatus*

Corpo allungato con pinne laterali più corte di quelle del calamaro, formano una punta a lancia. Raggiunge fino a 4 – 5 kg di peso in Mediterraneo.

***Ommastrephes caroli*– totano**



Nome scientifico:	*Ommastrephes caroli* (Furtado, 1887)
Classificazione:	
Ordine	Teuthida
Famiglia	Ommastrephidae
Genere	*Ommastrephes*
Specie	*O. carolii*

Fino a circa 2 anni fa era conosciuto in tutto il mondo come *O. bartrami*, poi con lo sviluppo degli studi di analisi del DNA sono state distinte due specie con una distribuzione bio-geografica disgiunta: *O. bartrami* si trova solo nel Pacifico, mentre *O. caroli* è presente in Nord Atlantico e in Mediterraneo. Possono arrivare a pesare fino a 15 kg in Mediterraneo, vengono catturati accidentalmente nella pesca al pesce spada e talvolta vengono ritrovati spiaggiati. Presenta una membrana protettiva sul terzo paio di braccia, ha una foveola con 5-9 pieghe longitudinali e 2-5 tasche laterali, presenta degli anelli chitinosi nelle ventose con i denti disposti a croce nelle clave tentacolari, il dente centrale della radula è più basso di quelli adiacenti (a differenza che nel totarode). Le femmine muoiono una volta portato a compimento il ciclo riproduttivo, alcune precipitano sul fondo e si decompongono, altre vanno incontro a degenerazione gelatinosa, il mantello si ingrandisce in maniera abnorme e porta la carcassa a galleggiare in superficie, talvolta con le uova associate, questo può rappresentare un'importante fonte di cibo per alcuni pelagici. I maschi producono delle spermateche che depongono attorno alla bocca delle femmine. Le femmine sono provviste di una ghiandola nidamentale con la quale producono il nidamento, una sostanza gelatinosa che tiene insieme tra loro le uova. Questa specie ha un potenziale riproduttivo molto elevato, si riproducono in continuazione per lunghi periodi di tempo. Anche detti "*neon flying squid*" perché sono in grado di volare per brevi distanze grazie all'azione muscolare delle pinne.

***Loligo vulgaris* – calamaro comune**



Nome scientifico:	*Loligo vulgaris* (Lamarck, 1798)
Classificazione:	
Ordine	Teuthida
Famiglia	Loliginidae
Genere	*Loligo*
Specie	*L. vulgaris*

Caratterizzato da una conchiglia interna detta gladio, corpo allungato con pinne laterali che raggiungono l'estremità posteriore della sacca. Raggiunge una lunghezza massima di 30-50 cm e un peso di 3-4 kg in Mediterraneo.

***Thysanoteuthis rombus* – calamaro diamante**



Nome scientifico:	*Thysanoteuthis rombus* (Troschel, 1857)
Classificazione:	
Ordine	Oegopsida
Famiglia	Thysanoteuthidae
Genere	*Thysanoteuthis*
Specie	*T. rombus*

È il più grande cefalopode di cui è stata documentata la presenza in Mediterraneo, un singolo esemplare può arrivare a pesare fino a 30 kg. Sono frequentemente tirati su nella pesca sportiva a coppie. Il nidamento pelagico di questa specie è stato scoperto verso gli inizi degli anni '90, le uova sono legate da una specie di catenella, queste strutture sono facilmente visibili anche sotto costa.

Altre specie importanti appartengono alla fam. Onychoteuthidae (*Onychoteuthis banksi, Ancistoteuthis lichtensteni).*

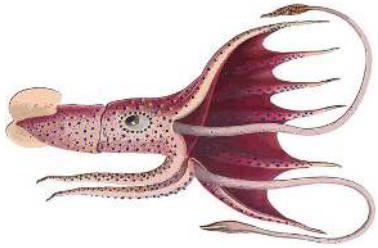
Principali specie di cefalopodi *ammoniacali* del Mar Ligure

Histioteuthis reversa* – calamaro gioiello inverso o *jewel squid



Nome scientifico:	*Histioteuthis reversa* (Verril, 1880)
Classificazione:	
Ordine	Oegopsida
Famiglia	Histioteuthidae
Genere	*Histioteuthis*
Specie	*H. reversa* (o *elongata*)

Histioteuthis bonellii



Nome scientifico:	*Histioteuthis reversa* (Ferussac, 1835)
Classificazione:	
Ordine	Oegopsida
Famiglia	Histioteuthidae
Genere	*Histioteuthis*
Specie	*H. bonellii*

H. reversa è la specie che si incontra con maggiore frequenza in Mediterraneo, è più piccola rispetto alla cugina *H. bonellii*, può raggiungere fino a 10-12 cm di lunghezza del mantello. È anche detta *jewel squid* per via della presenza di numerosi fotofori sulla superficie del corpo, per la maggior parte concentrati sulla superficie ventrale, mentre sono molto meno sulla superficie dorsale. Spesso si possono trovare esemplari con un mantello molto lungo (da cui il nome *elongata*) e con una diversa disposizione dei fotofori, si è osservato che si tratta di un fenomeno di degenerazione gelatinosa. Presenta degli occhi asimmetrici, con una marcata differenza dimensionale tra l'occhio destro, più piccolo e con una maggiore concentrazione di fotofori attorno, e quello sinistro, molto più grande. Si tratta di un adattamento alla vita in ambiente mesopelagico (tra 500 – 1000 m di profondità): questi animali mantengono un assetto neutro in colonna d'acqua e tengono l'occhio più grande rivolto verso l'alto in modo che questo, in grado di captare lunghezze d'onda maggiori, possa percepire la minima frazione di luce proveniente dall'alto, mentre l'occhio più piccolo è rivolto verso il basso e serve all'animale per captare i segnali di bioluminescenza che possono provenire dal basso. *H. bonellii* si differenzia da *H. reversa* per via della presenza di una tela che collega le braccia, è più grande, raggiunge fino a 6 kg di peso, questo insieme al fatto che mantiene un assetto neutro in acqua, rendono questa specie la prediletta dai capodogli in Mediterraneo.

***Galiteuthis armata* – calamaro armato**



Nome scientifico:	*Galiteuthis armata* (Joubin, 1898)
Classificazione:	
Ordine	Oegopsida
Famiglia	Cranchiidi
Genere	*Galiteuthis*
Specie	*G. armata*

Generalmente vengono catturate solo le paralarve, più raramente gli adulti. È un componente importante della dieta del pesce spada. Il becco si pigmenta nel corso dello sviluppo dell'animale, quando è completamente pigmentato vuol dire che l'esemplare è maturo sessualmente.

Altre specie importanti sono: *Chtenopteryx sicula*, che presenta fotofori solo sotto il mantello, *Chiroteuthis veranyi*, che presenta braccia molto lunghe con una massa tentacolare concentrata e fine, *Ancistocheiron lesueuri*, *Octopoteuthis sicula, Heteroteuthis dispar.*

Principali specie di ottopodi pelagici del Mar Ligure

***Termoctopus violaceus* – polpo palmato**



Nome scientifico:	*Termoctopus violaceus* (Delle Chiaie, 1830)
Classificazione:	
Ordine	Octopoda
Famiglia	Termoctopodiade
Genere	*Termoctopus*
Specie	*T. violaceus*

La femmina possiede una gigantesca tela trattenuta dal quarto paio di braccia che serve ad aumentare la sagoma dell'animale per spaventare e disorientare i predatori, i tessuti di questa struttura sono capaci di emettere dei lampi di luce. All'occorrenza hanno la possibilità di autotomizzare le braccia e fare in modo che si stacchi la tela così che i predatori seguano questa struttura e la femmina coi piccoli si salvi. I maschi sono molto più piccoli rispetto alla femmina, trascorrono la loro esistenza alla ricerca di quest'ultima, una volta incontrata, riempiono uno dei tentacoli, detto braccio ectocotile, con lo sperma e lo strappano dal loro corpo, passandolo alla femmina, che lo usa per fecondare le uova.

***Ocythoe tubercolata* – polpo pelagico tubercolato o polpo calciatore**



Nome scientifico:	*Ocythoe tubercolata* (Rafinesque, 1814)
Classificazione:	
Ordine	Polpodi
Famiglia	Ocythoidae
Genere	*Ocythoe*
Specie	*O. tubercolata*

È un polpo pelagico che vive vicino alla superficie, tra i 100 e i 200 m di profondità. È tra i pochi cefalopodi ad aver una vescica natatoria. È presente un forte dimorfismo sessuale dimensionale, con le femmine più grandi dei maschi.

***Argonauta argo*– polpo argonauta**



Nome scientifico:	*Argonauta argo* (Linnaeus, 1758)
Classificazione:	
Ordine	Octopoda
Famiglia	Argonautidae
Genere	*Argonauta*
Specie	*A. argo*

Elemento caratteristico della specie è lo spiccato dimorfismo sessuale: la femmina può raggiungere i 20 cm di lunghezza, mentre il maschio non supera il centimetro. La femmina secerne, durante il periodo fertile, un'ooteca calcarea simile ad una conchiglia, detta nicchio, con pareti molto sottili, all'interno della quale depone le uova fecondate, che protegge fino alla morte.

GLI ELASMOBRANCHI PELAGICI DEL SANTUARIO

Generalità: classificazione degli elasmobranchi

Secondo la sistematica attuale gli **Elasmobranchi** sono considerati una classe di pesci cartilaginei, attualmente sono rappresentati da due infraclassi, quella dei **selaci**, i cosiddetti squali, e quella dei **batoidei**, razze e trigoni.

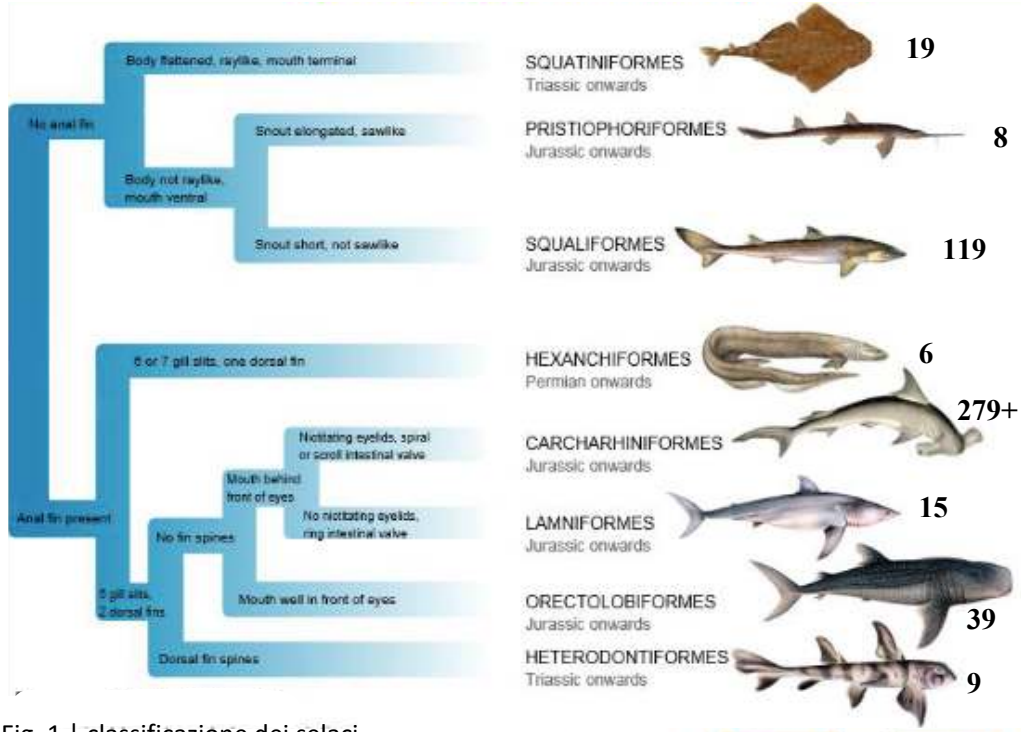


Fig. 1 | classificazione dei selaci.

Attualmente sono riconosciute **494 specie** di selaci. La loro sistematica è ancora in via di sviluppo, soggetta a frequenti revisioni, tuttavia sono unanimemente riconosciuti **8 ordini**, quelli maggiormente rappresentati sono **Squaliformes** e **Carchariniformes**, i restanti sono meno rappresentati e si possono considerare come delle sorte di cladi "superstiti".

Attualmente si conoscono **più di 600 specie** di batoidei, ripartite in **4 ordini** con caratteristiche morfologiche che li rendono ben distinguibili tra loro: **Rajiformes** (razze), **Myliobatiformes** (mobule e trigoni), **Pristiformes** (pesci sega) e **Torpediniformes** (torpedini).

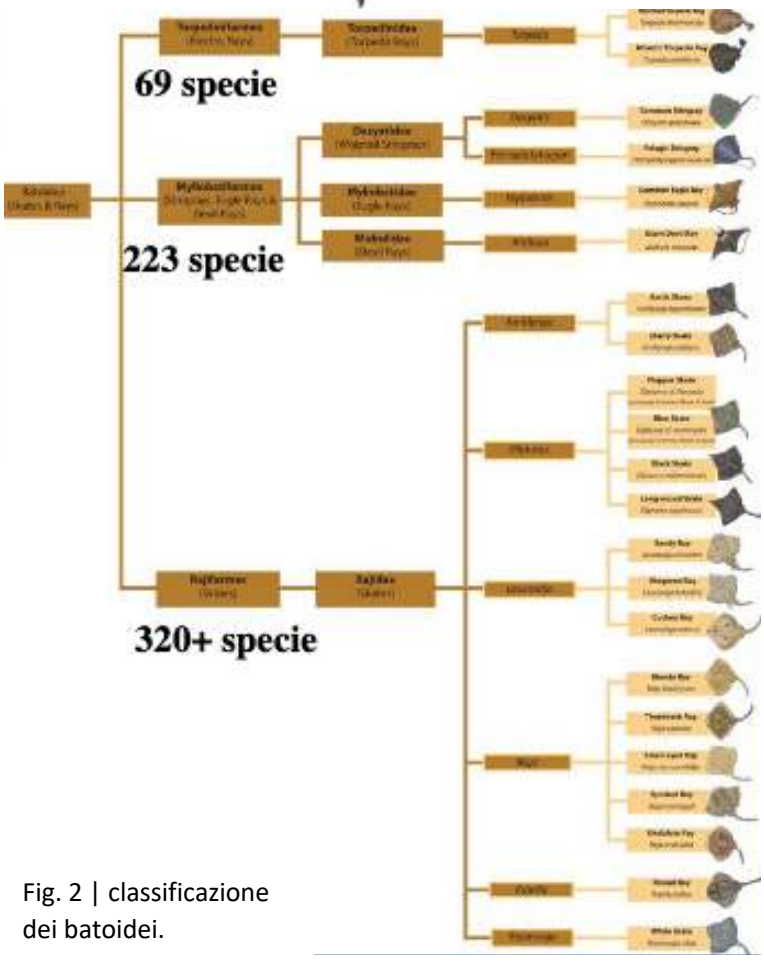


Fig. 2 | classificazione dei batoidei.

Generalità: abbondanza degli elasmobranchi

Attualmente si conoscono all'incirca 33.200 specie di pesci in totale, di queste 85 sono rappresentate da agnati, **circa 1.200** da **pesci cartilaginei** (che oltre agli elasmobranchi comprendono pure gli **olocefali**, che comprendono **42 specie**, *Chimaera monstruosa* la più conosciuta), le restanti 23.000 e oltre da pesci ossei. Gli oceani rappresentano il 97% del volume di acqua totale presente sulla Terra, nonostante ciò solo il 60% dei pesci conosciuti vivono in acqua salata, il restante 40% popola invece le acque dolci, solo l'1% compie spostamenti tra i due ambienti (pesci diadromi). Questa ripartizione in acque dolci e salate evidenzia che, in proporzione alla vastità dei due ambienti, nelle acque dolci è presente una ricchezza specifica di gran lunga maggiore,

questo è dovuto al fatto che gli ambienti di acqua dolce (soprattutto i fiumi) sono ambienti molto più eterogenei rispetto agli oceani, sia nello spazio che nel tempo, i pochi gruppi che li hanno colonizzati sono andati incontro ad un massiccio processo di speciazione. Gli elasmobranchi hanno colonizzato un po' tutti gli ambienti acquatici: dalle acque marine, a quelle salmastre fino a quelle dolci.

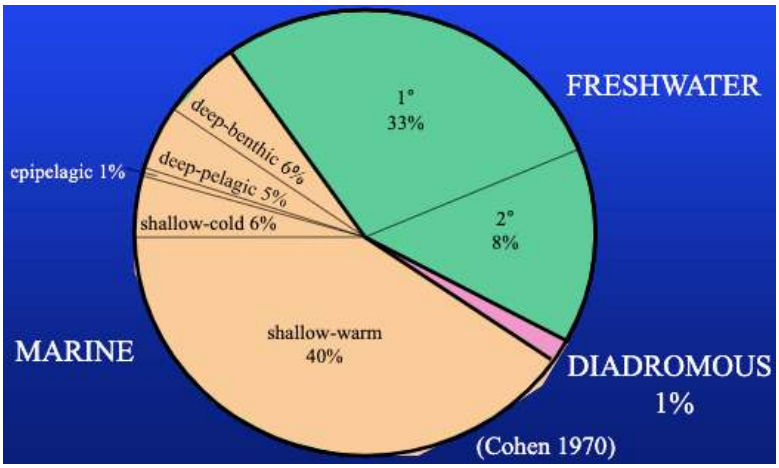


Fig. 3 | ripartizione dei pesci in acqua dolce e salata.

Generalità: resti fossili

Gli elasmobranchi hanno uno scheletro cartilagineo quindi è molto difficile trovare dei loro resti ossei fossili, delle specie estinte, gli unici resti fossili giunti molto numerosi fino a noi sono soprattutto i denti. Per il resto, le ricostruzioni sono basate per la maggior parte su pochi resti di scaglie, spine e pelle ritrovati in giacimenti fossiliferi, in cui particolari fenomeni fisici hanno permesso la loro conservazione. La grande varietà di forme ritrovata testimonia la particolare stabilità evolutiva di questo gruppo.

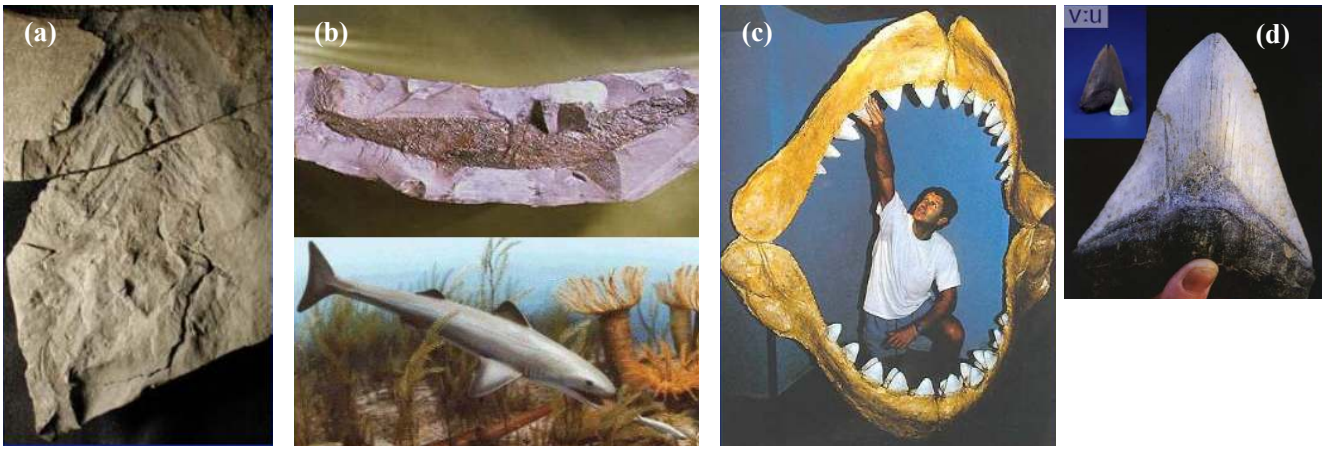


Fig. 4 | alcuni fossili di elasmobranchi: da sinistra verso destra (a) il più antico fossile recentemente scoperto in Canada è stimato a 409 M.a.f., attribuito a *Doliodus problematicus*; (b) lo squalo fossile meglio conservato, con il maggior numero di reperti è il *Chladoselache*, da un giacimento vicino a Cleveland, Illinois; (c) presunta ricostruzione delle mandibole di *Carcharodon megalodon*, in rapporto alle dimensioni di un dente fossile (d).

Generalità: evoluzione e filogenesi

I **primi elasmobranchi iniziano a popolare i mari** a partire da circa 400 milioni di anni fa, nel **Devoniano**, molto prima che sulla terraferma comparissero i dinosauri. Da subito si verifica una differenziazione tra il clade di cui poi resteranno i soli olocefali e quello degli elasmobranchi. Questi ultimi si perfezionano nel corso dell'evoluzione, alcuni gruppi minori si estinguono e nel **Giurassico si separano** all'interno degli elasmobranchi **i due gruppi dei selaci e batoidei**. Fin dalla loro comparsa gli elasmobranchi risultavano ben adattati all'ambiente in cui si trovavano, erano tutti predatori specializzati e per diverso tempo hanno goduto di un predominio, almeno dal punto di vista numerico, sui mari rispetto agli altri pesci. Escono particolarmente danneggiati dall'estinzione di massa del Permiano (circa 250 M.a.f.), che ha portato alla scomparsa di oltre il 95% delle specie presenti sul Pianeta, e non riescono a ristabilire il predominio. Compaiono specie sempre più simili alle attuali, ma sempre meno comuni dei pesci ossei.

Generalità: dimensioni

Il range dimensionale degli elasmobranchi è molto ampio, va dai circa 21 cm di lunghezza massima di *Squaliolus laticaudus*, lo squalo pigmeo (Oc. Pacifico), agli oltre 20 m di lunghezza del *Rynchodon typus*, lo squalo balena.

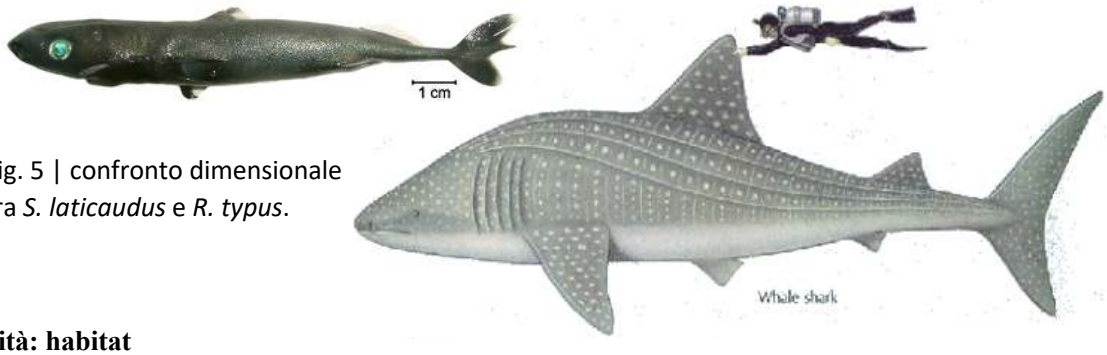


Fig. 5 | confronto dimensionale tra *S. laticaudus* e *R. typus*.

Generalità: habitat

Gli elasmobranchi hanno colonizzato praticamente ogni habitat marino. Alcune specie di squali e trigoni si trovano anche in acque dolci. Tra queste è interessante il caso della famiglia dei **Potamotrygonidae** nel Rio delle Amazzoni, che si trovano solo nell'alto corso del fiume, a migliaia di km dal mare e sono assenti verso la foce, questo è dovuto al fatto che in origine vivevano nei pressi dell'antica foce pacifica del fiume (in Ciad) e sono rimasti intrappolati poi nelle zone più a monte in seguito alla fratturazione del Gondwana.

Generalità: morfologia esterna

Caratteristiche comuni ai <u>selaci</u>:

- corpo allungato più o meno cilindrico;
- muso con rostro appuntito;
- due pinne dorsali;
- pinna anale non sempre presente;
- coda ampia ed eterocerca;
- **fessure branchiali laterali**, spiracoli piccoli;
- bocca ventrale.

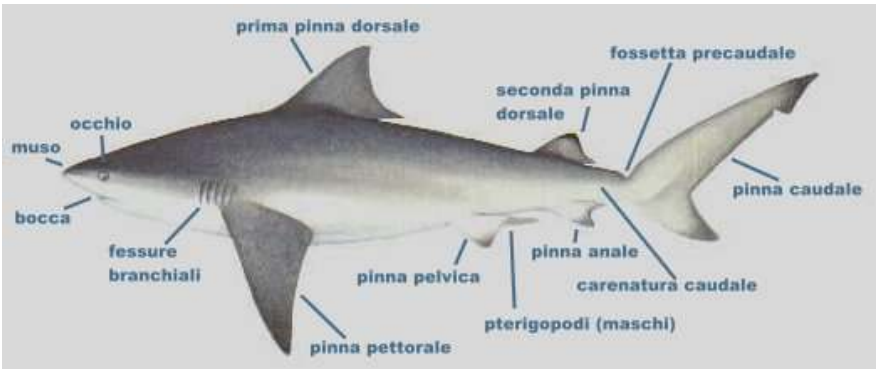


Fig. 6 | morfologia esterna di un selacio generico.

Caratteristiche comuni ai <u>batoidei</u>:

- pinne pettorali molto sviluppate e fuse al capo, con funzione locomotoria;
- la pinna caudale è ridotta ad una sottile plica;
- le pinne dorsali sono arretrate e fortemente ridotte, talvolta scomparse;
- la pinna anale è assente e sono presenti delle piccole pinne pelviche;
- sono presenti **spiracoli dorsali**, mentre le **fessure branchiali** sono **ventrali**.

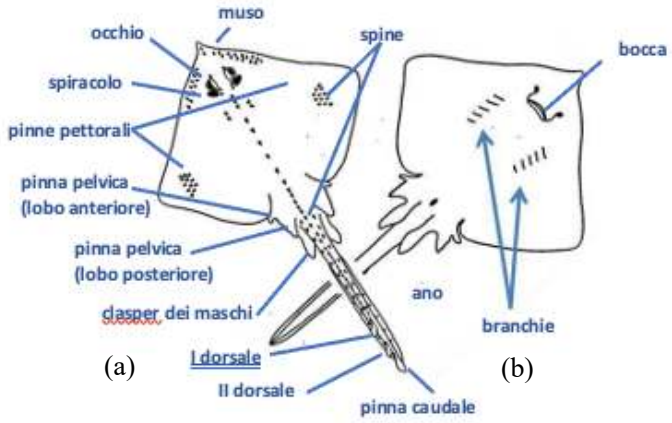


Fig. 7 | morfologia esterna di un batoideo generico, visione dorsale (a) e ventrale (b).

Generalità: confronto tra pesci ossei e cartilaginei

attributi	Elasmobranchi	Pesci ossei
Scheletro	Cartilagineo	Osseo
Nuoto	Compiono un nuoto solo in avanti, perché le pinne pettorali non sono impiegate attivamente nel nuoto, ma servono solo per stabilizzare l'animale.	Compiono un nuoto sia in avanti che indietro, anche le pinne pettorali sono impiegate attivamente nel nuoto.
Bilancio idrostatico	Galleggiano grazie al nuoto e al grasso contenuto all'interno del loro fegato.	Galleggiano grazie al nuoto e alla vescica natatoria (sistema più efficiente -minore dispendio energetico).
Bilancio osmotico	Isoosmotici rispetto all'acqua di mare.	Iposmotici rispetto all'acqua di mare.
Branchie	Sono presenti da 7 (nei più primitivi) a 5 fessure branchiali esterne.	Le branchie sono sempre protette da un opercolo branchiale.
Riproduzione	La fecondazione è sempre interna.	La fecondazione è tipicamente esterna.
Pelle	Scaglie placoidi.	Scaglie cicloidi.

Caratteristiche degli elasmobranchi: apparato scheletrico

Negli elasmobranchi è presente uno **scheletro cartilagineo**, nessuna cartilagine viene sostituita da tessuto osseo durante la crescita. L'assenza di ossa è in realtà una condizione derivata, la perdita secondaria delle parti ossee ha portato diversi vantaggi a questi animali:

- maggiore agilità dovuta all'elasticità della cartilagine;
- maggiore resistenza agli urti;
- minor peso (vantaggio in termini di risparmio energetico).

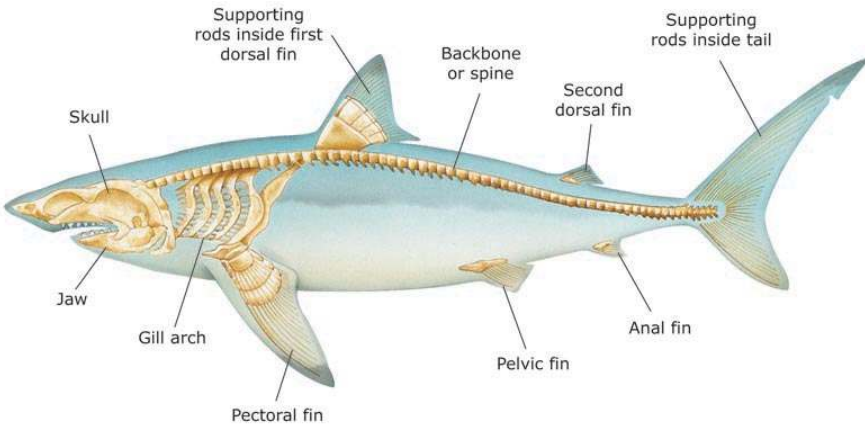


Fig. 8 | visione dell'apparato scheletrico di un elasmobranco.

Lo scheletro degli elasmobranchi è completo, costituito da 3 porzioni:

1) **cranio**: condrocranio (= parte che contiene la scatola cranica) e splancnocranio (= parte che protegge la porzione branchiale) sono articolati tramite la **sospensione iostilica**: lo splancnocranio è posteriormente sospeso, e questo favorisce l'avanzamento e la maggiore apertura delle mascelle;
2) **colonna vertebrale completa**, le pinne pettorali non sono articolate alla colonna vertebrale, ma servono solo per stabilizzare il nuoto;
3) **scheletro delle pinne**: sono prive di raggi visibili esternamente, questi sono formati da fasci giganti di collagene che prendono il nome di **ceratotrichi**, sono robusti e poco flessibili;

Caratteristiche degli elasmobranchi: fessure branchiali esterne

Negli elasmobranchi le **fessure branchiali** si trovano tipicamente sui fianchi e **non** sono **protette** da parti scheletriche. Nella maggior parte delle specie sono presenti nel numero di **5, 6 o 7** nelle specie più primitive, la

presenza di 7 fessure branchiali è una caratteristica di primitività, questo numero è andato via via riducendosi nel corso dell'evoluzione fino a ridursi ad una sola nei pesci ossei.



Fig. 9 | alcuni esempi di specie che presentano da 7 a 5 fessure branchiali, da sinistra verso destra: (a) *Heptranchias perlo*, con 7 fessure branchiali; (b) *Hexanchus griseus*, con 6 fessure branchiali; (c) *Lamna nasus*, con 5 fessure branchiali.

Caratteristiche degli elasmobranchi: tegumento

Gli elasmobranchi presentano una pelle coriacea e tagliente che prende il nome di **zigrino**, queste proprietà sono date dalla presenza di **scaglie placoidi**, ossee, che originano nel derma, con polpa circondata da dentina e smalto (stessa struttura dei denti). Le scaglie sono tutte rivolte nella stessa direzione e parzialmente sovrapposte tra loro (embricate), questo conferisce una maggiore resistenza alla pelle dell'animale e un aumento dell'idrodinamicità e riduzione delle turbolenze, che rendono il nuoto nel complesso più veloce e silenzioso.

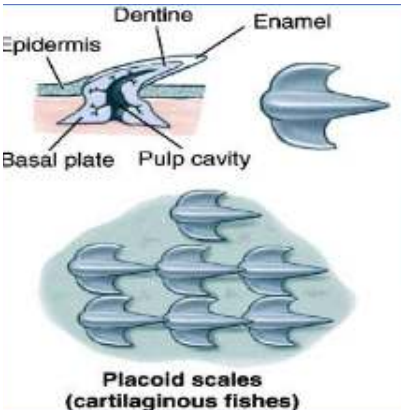


Fig. 10 | scaglie placoidi.

Caratteristiche degli elasmobranchi: coda

In generale negli elasmobranchi si osservano tipologie di code diverse nelle varie specie a seconda delle caratteristiche ecologiche di queste ultime. Negli squali la tendenza generale è quella di mostrare code **eterocerche** (es. squalo tigre, squalo nutrice), ovvero con il lobo superiore maggiormente sviluppato rispetto a quello inferiore. Tuttavia negli squali pelagici la tendenza è quella di assumere code via via sempre più **omocerche** come adattamento al nuoto in acque libere (es. squalo bianco, smeriglio). Non mancano tuttavia le eccezioni, ad esempio gli squali volpe che sono pelagici presentano una coda fortemente eterocerca che utilizzano per cacciare, col lobo superiore sferrano dei forti fendenti su banchi di pesci per stordirli e nutrirsene.

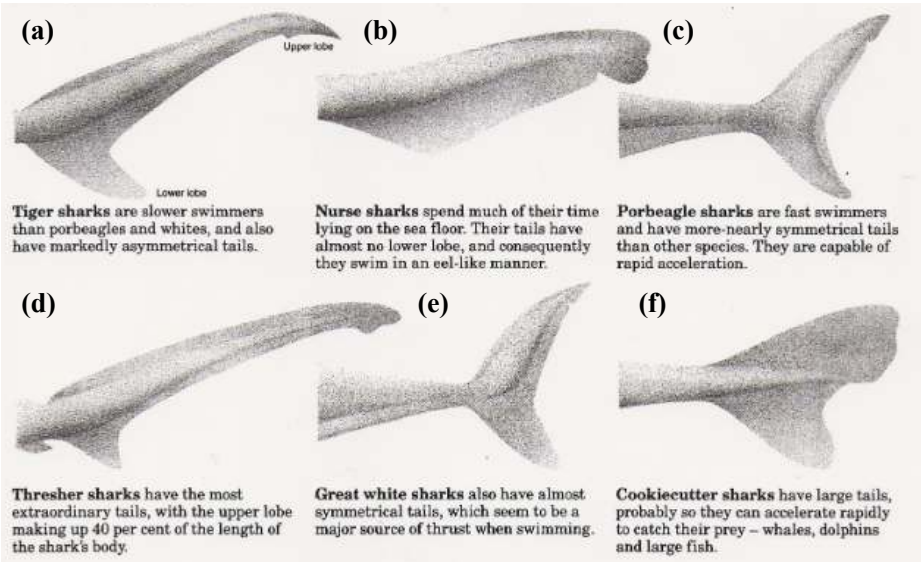


Fig. 11 | alcune code di diverse specie di squali con caratteristiche ecologiche molto diverse, pelagici e costieri, da sinistra verso destra: (a) squalo tigre; (b) squalo nutrice; (c) smeriglio; (d) squalo volpe; (e) squalo bianco; (f) cookiecutter shark.

Caratteristiche degli elasmobranchi: nuoto

Nei pesci la proporzione di corpo coinvolta nella locomozione definisce il tipo di nuoto. Se questa è maggiore o pari ad almeno una volta la lunghezza della coda dell'animale, si parla di **nuoto ondulatorio**, in cui un'onda propulsiva attraversa il corpo dell'animale in direzione opposta a quella del suo movimento (dal capo alla coda). Se la proporzione di corpo coinvolta nella locomozione è minore della metà della lunghezza della coda dell'animale, invece si parla di **nuoto oscillatorio**, in cui l'onda propulsiva coinvolge solamente le porzioni posteriori del corpo dell'animale, che hanno delle oscillazioni rapide e continue. Esistono diverse condizioni intermedie rispetto a queste, ciascuna esemplificata da alcune specie che la praticano:

- nuoto **anguilliforme**: il movimento ondulatorio coinvolge l'intero corpo dell'animale, la coda non è nettamente distinta dal resto del corpo, è il tipo di nuoto meno efficiente perché la quantità di miomeri coinvolti nel movimento è elevata e quindi il dispendio energetico associato al nuoto sarà alto;
- nuoto **subcarangiforme**: il movimento ondulatorio coinvolge una porzione inferiore del corpo dell'animale pari a circa ½ , anche il capo oscilla;
- nuoto **carangiforme**: il movimento ondulatorio coinvolge una porzione inferiore del corpo dell'animale pari a circa 1/3, la spinta è data anche dal peduncolo caudale rigido;
- nuoto **tunniforme**: il movimento ondulatorio coinvolge solamente la porzione terminale del corpo dell'animale, è il tipo di nuoto più efficiente perché la quantità di miomeri coinvolti nel movimento è estremamente ridotta e quindi il dispendio energetico associato al nuoto sarà minore.

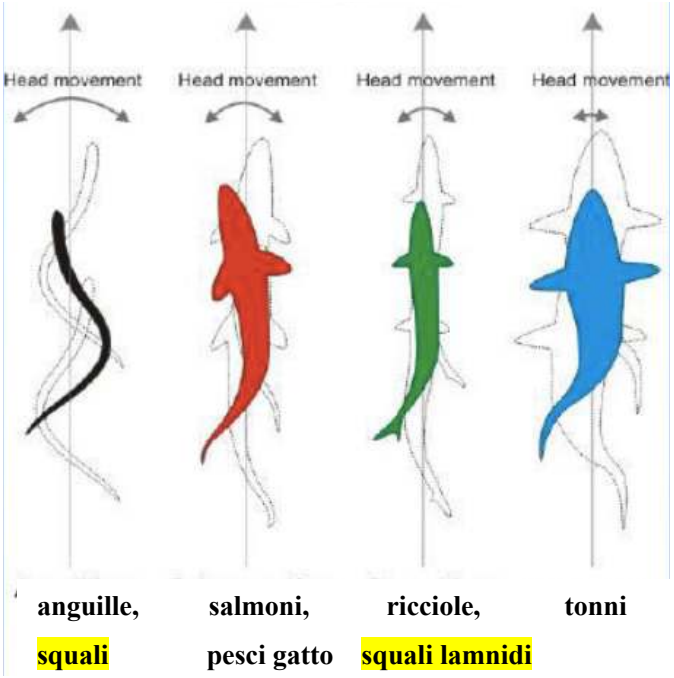


Fig. 12 | tipologie di nuoto nei pesci.

La maggior parte degli squali pratica un nuoto di tipo anguilliforme, solo i Lamnidi che sono maggiormente specializzati nella vita in acque libere adottano un nuoto di tipo carangiforme.

Per quanto riguarda i batoidei, anche in questo caso si possono distinguere due condizioni estreme, una di movimento ondulatorio in cui l'onda percorre le pinne dell'animale, tipico delle forme più antiche (es. torpedini), e una di movimento oscillatorio autonomo delle pinne, tipico delle forme pelagiche, come le Mobule. Sono anche presenti forme intermedie in cui si assiste ad una progressiva riduzione del movimento ondulatorio delle pinne.

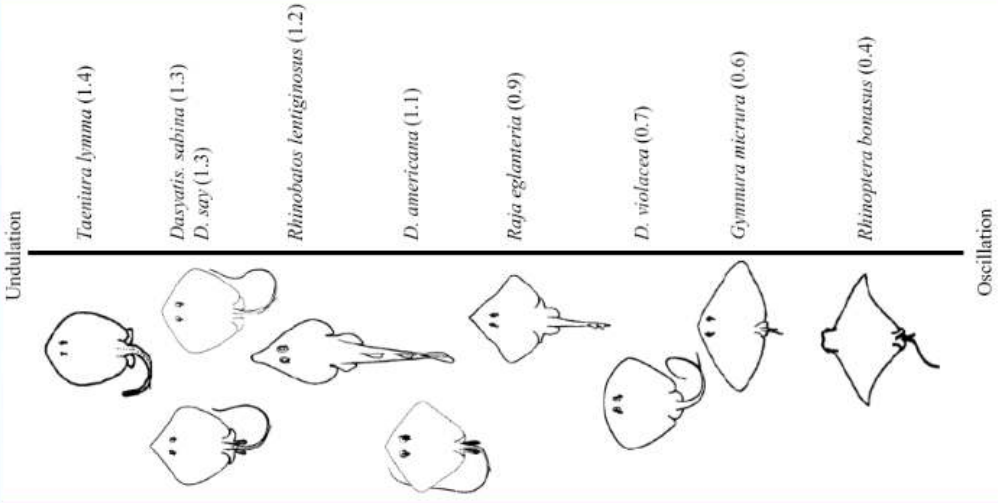


Fig. 13 | tipologie di nuoto nei batoidei.

Caratteristiche degli elasmobranchi: muscolatura

Tutti i pesci presentano una muscolatura assile costituita da singoli segmenti muscolari detti **miomeri**, questi hanno in genere una **disposizione a V** e sono molto ravvicinati tra loro. Tale disposizione è molto più marcata negli elasmobranchi rispetto che nei pesci ossei.



Fig. 14 | confronto tra la muscoltura di una verdesca (a sinistra) e un pesce osseo (a destra).

Caratteristiche degli elasmobranchi: anatomia interna

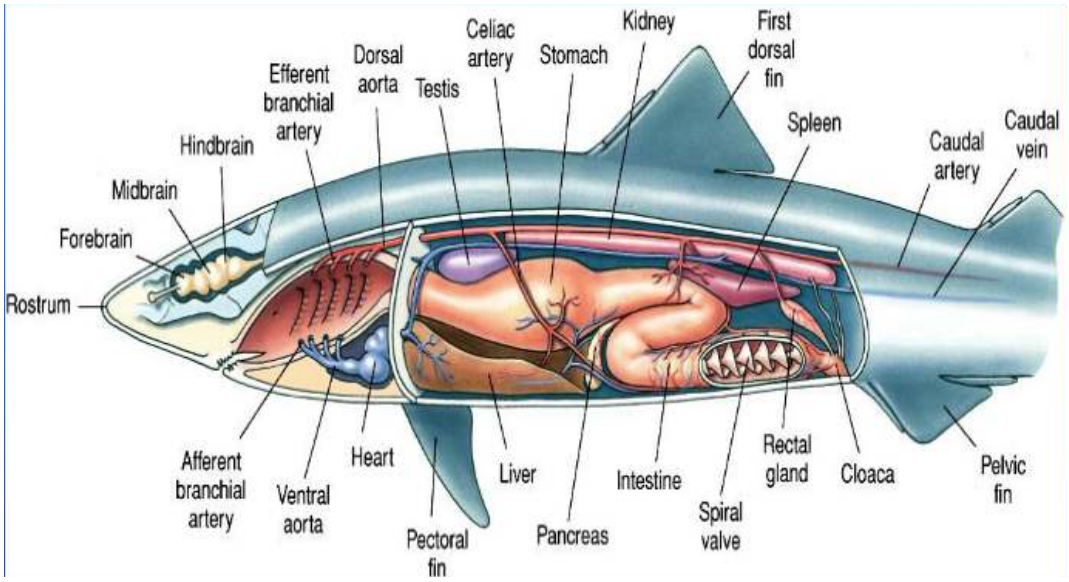


Fig. 15 | schema riassuntivo dell'anatomia interna di uno squalo.

Alcuni aspetti salienti nell'anatomia interna degli elasmobranchi:

- Negli elasmobranchi è presente un **grosso fegato**, che può arrivare ad occupare fino al 40% del volume corporeo dell'animale, contenente **squalene**, un olio che essendo più leggero dell'acqua (meno denso), favorisce il galleggiamento dell'animale; si tratta di un sistema di galleggiamento più primitivo rispetto alla vescica natatoria dei pesci ossei, ma altrettanto efficace, un limite di tale sistema riguarda il fatto che gli elasmobranchi non sono in grado di variare il loro assetto in colonna d'acqua.
- Lo stomaco degli elasmobranchi è sacciforme, semplice e prosegue in un intestino lineare e particolarmente corto, tuttavia questo contiene un organo detto **valvola spirale**, che ha funzione di ritardare il passaggio del cibo nel tratto digerente, aumentandone la superficie assorbente che entra a contatto col cibo in transito e favorendo l'assimilazione;

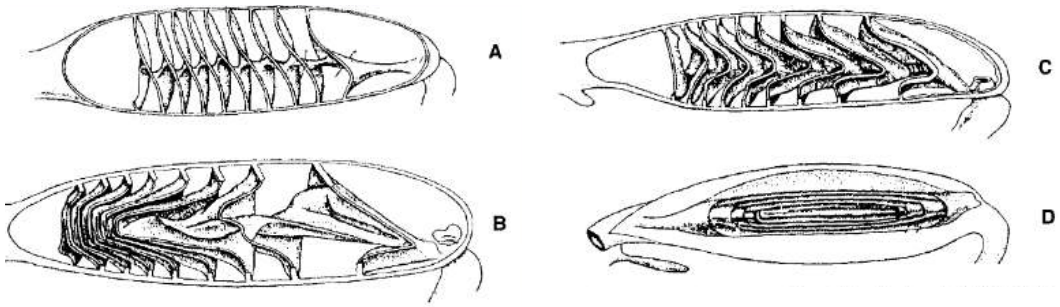


Fig. 16 | valvola spirale in diverse specie di elasmobranchi.

- Negli elasmobranchi è presente la **ghiandola rettale**, un organo escretore deputato all'eliminazione degli elettroliti inorganici.
- Le **gonadi e** il **cuore** negli elasmobranchi si trovano **in posizione craniale**, ovvero vicino alla testa dell'animale.

Caratteristiche degli elasmobranchi: apertura boccale e dentatura

L'arcata mandibolare negli squali è costituita dal **palatoquadrato** (superiore) dalla **mandibola** (inferiore), queste due componenti sono spinte, durante la chiusura della bocca, e rilasciate, durante l'apertura, dell'**arco ioide** che si trova posteriormente ed è direttamente collegato ai muscoli ipassiali.

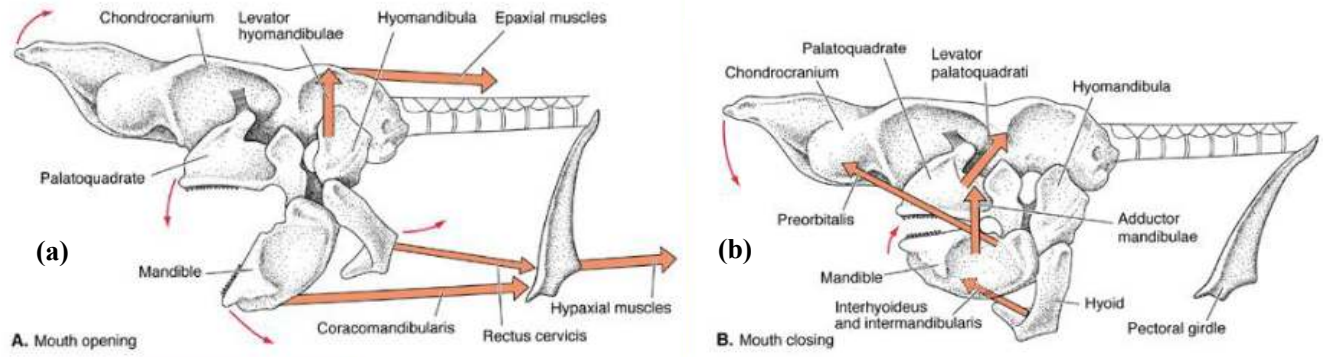


Fig. 17 | componenti ossee e muscolari coinvolte nell'apertura boccale degli squali; (a) apertura, (b) chiusura.

I denti si sono evoluti da scaglie placoidi modificate, sono costituiti da un nucleo di **dentina** coperto da **smalto**. Nei denti degli elasmobranchi **manca la radice**, sono ancorati alla mascella solamente per mezzo di fibre connettivali, questa struttura li rende meno stabili e determina una **sostituzione continua**. È sufficiente una settimana ad uno squalo per sostituire tutti i denti, con i nuovi già presenti in più file. Questa continua sostituzione dei denti garantisce che siano sempre affilati e rende la maggior parte degli elasmobranchi degli efficienti predatori. In alcune specie si possono osservare delle condizioni di **eterodonzia**, ovvero presenza di diverse morfologie dei denti, sia tra le due arcate che, che tra porzioni diverse della stessa arcata. La dentatura degli elasmobranchi è un buon indice della loro dieta, dallo studio dei soli denti è possibile risalire alla singola specie.

Caratteristiche degli elasmobranchi: organi di senso

Organi di senso più sviluppati negli ealsmobranchi:

1. L'**olfatto** è spesso il senso maggiormente sviluppato negli elasmobranchi, questi sono da sempre visti come "nasi che nuotano". Le **cavità nasali** sono **a fondo cieco** e rappresentano i principali organi recettori degli stimoli olfattivi. Questi apparati olfattivi sono sensibili ad ammine, amminoacidi della carne e delle proteine del sangue, molte specie sono in grado di percepire il sangue in concentrazioni di 1 parte per milione fino a 1 km di distanza; grandi concentrazioni di sangue possono causare fenomeni di frenesia alimentare. Questo olfatto così sensibile è utilizzato per la localizzazione delle prede, nei comportamenti di *homing behaviour* e nella riproduzione.
2. Il **gusto** non è il principale dei sensi negli elamsobranchi, questi hanno delle **papille gustative** ma non è uno dei sensi principali. Le papille gustative possono essere utilizzate per la ricerca della preda, nella determinazione di un gusto "tattile" per determinare la natura degli oggetti o per il riconoscimento di sostanze nocive, una volta che il boccone è stato ingerito.
3. Il **tatto** negli elasmobranchi deriva da 2 sistemi principali di meccanorecettori che costituiscono il sistema acustico-laterale:
    1) L'**orecchio interno**: quest'organo è responsabile della facoltà uditiva, dell'equilibrio e del bilanciamento negli elasmobranchi. L'orecchio interno degli elasmobranchi presenta **3 canali semicircolari** membranosi ripieni di **fluido endolinfatico**, questi sono provvisti di un epitelio sensoriale detto **macula**, contenente le **cellule ciliate ("*hair cells*")** deputate alla captazione dei suoni. Ogni singola cellula cigliata è costituita da un singolo **chinociglio** centrale e da **stereociglia** più piccole che lo circondano. Il movimento delle stereociglia verso il chinociglio genera un aumento del numero di potenziali d'azione per unità di tempo relativamente all'attività spontanea dei neuroni associati

all'ottavo nervo craniale. Il movimento opposto, ossia il chinociglio verso le stereociglia, porta ad una diminuzione nel numero dei potenziali d'azione per unità di tempo inviati dagli stessi neuroni al cervello. Nelle maculae, oltre alle cellule cigliate, sono presenti piccole concrezioni calcareee dette **otoconi**, tenute insieme da una matrice extracellulare, tale massa funge da organo di equilibrio e per la percezione degli stimoli gravitazionali. Quando la testa si muove questa massa densa, anche detta **massa otoconiale**, rimane indietro per via dell'inerzia ad essa associata, ciò provoca uno sforzo di taglio nella matrice extracellulare, che è percepito dalle cellule cigliate presenti nello strato sottostante.

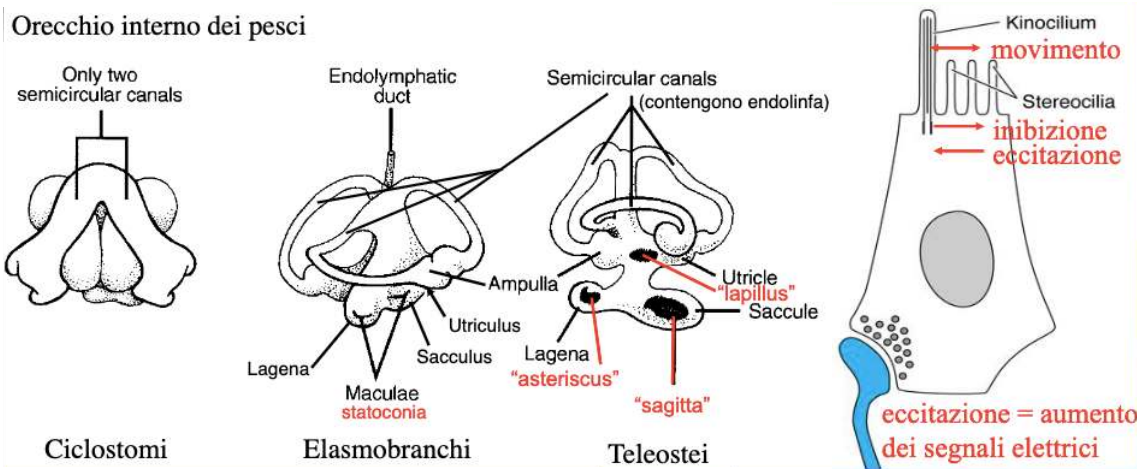


Fig. 18 | confronto dell'orecchio interno tra ciclostomi, elasmobranchi e teleostei e dettaglio delle cellule cigliate.

2) Il **sistema della linea laterale**: quest'organo è responsabile della ricezione dei movimenti dell'acqua e dell'"ascolto" a lunga distanza. È un complesso reticolo di canali superficiali disposti lungo i fianchi dell'animale, ricchi al loro interno di cellule sensoriali dette **neuromasti**, che presentano dei peli sensoriali che sono in grado di percepire le variazioni di pressione nel mezzo acquatico anche a centinaia di metri di distanza. L'acqua entra dai pori all'interno dei canali e i neuromasti percepiscono direzione, intensità e tipologia di onda di pressione. Le onde sonore stimolano i neuromasti come visto per l'orecchio interno, siccome si trovano da entrambe le parti del corpo possono servire a determinare la sorgente e la direzione dell'onda. I predatori possono sintonizzare la loro linea laterale per ricercare e sentire le prede.

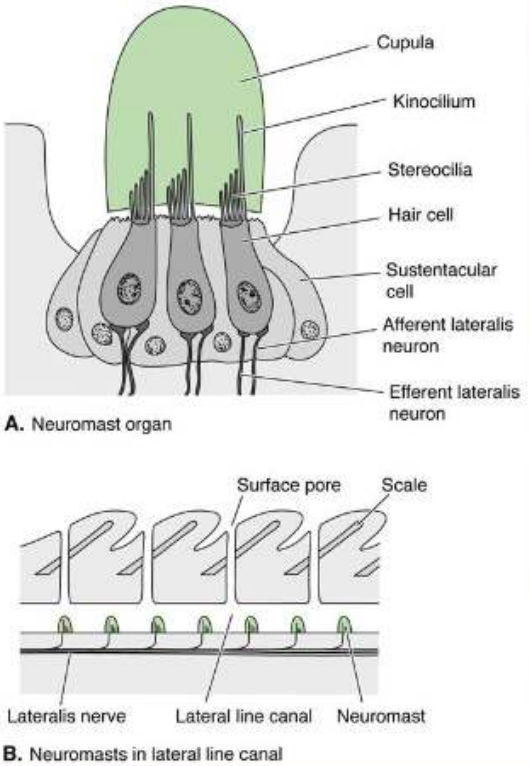


Fig. 19 | struttura dei neuromasti e loro posizionamento nella linea laterale.

4. La **vista** in generale negli elasmobranchi non è il senso più sviluppato, tuttavia è molto efficace in specie superficiali di acque limpide o in specie profonde con grandi occhi, in altri casi gli occhi sono piccoli e poco funzionali. L'occhio è simile a quello dei vertebrati superiori. Al contrario dei teleostei, gli elasmobranchi hanno un'**iride dinamico**, in grado di aumentare il diametro della pupilla in penombra e diminuirlo in luce diffusa. La forma della pupilla è variabile a seconda delle specie e delle loro caratteristiche ecologiche. la **retina** è dotata soprattutto di **bastoncelli**, che servono per la visione in penombra e sono più densi nelle specie notturne e crepuscolari

(il genere *Rajia* ha solo questi). Sono presenti anche i **coni**, che servono per distinguere i colori e per la visione ad alta risoluzione, questi sono usati in condizioni di luce diffusa e sono presenti soprattutto nelle specie che cacciano in superficie o di giorno. La **coroide**, posta dietro alla retina, è riccamente vascolarizzata e può contenere una struttura detta **tapetum lucidum**, si tratta di uno strato costituito da cristalli di guanina che hanno la funzione di amplificare il segnale luminoso grazie al loro effetto a specchio, in questo modo è favorita la visione in condizioni di scarsa visibilità.

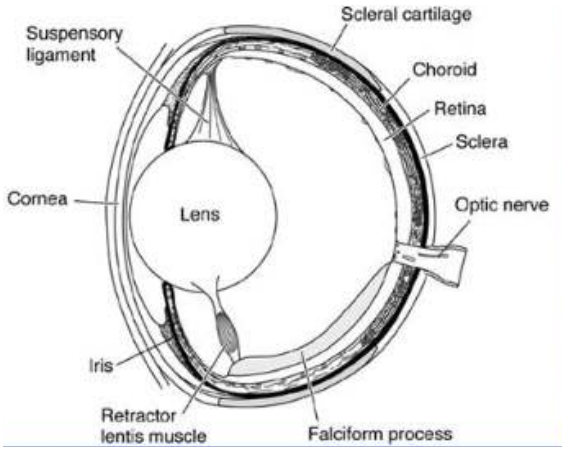


Fig. 20 | schema dell'occhio di un elasmobranco.

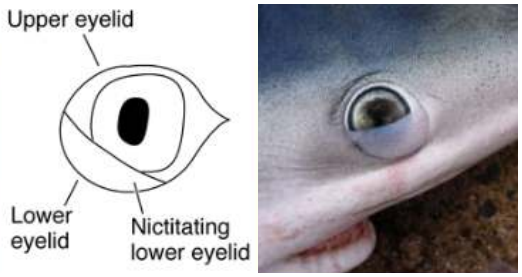


Fig. 21 | rappresentazione e foto della membrana nittitante.

Un aspetto particolare dell'occhio degli elasmobrnachi è la presenza di una sorta di palpebra detta **membrana nittitante**, che può essere trasparente o opaca, è robusta e riveste le funzioni di protezione dell'occhio durante la predazione, di ripulitura dell'occhio e talvolta è utilizzata per camuffare gli occhi nelle specie criptiche.

5. Un senso particolarmente sviluppato negli elasmobranchi è l'**elettroricezione**, ovvero la capacità di recepire campi elettromagnetici, che è resa possibile grazie a dei particolari organi elettrorecettori detti **ampolle di Lorenzini**, queste consistono in un sistema di piccole sacche contenenti un **gel elettro-conduttivo** e **cellule sensoriali cigliate dell'organo ampollare**, simili ai neuromasti della linea laterale, sulle pareti, collegate all'ambiente esterno da pori. Questi organi sono concentrati soprattutto sul capo dell'animale. La differenza di potenziale elettrico tra l'estremità dei pori e la base delle cellule elettroricettive permette agli elasmobranchi di percepire i debolissimi campi elettrici emessi dalle contrazioni muscolari delle prede: la soglia di sensibilità di questo sistema è di 5 nV/cm (riuscirebbero a percepire la presenza di una batteria da 9 nV/cm a più o meno 1.000 m di distanza). I canali che collegano l'ampolla con il poro esterno hanno un diametro di circa 1 mm e la lunghezza può arrivare fino a 20 cm. le pareti del canale sono rivestite da uno strato di cellule squamose, connesse da giunzioni strette, che secernono il liquido gelatinoso che riempie il canale. La sostanza presente all'interno del canale è ricca di ioni Ca^{2+} la cui conduttanza facilita il flusso della carica. Gli organi ampollari sono recettori tonici (inducono una scarica di impulsi a frequenza costante, o con una leggera diminuzione, per tutta la durata dello stimolo). Nel momento in cui

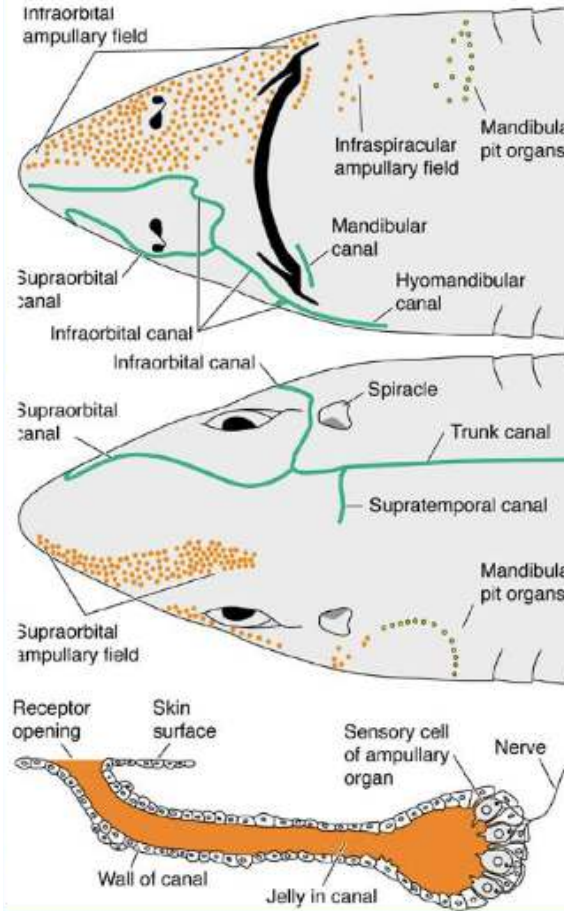


Fig. 22 | struttura e localizzazione delle ampolle di Lorenzini.

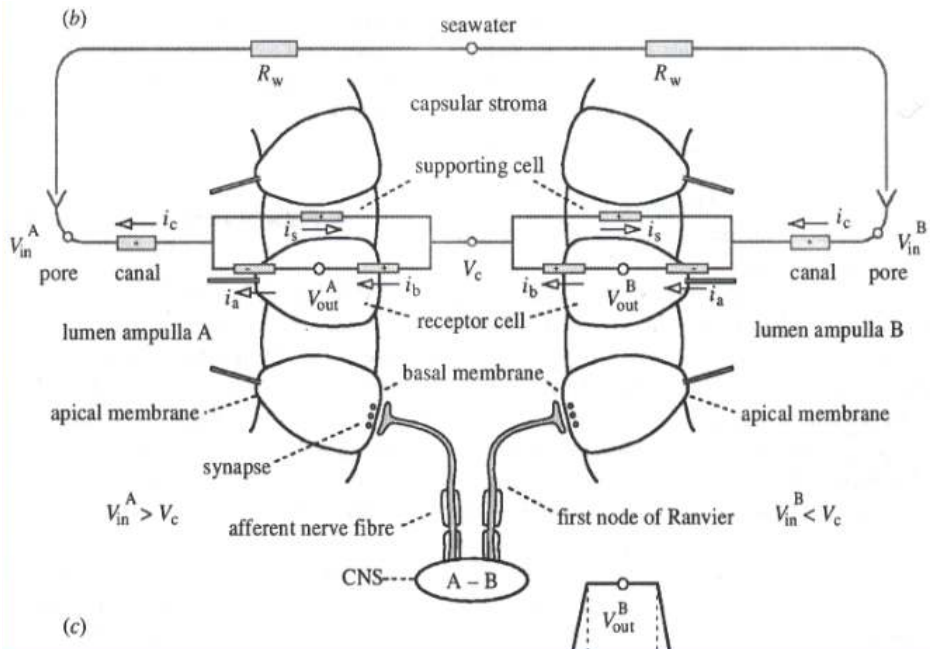


Fig. 23 | meccanismo di recezione dell'impulso elettrico a livello dell'organo ampollare.

il poro esterno percepisce una corrente, tra il poro e la base dell'ampolla (dove sono presenti gli elettrorecettori) si crea una differenza di potenziale. La depolarizzazione delle cellule sensoriali determina il rilascio del neurotrasmettitore e le scariche delle fibre nervose raggiungono il sistema nervoso centrale. Gli elasmobranchi, grazie alle migliaia di ampolle di Lorenzini disposte nella regione cefalica, riescono a percepire anche i più deboli campi elettrici generati dall'attività dei muscoli respiratori e cardiaci delle prede.

6. Le ampolle di Lorenzini oltre a permettere di percepire la presenza di prede, consente anche agli animali di orientarsi con il campo magnetico terrestre, svolgendo quindi una funzione di **magnetocettori**.

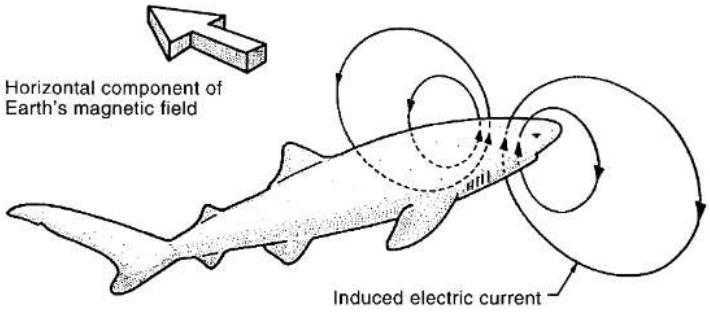


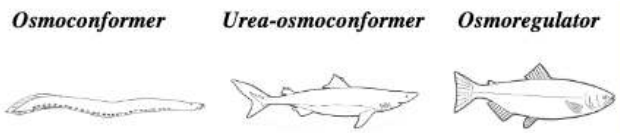
Fig. 24 | uno squalo che nuota attraverso il campo magnetico terrestre induce dei campi elettrici che forniscono all'animale la base fisica di una bussola elettromagnetica.

7. Le ampolle di Lorenzini sono anche sensibili alle variazioni di temperatura, piccoli gradienti infatti provocano cambiamenti nelle proprietà elettriche del gel delle ampolle, per questo hanno anche la funzione di **termocettori**. Questa capacità potrebbe essere sfruttata da alcune specie nella localizzazione di fronti termici con significato di *feeding areas*.

I segnali rilevati da questa complessa rete di organi di senso raggiungono direttamente il **cervello**, che è relativamente piccolo negli elasmobranchi, è privo di soluzioni di continuità e presenta due prolungamenti direttamente collegati coi bulbi olfattivi.

Caratteristiche degli elasmobranchi: osmoregolazione

Gli elasmobranchi condividono con gli agnati la condizione di essere **isosmotici** rispetto all'acqua di mare, ovvero la concentrazione salina all'interno del loro corpo è uguale a quella dell'acqua di mare (per essere precisi sono lievemente iperosmotici con un'osmolarità di 1075 contro i 1000 dell'acqua di mare – vedi Fig. 25). Questa condizione è permessa dalle elevate concentrazioni di **urea** e **TMAO (ossido di trimetilammina)** presenti nel loro sangue. Il TMAO ha diverse funzioni tra cui quella di stabilizzare le proteine incorporando molecole d'acqua e preservandone la struttura quaternaria e quella di ridurre il livello di tossicità dell'urea. I teleostei marini sono invece **iposmotici**, ovvero la concentrazione salina del loro corpo è inferiore rispetto a quella dell'acqua di mare.



	Seawater	Agnathan	Elasmobranch (Plasma)	Marine Teleost
(mM)				
Na^+	460	554	269	180
K^+	10	6.8	4.3	4
Ca^{2+}	10	8.8	3.2	3
Mg^{2+}	53	23.4	1.1	1
Cl^-	540	532	258	160
Urea		3	376	8
TMAO			78	
Osmolarity (mOsm)	1000	1002	1075	337

Fig. 25 | confronto tra le concentrazioni saline dell'acqua di mare, di un agnato, un elasmobranco e un teleosteo marino.

Confronto tra l'osmoregolazione in elasmobranchi e teleostei marini:

I pesci ossei marini (teleostei) sono iposmotici rispetto all'acqua di mare e devono quindi fronteggiare una continua perdita di acqua. Per evitare ciò bevono continuamente, ma in questo modo assumono grandi quantità di sali che devono smaltire. Il sistema renale produce urina isotonica con il sangue, ma è ricca di ioni bivalenti che non vengono secreti attraverso le branchie. L'epitelio branchiale ha delle cellule specializzate dette **cellule del cloro**, che permettono di espellere gli ioni monovalenti in eccesso.

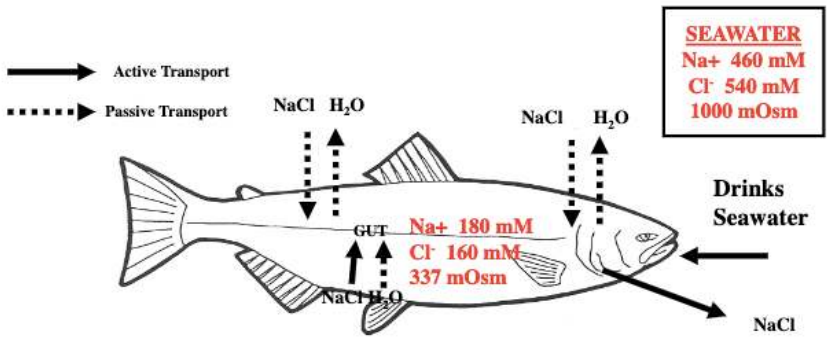


Fig. 26 | osmoregolazione in un teleosteo marino

Squali, razze, celacantidi e missinoidi sono isosmotici con l'ambiente esterno. Squali e razze sono capaci di mantenere basse le concentrazioni degli elettroliti, sostituendoli con molecole organiche quali l'urea. L'eccesso di elettroliti inorganici è espulso attraverso la **ghiandola rettale**, che è un vero organo escretore. Lo squalo Zambesi (*Carcharhinus leucas*) è in grado di cambiare le sue funzioni renali in modo da espellere grandi quantità di urea e sopravvivere in acqua dolce.

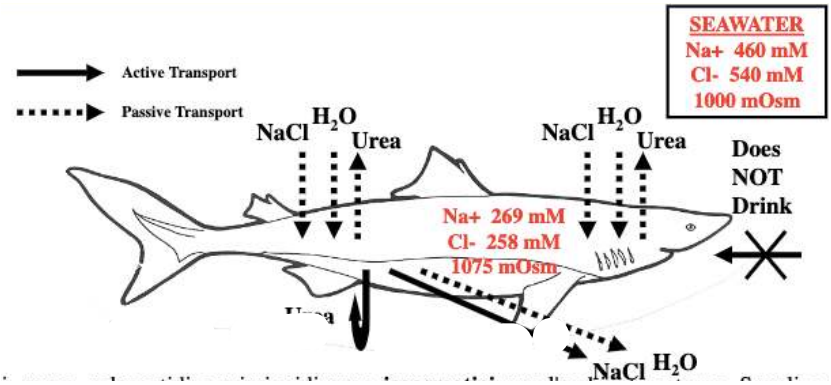


Fig. 27 | osmoregolazione in un elasmobranco.

Adattamenti alla vita pelagica: galleggiamento

Il galleggiamento in acque libere negli elasmobranchi può essere favorito da diversi aspetti della loro biologia, tra cui:

1) La presenza del **fegato grasso** contenente squalene, meno denso dell'acqua di mare, che favorisce il galleggiamento dell'animale.

2) Lo **scheletro cartilagineo**, che è molto più leggero di quelli ossei dei teleostei, favorisce il galleggiamento a parità di dimensioni. Questo è uno dei motivi per cui gli elasmobranchi tendono ad assumere dimensioni mediamente più grosse rispetto a quelle dei pesci ossei, questi animali possono permettersi delle dimensioni maggiori perché il dispendio energetico associato allo spostamento e alla ricerca del cibo è minore se lo scheletro è più leggero. Inoltre, gli elasmobranchi più grandi sono quelli filtratori, che quindi non devono praticare un nuoto particolarmente veloce perché non hanno la necessità di inseguire le prede, ma si alimentano di una risorsa abbondante e facilmente reperibile come il plancton, quindi il loro dispendio energetico è ulteriormente limitato.

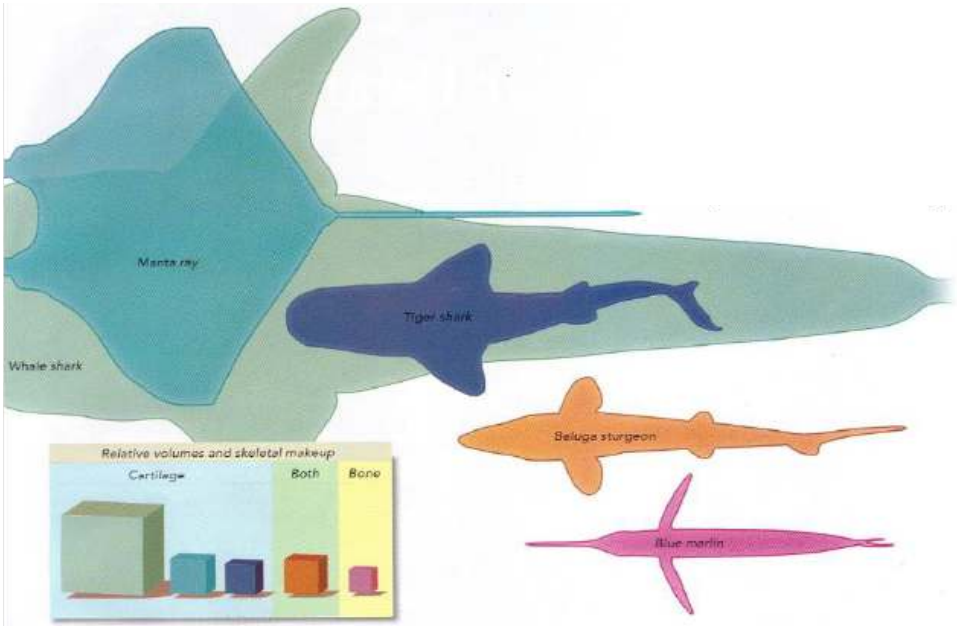


Fig. 28 | confronto tra le dimensioni dei più grandi pesci cartilaginei pelagici, un mammifero marino e un pesce osseo. Notare come la presenza di uno scheletro cartilagineo favorisca le maggiori dimensioni.

3) Il **nuoto** con il quale questi animali regolano il loro assetto in colonna d'acqua, nelle specie pelagiche si possono osservare diversi adattamenti che mirano a rendere questa pratica meno dispendiosa dal punto di vista energetico.

Adattamenti alla vita pelagica: il nuoto

I più grandi nuotatori adattati alla vita in acque libere sono teleostei, in particolare i tonni e il pesce spada che risultano i più efficienti a tal proposito. Tuttavia, dei simili risultati adattativi sono stati raggiunti anche in due famiglie di selaci: i **Lamnidae** e i **Carcharinidae**. Principali adattamenti a tal proposito sono:

1) La maggior parte della **massa corporea** dell'animale è **concentrata centralmente**, questo limita i movimenti oscillatori nella parte anteriore del corpo, a differenza di altre specie in cui la maggior parte della massa corporea è distribuita lungo l'intero asse del corpo.
2) La **sezione del corpo** è **ellissoidale**, i corpi sono fusiformi, compressi lateralmente, la forma col più basso livello di attrito è una forma a goccia con la parte più ampia a circa 1/3 della sagoma e l'apice più sottile nella porzione caudale.

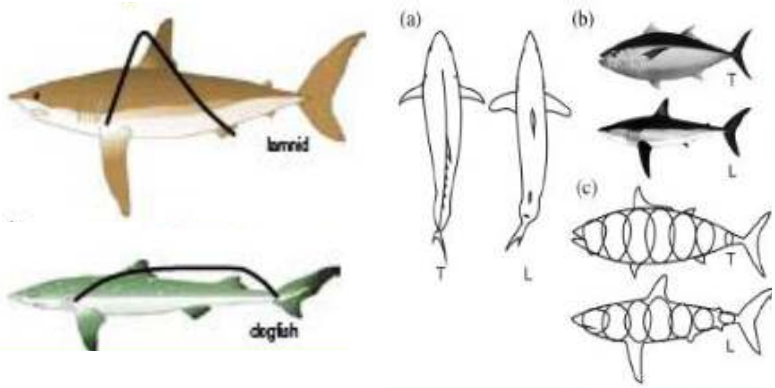


Fig. 29 | concentrazione della massa corporea in un lamnide e in uno squalo di acque costiere (a) e confronto tra la morfologia del corpo di un tonno e un lamnide (b).

3) Presenza **più abbondante** di **muscolo rosso** maggiormente vascolarizzato (vedi differenze tra muscolo rosso e muscolo bianco in tabella), in alcune specie migra all'interno per produrre calore; i grandi nuotatori percorrono grandi distanze, attraversando aree a temperature molto diverse, è quindi vantaggioso per loro mantenere una certa stabilità termica interna rispetto alla temperatura ambientale variabile, per garantire un nuoto più performante.

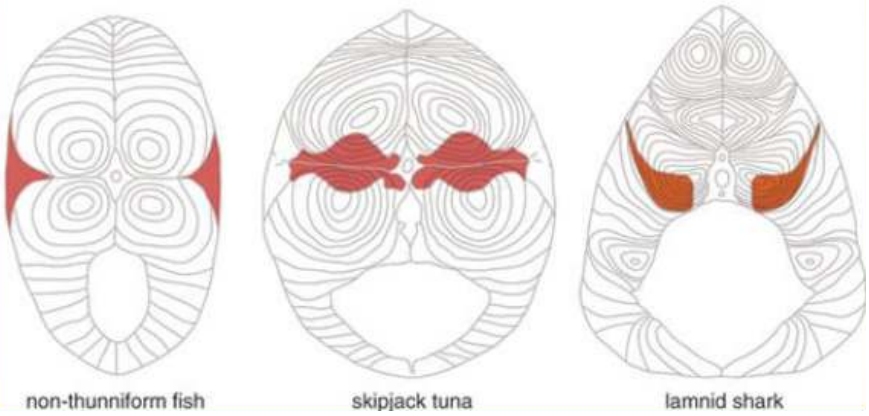


Fig. 30 | localizzazione del muscolo rosso in pesci non tunniformi, nel tonno e in un lamnide.

Muscolo rosso	**Muscolo bianco**
Lento	Veloce
Attività aerobica (ricco di mioglobina)	Attività anaerobia
Molto vascolarizzato	Poco vascolarizzato
Nuoto di durata	Nuoto veloce
Piccolo diametro delle fibre (50-150 µm)	Fibre grandi (300 µm)
Innervamento multiplo	Innervamento singolo
Costituisce una frazione del muscolo totale	Maggior parte del corpo
Più abbondante nei buoni nuotatori	
In alcune specie migra all'interno per produrre calore	

Adattamenti alla vita pelagica: parziale endotermia

Gli elasmobranchi sono quasi tutti ectotermi, quindi la temperatura corporea dipende da quella dell'acqua e il calore corporeo prodotto dai movimenti muscolari si disperde attraverso le branchie. Questo è il motivo per cui la maggior parte dei condritti si trova prevalentemente in acque calde tropicali, alcune specie compiono delle migrazioni per mantenersi in acque alla giusta temperatura. Tuttavia, gli elasmobranchi che si sono adattati alla vita pelagica hanno sviluppato la capacità di mantenere la temperatura interna a livello di alcuni organi (muscolo e organi vari) superiore rispetto a quella ambientale, si tratta di una forma di **parziale endotermia**. Si tratta di un caso di convergenza evolutiva con altri grandi pelagici come i tonni e i pesci spada. Per essere veloci in acque libere è necessario che i muscoli lavorino a dei range termici ottimali, per questo risulta vantaggiosa questa forma di endotermia localizzata. Il mantenimento della temperatura interna superiore a quella dell'acqua è reso possibile dalla presenza di un particolare organo detto **rete mirabile**, una fitta rete di capillari che scorrono in direzione opposta gli uni rispetto agli altri che permette una riduzione della perdita del calore generato dalle contrazioni muscolari, che viene recuperato attraverso il flusso sanguigno.

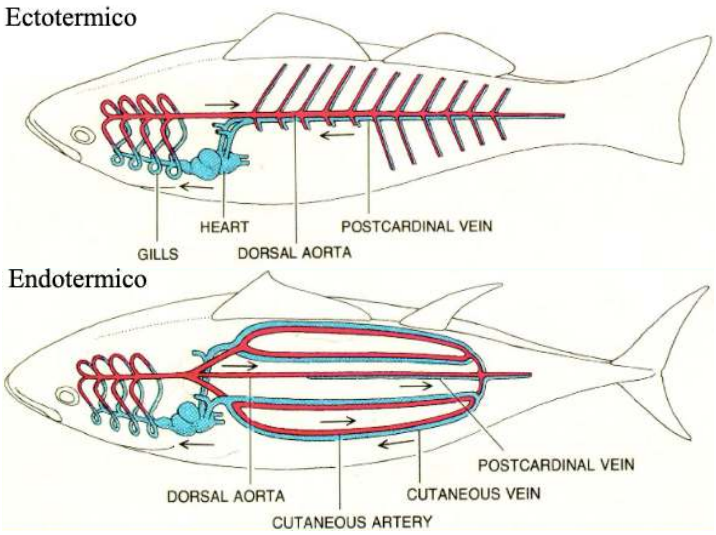


Fig. 31 | confronto tra il sistema circolatorio di un pesce ectotermo e il sistema di scambio controcorrente di un pesce endotermo parziale.

Questo sistema si basa su una serie di **scambiatori di calore controcorrente** che funzionano nel modo seguente: il sangue venoso povero di ossigeno, ma caldo perché rimasto in contatto coi muscoli dell'animale, è trasportato verso le branchie per ossigenarsi, dopodiché ritorna al muscolo sotto forma di sangue arterioso; quando il sangue venoso raggiunge le branchie si arricchisce di ossigeno, ma si raffredda anche, quindi le arterie trasportano sangue ossigenato freddo al muscolo; in alcune regioni specifiche del corpo dell'animale, le arterie passano nella stessa zona delle vene che portano sangue caldo alle branchie, in questo modo il calore viene in parte recuperato per diffusione dal flusso venoso. Tale sistema di recupero di calore può avere divere localizzazioni nel corpo dell'animale a seconda delle specie, in genere si trova in corrispondenza dei muscoli delle pinne pettorali, in altri casi il calore prodotto tende ad essere trasportato dalla rete mirabile nelle porzioni corporee che maggiormente necessitano di alte temperature. Ad esempio nelle mobule è presente una rete mirabile encefalica che permette il mantenimento di elevate temperature in corrispondenza del sistema visivo dell'animale.

Riproduzione

Aspetti salienti nella riproduzione degli elasmobranchi:

- Sono **gonocorici** (a sessi separati).
- Svolgono sempre fecondazione interna, resa possibile dalla presenza di apposite strutture nel maschio dette **pterigopodi**, si tratta di lembi rigidi e allungati di tessuto cartilagineo che si originano come modificazioni delle pinne pelviche, sono organi intromissivi che servono ai maschi per trasferire gli spermi nella cloaca delle femmine. Gli pterigopodi sono strutture scanalate, in base alla loro rigidità è possibile capire se il maschio è maturo o meno.

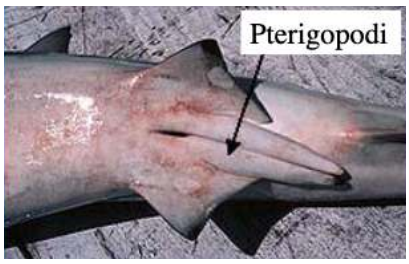
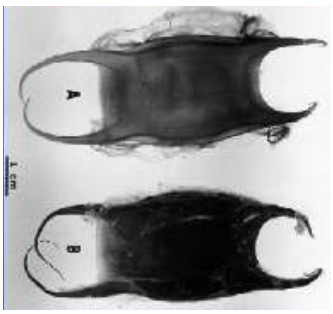


Fig. 32 | pterigopodi.

- L'**atto riproduttivo** è piuttosto **veemente**: il maschio blocca la femmina mordendola sulle pinne pettorali, la capovolge immobilizzandola e a questo punto avviene la fecondazione mediante gli pterigopodi. Spesso le femmine presentano un epitelio delle pinne pettorali più spesso proprio per far fronte all'aggressione dei maschi.
- La **paternità multipla** è un fenomeno abbastanza frequente negli squali, consiste nell'accoppiamento di una femmina con più maschi e nel conseguente sviluppo all'interno di una sola cucciolata di embrioni con più padri. Questa dinamica favorisce il crossover genetico e quindi l'arricchimento del patrimonio genetico delle varie specie.
- Le femmine hanno la possibilità di **conservare lo sperma** nel proprio apparato riproduttivo anche per lunghi periodi e utilizzarlo quando le condizioni ambientali sono più propizie. Si tratta di un fenomeno non esclusivo degli elasmobranchi.
- In varie specie di elasmobranchi è stata osservata **partenogenesi**, ovvero il fenomeno per cui talvolta le femmine possono diventare gravide anche in assenza del maschio. In questo caso non è favorito il crossover genetico, ma la propagazione della specie su più lunga scala temporale.


Fig. 33 | capsule ovigere di Scilliorinide.

• Circa il 40% delle specie di elasmobranchi sono **ovipare** e producono delle uova già fecondate, ricche di vitello, dotate di una **capsula ovigera** rigida protettiva che rimangono ancorate al fondale mediante delle appendici filiformi o rigide (es. Eterodontidi, Scilliorinidi, Rajidi). In genere l'incubazione di queste uova è piuttosto lunga, in alcuni casi supera anche l'anno.

• Il restante 60% delle specie di elasmobranchi è **viviparo**, ovvero partorisce piccoli già formati, si possono distinguere due condizioni:


Fig. 34 | embrioni di *Lamna nasus* nel ventre materno con sacco vitellino.

I. **ovoviviparità** (o **viviparità lecitotrofica** o **viviparità aplacentata**): in alcune specie la prole si sviluppa all'interno del corpo materno, ma il feto è nutrito grazie ad un sacco vitellino, senza ulteriori contatti con la

madre; questa condizione è tipica della maggior parte degli elasmobranchi;

II. **viviparità placentata**: in altre specie è presente una placenta vitellina (membrana di inter-scambio trofico tra i tessuti della madre e quelli del piccolo) formata dall'apposizione del sacco vitellino alla parete uterina attraverso la quale avviene uno scambio trofico tra feto e madre (struttura non omologa a quella dei mammiferi placentati); questa condizione è tipica di Carcharinidae e Sphyrnidae.

- Tendenzialmente **assenza di cure parentali**.

Mentre i Teleostei incarnano perfettamente quella che in ecologia è conosciuta come **strategia *r***, ovvero una dinamica di popolazione basata sul potenziale riproduttivo (tanta energia investita nello sviluppo di tanta prole con possibilità di sopravvivenza limitate), al contrario gli elasmobranchi, come emerge dalle caratteristiche sopra descritte, adottano una strategia opposta. Tale strategia in ecologia è conosciuta come **strategia *k***, ovvero la dinamica di popolazione basata sulla capacità di adattamento e sopravvivenza (tanta energia investita nello sviluppo di poca prole con maggiori possibilità di sopravvivenza).

Sviluppo embrionale

Una volta avvenuta la fecondazione, si possono sviluppare nel ventre materno diverse tipologie di embrioni a seconda della specie. Nella maggior parte degli elasmobranchi si sviluppa un embrione provvisto di **sacco vitellino**, che viene progressivamente consumato durante lo sviluppo dall'animale. Nelle specie ovovivipare il piccolo è mantenuto all'interno del ventre materno finché non ha consumato il sacco vitellino, può rimanere un residuo di questa struttura quando sono partoriti. In quelle vivipare, viene partorito un piccolo già autosufficiente e in grado di procurarsi il cibo da solo. Nelle specie ovovivipare inoltre sono presenti delle **branchie esterne filiformi** che permettono all'embrione la respirazione venendo in contatto con la parete dell'utero materna.

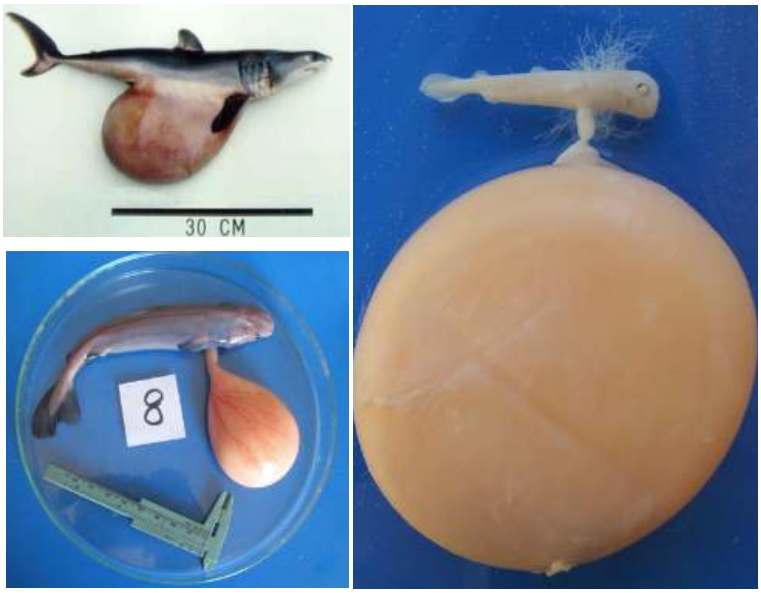


Fig. 35 | embrioni di diverse specie in diversi stadi di sviluppo, notare le branchie esterne filiformi nell'embrione dell'immagine in alto a destra.

Accrescimento

L'accrescimento negli elasmobranchi si valuta mediante la lettura degli incrementi annuali a livello della vertebra, dal momento che questi animali non hanno statoliti come i pesci ossei, ma gli otoconi, che sono molto più piccoli e difficili da interpretare. La lettura può essere effettuata:

a) sulla <u>superficie della vertebra</u>: si legge dall'interno verso l'esterno della vertebra; quando l'animale nasce è già presente un primo anello, anche detto **anello natale** o **banda neonatale** (non è così invece nei Teleostei); dopodiché si susseguono una serie di bande più chiare, che corrispondono alla stagione primaverile-estiva, favorevole, in cui l'animale ha a disposizione maggiori quantità di cibo e quindi si accresce maggiormente, e bande più scure che corrispondono alla stagione invernale, sfavorevole, in cui l'animale ha a disposizione minori quantità di cibo e quindi l'accrescimento rallenta.
b) sulla <u>sezione della vertebra</u>: si legge dal basso verso l'alto della sezione, anche in questo caso è presente una banda neonatale e poi si susseguono bande più scure e più chiare.

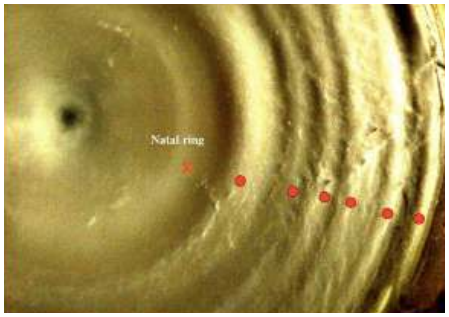


Fig. 36 | lettura delle bande di accrescimento sulla superficie della vertebra.

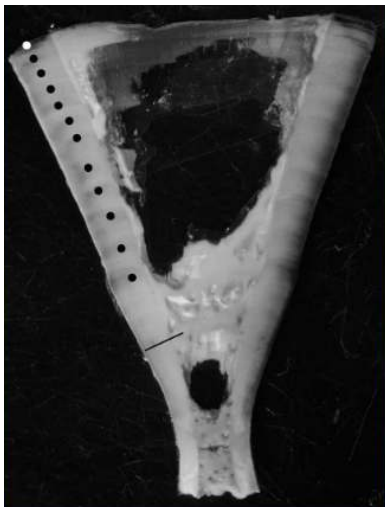


Fig. 37 | lettura delle bande di accrescimento sulla sezione della vertebra.

In entrambi i casi, man mano che si procede dalla banda neonatale verso quelle più esterne, lo spessore medio delle bande inizia a diminuire e questo trova la sua spiegazione nel fatto che gli squali seguono una curva di crescita asintotica, nel senso che crescono costantemente fino alla maturazione e, successivamente, la curva si appiattisce a causa di un tasso di crescita ridotto.

Questo metodo per valutare l'accrescimento degli elasmobranchi va bene per specie che vivono abbastanza in superficie e che risentono delle variazioni stagionali dei parametri ambientali. Nelle specie di profondità non si osservano bande di accrescimento sulle vertebre perché vivono in un ambiente in cui le condizioni sono abbastanza stabili durante tutto l'anno e non apprezzano particolari differenze stagionali. Per questi animali è stato messo a punto un metodo di valutazione dell'accrescimento alternativo, quello della **datazione al radiocarbonio**. Tale metodo si basa sul fatto che nel 1965 sono stati effettuati esperimenti nucleari su alcuni atolli che hanno determinato il rilascio in atmosfera di elevate concentrazioni di C^{14} rispetto ai livelli basali presenti in atmosfera. Quando ci si è accorti del danno causato dal rilascio di queste sostanze in atmosfera questo è cessato ed è seguita una diminuzione della concentrazione del C^{14} in atmosfera. Grazie a questo è stato possibile datare in base alla concentrazione di C^{14} presente nei tessuti degli squali e di altri animali, in relazione all'andamento di questo isotopo del C in atmosfera nel tempo. Una delle scoperte più rilevanti derivanti dall'applicazione di questa tecnica è stata la datazione dei cristallini di 28 esemplari di *Somniosus microcephalus* (Squalo della Groenlandia) che ha mostrato un'età plausibile di circa 400 anni negli esemplari più anziani (J. Nielsen et al., 2016).

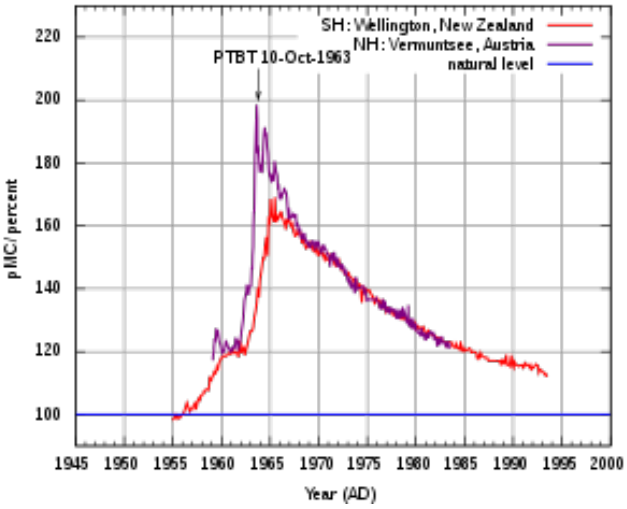


Fig. 38 | concentrazione del C^{14} in atmosfera nel tempo.

Conservazione degli elasmobranchi

Alcuni aspetti della riproduzione e dell'ecologia degli elasmobranchi influenzano profondamente la conservazione di questi animali, rendendoli maggiormente vulnerabili ad alcuni impatti antropici, tra questi:

- Gli elasmobranchi hanno una **crescita lenta**;
- La **maturità sessuale** nelle femmine è **raggiunta molto tardi**, tra i 3 e i 35 anni a seconda della specie, la madre ha bisogno di molto tempo ed energie per produrre il vitello necessario alle uova o per affrontare la gestazione;
- Gli elasmobranchi hanno una **bassa fecondità** (numero di uova prodotte per atto riproduttivo), in generale vengono prodotte poche uova o pochi piccoli all'anno, da 1-2 fino in genere a non più di 50, 135 in *Prionace glauca*, che rappresenta un'eccezione in tal senso.
- Le uova ci mettono talvolta più di un anno a schiudere (il tempo di schiusa va dai due ai 12 mesi) o la **gestazione** è **lunga** nelle specie vivipare, va da 14 a più di 24 mesi, in alcuni casi supera i 3 anni.
- Molte specie hanno delle **aree riproduttive o di *nursery* delimitate**, per questo se queste sono soggette a degli eventi di perturbazione (es. pesca, turismo, etc.) non risultano più idonee e questo può mettere in pericolo la specie.
- La maggior parte degli elasmobranchi ricopre un ruolo ecologico di **predatori di vertice**, esercitano un importante controllo delle reti trofiche, questo rende sufficiente una perturbazione ai livelli trofici inferiori perché si registrino effetti a catena anche su questi animali.

L'insieme di queste caratteristiche determina in generale un basso potenziale riproduttivo degli elasmobranchi e una bassa capacità di crescita delle loro popolazioni. Il che rende questi animali particolarmente vulnerabili agli

impatti antropici, quelli che maggiormente interessano questi animali sono le catture dirette, le catture accidentali (*by-cathc*) e il degrado ambientale.

Impatti antropici a livello globale: le catture

L'ente che si occupa di registrare le catture degli elasmobranchi a livello globale è la FAO, che pubblica periodicamente dei report, l'ultimo risale al 2020. Dal 1950 c'è stato un aumento esponenziale delle catture a livello globale che ha toccato il suo picco nel 2000. Dopodiché c'è stato un crollo delle catture dovuto in parte alla decrescita delle popolazioni e in parte all'entrata in vigore di alcune normative che tutelano questi animali.

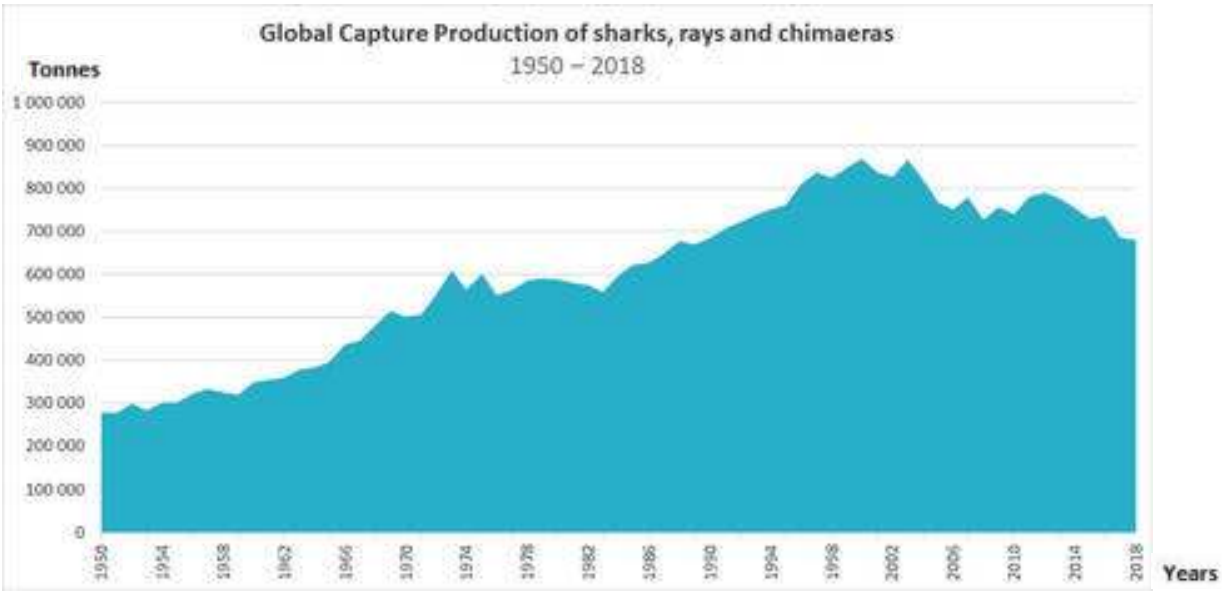


Fig. 39 | andamento delle catture a livello globale dal 1950 al 2018 (fonte FAO).

Le catture delle 3 principali specie *Prionace glauca*, *Isurus oxyrinchus* e *Lamna nasus*, in Atlantico e in Mediterraneo sono sotto gestione ICCAT (*International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas*). A livello internazionale queste 3 specie sono identificate con dei codici a 3 lettere: BSH = *blue shark* (verdesca); SMA = *shortfin mako*; POR = *porbeagle* (smeriglio). In generale gli stock delle tre specie in Nord e Sud Atlantico (linee blu e verdi) sono di gran lunga maggiori rispetto a quelli in Mediterraneo (linea verde). Lo smeriglio tra le 3 specie è quella attualmente meno pescata, sia in Atlantico che in Mediterraneo, mentre la più pescata in Atlantico è la verdesca e il trend sembra essere in aumento.

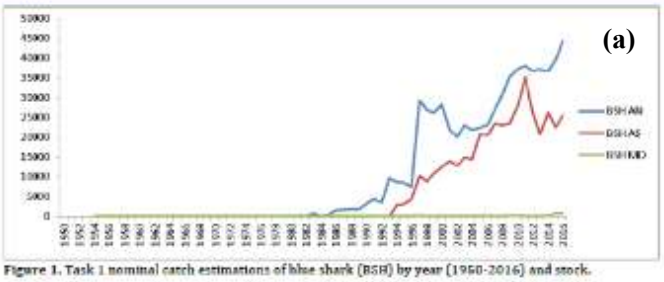


Figure 1. Task 1 nominal catch estimations of blue shark (BSH) by year (1950-2016) and stock.

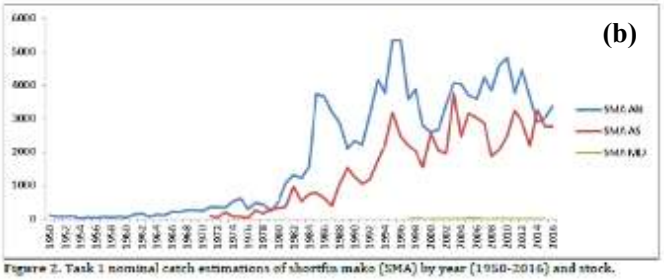


Figure 2. Task 1 nominal catch estimations of shortfin mako (SMA) by year (1950-2016) and stock.



Figure 3. Task 1 nominal catch estimations of porbeagle (POR) by year (1950-2016) and stock.

Fig. 40 | andamento delle catture di verdesca (a), mako (b) e smeriglio (c) in Atlantico e Mediterraneo (fonte ICCAT).

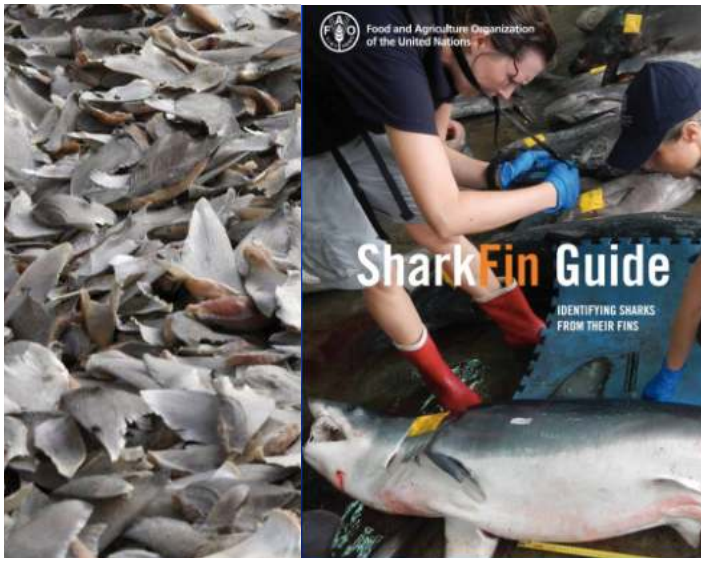


Fig. 41 | Carico di pinne di squalo sequestrato a Miami nel febbraio 2020 (650 kg – 700.000 $); guida della FAO sul *finning*.

Gli elasmobranchi non sono particolarmente apprezzati per le loro carni, tuttavia la maggior parte delle catture dirette di questi animali è legata alla pratica del ***finning***, che consiste nella rimozione delle pinne degli squali, spesso mentre l'animale è ancora vivo, e nel successivo rilascio dell'animale in mare. Lo spinnamento dello squalo in mare consente ai pescherecci di incrementare il numero di squali raccolti, perché in oceano aperto non c'è la possibilità di stoccare a bordo l'intera carcassa che puzza di ammoniaca, per questo vengono tenute solo le pinne che sono la porzione più pregiata dell'animale. Questa pratica è in aumento dal 1997 a causa della crescente domanda di pinne per la zuppa di pinne di squalo e come medicinale per le cure tradizionali, soprattutto in oriente e in Cina. Alcuni paesi hanno vietato questa pratica rendendola illegale e richiedendo che l'intero squalo venga riportato sulla terraferma dopo la pesca prima di rimuovere le pinne.

Strumenti di conservazione in Mediterraneo

Il principale strumento legislativo di protezione degli elasmobranchi in Mediterraneo è la **Convenzione di Barcellona**, entrata in vigore nel 1978. Le principali specie da proteggere in Mediterraneo sono elencate negli allegati I e II della convenzione, in particolare:

- Nell'**Allegato I** sono elencate le specie di pesci protette, tra cui compaiono diversi elasmobranchi: *Carcharodon carcharias, Cetorhinus maximus, Mobula mobular, Lamna nasus, Raja alba, Squatina squatina, Isurus oxyrinchus*;
- Nell'**Allegato II** sono elencate le specie sotto osservazione, ovvero quelle specie che attualmente si possono pescare, ma la cui situazione va monitorata e tenuta sotto controllo, tra gli elasmobranchi: *Prionace glauca*.

La ***General Fisheries Commission for the Mediterranean*** **(GFCM)** è un'organizzazione regionale per la gestione della pesca. Con 22 stati membri e l'UE, il suo obiettivo principale è quello di assicurare la conservazione e l'utilizzo sostenibile delle risorse marine viventi, come lo sviluppo sostenibile dell'acquacoltura nel Mediterraneo e nel Mar Nero. Quest'ente si occupa anche di stabilire le principali misure da attuare per la conservazione degli elasmobranchi del Mediterraneo. Sulla base delle disposizioni della GFCM l'Unione Europea attua dei regolamenti che devono essere osservati dagli stati membri, l'ultimo:

REGOLAMENTO (UE) 2015/2102 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO

del 28 ottobre 2015

che modifica il regolamento (UE) n. 1343/2011 relativo a talune disposizioni per la pesca nella zona di applicazione dell'accordo CGPM (Commissione generale per la pesca nel Mediterraneo)

(5) Nelle sessioni annuali del 2011 e del 2012 la CGPM ha adottato le raccomandazioni GFCM/35/2011/3, GFCM/35/2011/4, GFCM/35/2011/5 e GFCM/36/2012/2, che stabiliscono misure volte a ridurre le catture accidentali di uccelli marini, tartarughe marine, foche monache e cetacei nelle attività di pesca praticate nella zona di applicazione dell'accordo CGPM e che devono essere attuate nel diritto dell'Unione. Esse comprendono il divieto di utilizzare, a decorrere dal 1° gennaio 2015, reti da posta ancorate con monofilamenti o fili di diametro superiore a 0,5 mm, al fine di limitare le catture accidentali di cetacei. Tale divieto è già contenuto nel regolamento (CE) n. 1967/2006 del Consiglio (1), che tuttavia riguarda esclusivamente il Mar Mediterraneo. È pertanto opportuno includere tale divieto nel regolamento (UE) n. 1343/2011 affinché si applichi anche al Mar Nero.

(6) Nella sessione annuale del 2012 la CGPM ha inoltre adottato la raccomandazione GFCM/36/2012/3 che stabilisce misure volte a garantire, nella zona di sua competenza, un elevato livello di protezione dalle attività di pesca per gli squali e per le razze, e segnatamente per le specie di squali e razze che figurano nell'elenco delle specie in pericolo o minacciate contenuto nell'allegato II del protocollo relativo alle zone particolarmente protette e alla diversità biologica nel Mediterraneo (2).

Fig. 42 | Regolamento UE del 2015 sulla pesca in Mediterraneo.

Gli articoli 16 *undecies* e *duodecies* descrivono il protocollo che i pescatori devono mettere in atto qualora si imbattano in specie di elasmobranchi protette. Al fine di consentire l'identificazione degli squali è stato stabilito il *divieto di decapitazione e spellatura* degli animali prima dello sbarco, per quanto riguarda le specie inserite nell'Allegato II della Convenzione di Barcellona (perché in questo modo non possono essere identificati e quindi commercializzati); questa limitazione risulta tuttavia facilmente aggirabile in quanto la legge recita "*decapitati e spellati*", e non esclude che solo una delle due pratiche possa essere messa in atto.

Articolo 16 undecies

Squali e razze di specie protette

1. Gli squali e le razze delle specie incluse nell'allegato II del protocollo relativo alle zone particolarmente protette e alla diversità biologica nel Mediterraneo (*****) ("protocollo della convenzione di Barcellona") non sono tenuti a bordo, trasbordati, sbarcati, trasferiti, immagazzinati, venduti o esposti o messi in vendita.

2. Per quanto possibile, i pescherecci rilasciano immediatamente vivi e indenni gli esemplari accidentalmente catturati di squali e razze delle specie incluse nell'allegato II del protocollo della convenzione di Barcellona.

Articolo 16 duodecies

Identificazione degli squali

Sono vietate la decapitazione e la spellatura degli squali a bordo e prima dello sbarco. Gli squali decapitati e spellati non possono essere commercializzati su mercati di prima vendita dopo lo sbarco.



Fig. 43 | dettaglio dell'articolo 16 *undecies* e *duodecies* del regolamento UE del 2015, in cui è riportata la dicitura relativa alla decapitazione e spellatura degli squali; sulla destra l'immagine di una verdesca sbarcata spellata ma non decapitata, in conformità all'articolo 16 *duodecies.*

L'ente deputato al controllo dell'osservazione delle norme volte alla protezione degli elasmobranchi è **RACSPA (*Regional Activity Center for Specially Protected Areas*)**, che ha sede a Tunisi.

Gli attacchi all'uomo

A differenza di quanto ritenuto dall'immaginario comune, gli attacchi degli squali all'uomo sono un fenomeno non così frequente. L'***International Shark Attack File*** **(ISAF)** è un database universale che include tutti gli attacchi di squali conosciuti al mondo, scientificamente documentati. In generale è possibile osservare rispetto al passato un trend di aumento degli attacchi all'uomo da parte di squali documentati a partire dagli inizi del 1900 ad oggi. Questo aumento, tuttavia, trova una spiegazione sia nel fatto che nell'arco di un secolo sono cambiati i mezzi di comunicazione e adesso un evento come l'attacco di uno squalo è portato molto più facilmente agli occhi dell'attenzione pubblica anche se di minore entità, sia nel fatto che con l'aumento della popolazione globale, è aumentata anche la frequentazione delle spiagge. Le principali specie responsabili degli attacchi sono:

- Squalo bianco (*Carcharodon carcharias*);
- Squalo tigre (*Galocerdo cuvieri*);
- Squalo toro (*Carcharinus leucas*);
- Squalo tigre della sabbia (*Carcharinus taurus*);
- Squalo pinna nera (*Carcharinus limbatus*).

Sebbene sia aumentata l'incidenza degli attacchi nel tempo, è anche da considerare il fatto che la percentuale di incontri fatali è invece andata diminuendo, a riprova del fatto che è aumentata la risonanza mediatica di questo tipo di eventi quando si verificano. Gli attacchi sono principalmente rivolti a chi pratica sport di ricreazione di superficie (es. canoa, surf, etc.), seguono i bagnanti, sono invece più rari quelli rivolti a subacquei.

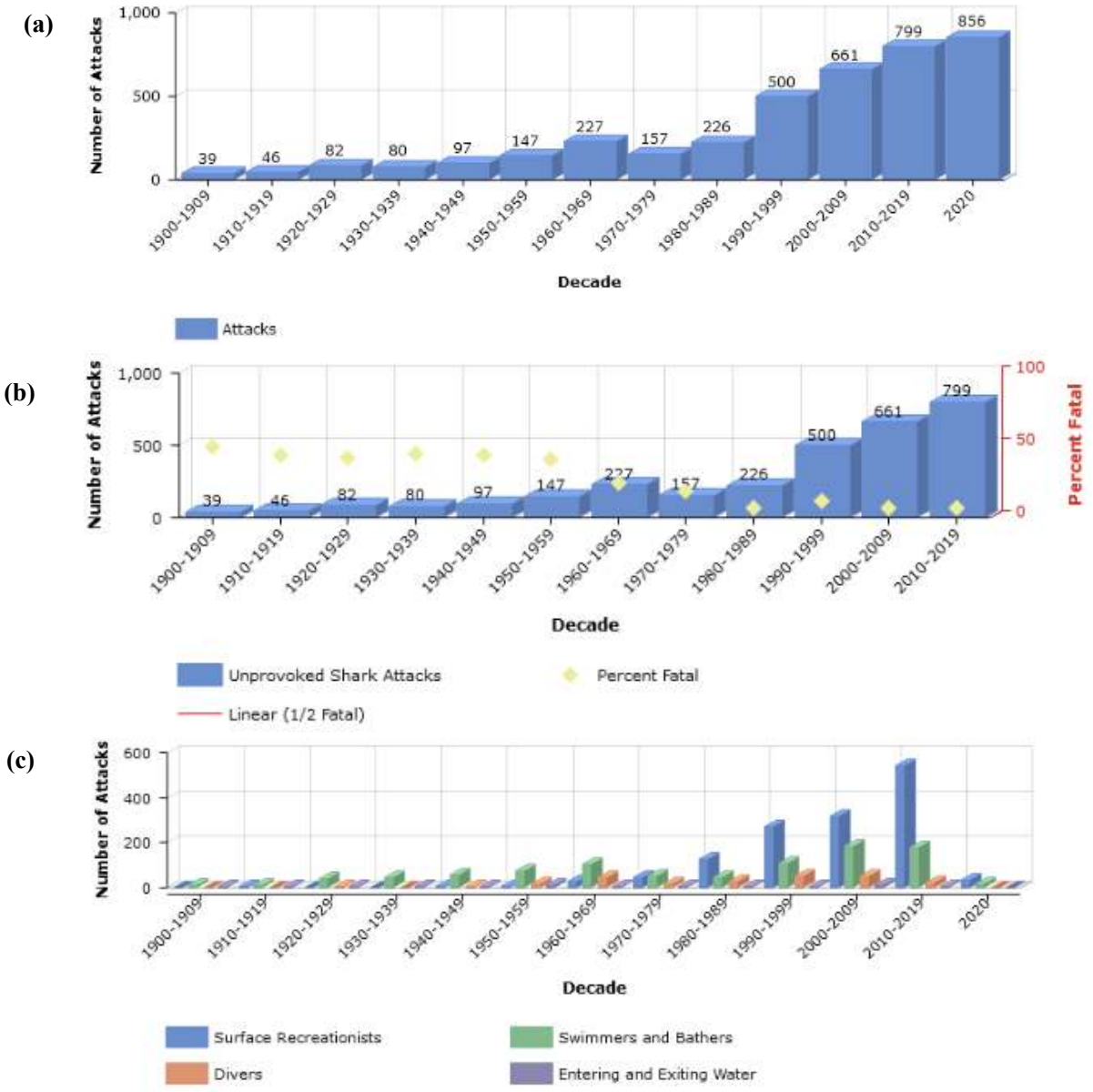


Fig. 44 | (a) attacchi di squali documentati a livello globale per decade dal 1900 al 2020; (b) percentuale di fatalità degli attacchi; (c) vittime degli attacchi.

Elasmobranchi pelagici del Santuario

Ci sono **13 specie** di elasmobranchi pelagici appartenenti a **7 famiglie** la cui presenza recente è documentata nel Santuario:

Carcharinidae (4 specie)	*Prionace glauca* (verdesca) *Carcharinus plumbeus* (squalo grigio) *Carcharinus brachyurus* (squalo ramato) *Carcharinus falciformis* (squalo sericeo)
Lamnidae (3 specie)	*Isurus oxyrinchus* (mako) *Lamna nasus* (smeriglio) *Carcharodon carcharias* (squalo bianco)
Alopiidae (2 specie)	*Alopias vulpinus* (squalo volpe) *Lamna superciliosus* (squalo volpe occhione)
Triakidae (1 specie)	*Galeorhinus galeus*
Cetorhinidae (1 specie)	*Cetorhinus maximus* (squalo elefante – pellegrino)
Dasyatidae (1 specie)	*Pteroplatrygon (Dasyatis) violacea* (trigone violaceo)
Mobulidae (1 specie)	*Mobula mobular* (manta)

Pesca tradizionale e catture accidentali

Il metodo principale per documentare la presenza di elasmobranchi è quello di sfruttare le catture accidentali della pesca tradizionale. In Mar Ligure la pesca al pesce spada e quella al tonno sono quelle più praticate, i due porti principali da cui partono i pescherecci commerciali sono quello di San Remo e quello di Imperia. Le catture accidentali di elasmobranchi in questo tipo di pesca ammontano a circa il 12,7% in numero e il 12,4% in peso. La pesca mirata agli elasmobranchi in Mediterraneo non è particolarmente praticata, in alcune aree della Spagna e del Portogallo vengono pescate appositamente alcune specie quali la verdesca, il mako e lo squalo volpe. Un aspetto importante da tenere in considerazione riguarda il metodo di cattura del pesce spada, che nel corso del tempo è cambiato e questo ha profondamente influito sulle catture accidentali di squali:

- Tra il 1990 e il 2009 l'attrezzo usato per la pesca del pesce spada era il **palangaro di superficie**, che veniva calato durante il giorno per prendere il pesce spada di notte e raggiungeva una profondità massima di 15-20 m;
- A partire dalla stagione 2010 è cambiato lo schema dell'attrezzo e di conseguenza anche i tempi della pesca, viene usato il **palangaro mesopelagico**, che pesca in profondità per prendere il pesce spada durante il giorno e raggiunge una profondità massima di circa 500 m.

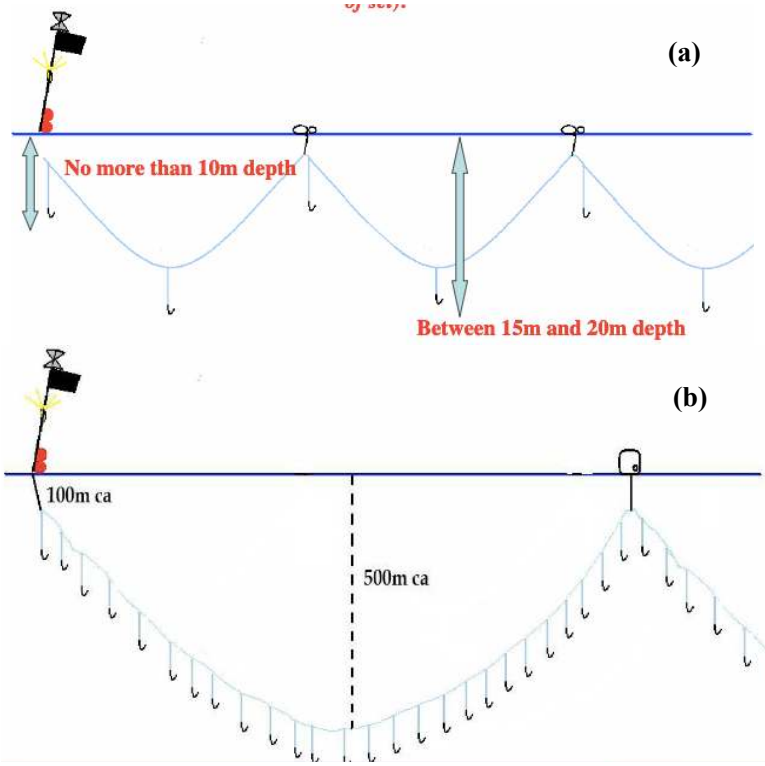


Fig. 45 | confronto tra i due metodi di pesca del pesce spada: (a) palangaro di superficie; (b) palangaro mesopelagico.

Questo cambiamento della tecnica di pesca ha determinato un cambiamento nelle catture accidentali, con un passaggio da circa il 6% di squali sbarcati, prevalentemente *P.glauca* (verdesca) col palangaro di superficie, ad una riduzione significativa di questa percentuale fino all'1.3%, di cui si riduce particolarmente la percentuale di verdesca, scompaiono del tutto altre catture accessorie come quelle di altre specie di elasmobranchi di superficie (*L. nasus, A. vulpinus*), mentre compaiono alcune specie di elasmobranchi mesopelagici come *S. rostratus*, col palangaro mesopelagico. Un altro aspetto importante da considerare riguarda il confronto tra gli animali sbarcati e le osservazioni a bordo, infatti alcune specie non commerciali vengono direttamente rilasciate e non sono portate a riva (*by-catch* non commerciale). Nella pesca col palangaro di superficie risultava particolarmente alta la percentuale di catture di *P. violacea* e si registravano anche sporadiche catture di tartarughe marine. Col palangaro mesopelagico c'è una forte riduzione in generale delle osservazioni a bordo di catture accidentali (quasi un quarto) e si riduce particolarmente il by-catch non commerciale, cessano le catture di tartarughe marine. A causa della forte riduzione delle catture accidentali di verdesca, della completa scomparsa delle catture di altre specie di elasmobranchi pelagici e di tartarughe marine, la pesca col palangaro mesopelagico esercita un impatto molto minore su queste categorie e quindi è considerata più "ecosostenibile". Se da una parte questo rappresenta un aspetto positivo, in quanto è limitata la cattura di specie a rischio, dall'altra rende più difficile documentare la presenza di elasmobranchi.

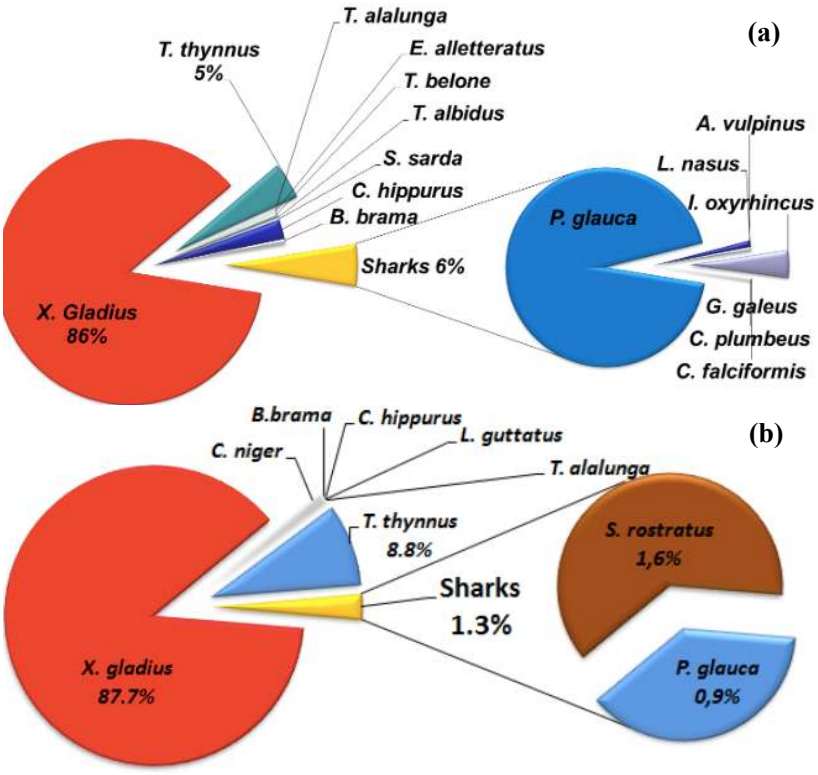
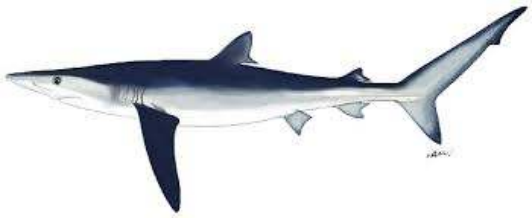


Fig. 46 | confronto tra le catture sbarcate con palangaro di superficie (a) e palangaro mesopelagico (b).

Prionace glauca* - Verdesca o *blue shark



Nome scientifico:	*Prionace glauca* (Linnaeus, 1758)
Classificazione:	
Ordine	Carchariniformes
Famiglia	Carcharinidae
Genere	*Prionace*
Specie	*P. glauca*

Catture: Alle origini in Mar Ligure le principali specie pescate con la pesca col palangaro di superficie erano tonni, spada e verdesche, venivano utilizzati ami molto grossi (> 12 cm) in un numero limitato (100-150) ed esche vive (calamari). Attorno al 1970 nei mesi di aprile-maggio apriva la stagione della pesca alle verdesche, la taglia degli esemplari pescati era grande. Attualmente questa specie è inserita in Allegato II della Convenzione di Barcellona, non si può praticare pesca diretta, ma se catturata accidentalmente può essere commercializzata. Storicamente le catture di questa specie sono nettamente superiori in Atlantico rispetto che in Mediterraneo (vd. Fig. 40). In passato questi animali venivano appositamente pescati, tuttavia a causa dell'entrata in vigore delle normative GFCM a tutela

di questa specie e del cambiamento delle tecniche di pesca col passaggio dal palangaro di superficie a quello mesopelagico, si sono ridotte le catture di verdesca. Le catture durante l'anno sono concentrate nel periodo primaverile, in particolare nei mesi di aprile e maggio (Fig. 47) (CPUE = *Catch Per Unit Effort* = catture per unità di sforzo, questo valore può essere espresso in numero di individui N o peso, ad es. in Fig. 48 N/1000 ami). Negli ultimi 30 anni in Mar Ligure si è potuto osservare che all'aumentare dello sforzo di pesca si osservava di conseguenza una riduzione delle catture per unità di sforzo (Fig. 48). A partire dagli anni 2000 c'è stata una massiccia riduzione dello sforzo di pesca nei confronti di questa specie e le catture per unità di sforzo sono in aumento, a testimonianza del fatto che la popolazione sia in ripresa. La riduzione dello sforzo di pesca nei confronti delle verdesche è dovuta principalmente a due motivi: da una parte i pescatori non tengono più a bordo questi animali quando vi si imbattono per via delle normative GFCM in vigore, dall'altra con l'introduzione del palangaro mesopelagico anche le catture accidentali si sono sensibilmente ridotte.

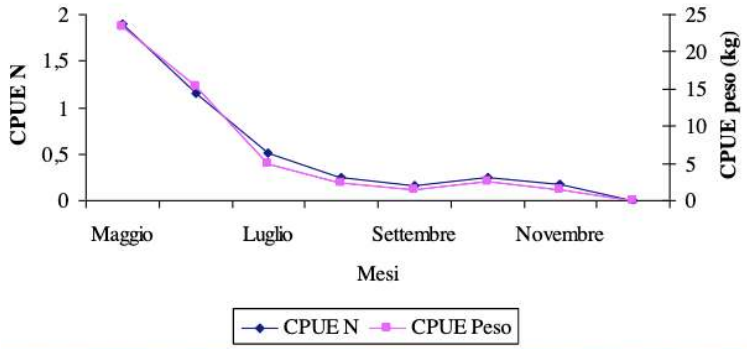


Fig. 47 | catture stagionali di *P. glauca* in Mar Ligure.

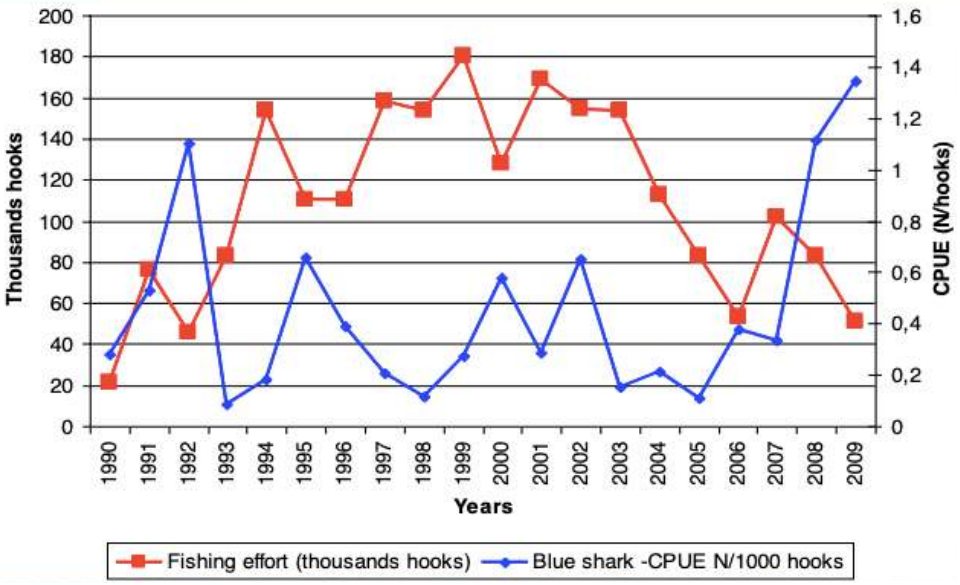


Fig. 48 | confronto tra sforzo di pesca (in migliaia di ami) e CPUE (in N/1000 ami) per *P. glauca* in Mar Ligure dal 1990 al 2009.

Taglia: Dai dati delle catture di *P. glauca* effettuate in Mar Ligure col palangaro di superficie tra il 1990 e il 2009 emerge che la taglia minima osservata è di 52 cm, la taglia massima osservata di 304 cm (anche se bisogna considerare che gli esemplari più grossi riescono a liberarsi più facilmente dall'amo) e una taglia media di 140,1 cm. In generale sembra che le femmine siano leggermente più grandi rispetto ai maschi e, stando ai dati relativi alle catture, sembrerebbero essere leggermente più abbondanti dei maschi nelle popolazioni (sex ratio: 1.3:1).

(a)

	N	Max. size	Min. size	Av. Size
Females	159	304cm	59cm	128,7cm
Males	122	268cm	52cm	131,5cm

(b)

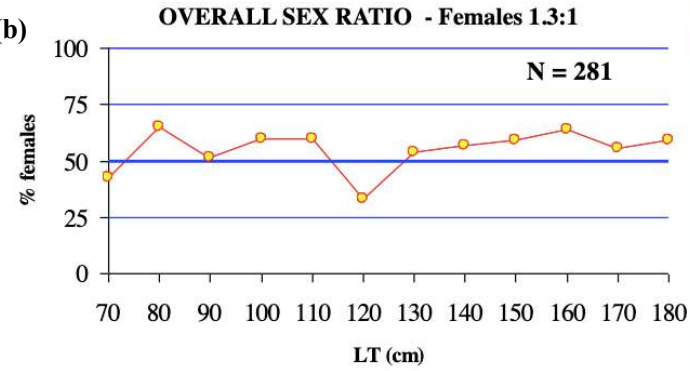


Fig. 49 | tabella delle taglie minima, massima e media di *P. glauca* in Mar Ligure dal 1990 al 2009 ripartite per sesso (a); sex ratio della lievemente sbilanciata in favore delle femmine (b).

Accrescimento: Dalle curve di crescita di questo animale reperibili in letteratura si osserva che la taglia media è raggiunta all'incirca a 3 anni (molto velocemente). La determinazione dell'età degli esemplari in questa specie si effettua mediante lettura delle bande di crescita sulle vertebre. Dal confronto tra curve di crescita di popolazioni atlantiche e mediterranee è emersa una notevole omogeneità. Viene detta ogiva di maturità la relazione logistica tra la percentuale di individui sessualmente maturi e la lunghezza totale del corpo, questa può essere calcolata separatamente per i maschi e per le femmine. Viene detto L50 il parametro che descrive la lunghezza a cui almeno il 50% degli esemplari considerati risulta sessualmente maturo. Confrontando i dati di L50 rilevati per le popolazioni mediterranee di verdesca con quelli relativi all'età di raggiungimento della maturità sessuale ricavati dalle loro curve di crescita, si può osservare che questi squali hanno un valore di prima maturità sessuale molto basso, quindi maturano sessualmente molto presto. Questo aspetto è particolarmente importante ai fini della loro conservazione e della gestione degli stock.

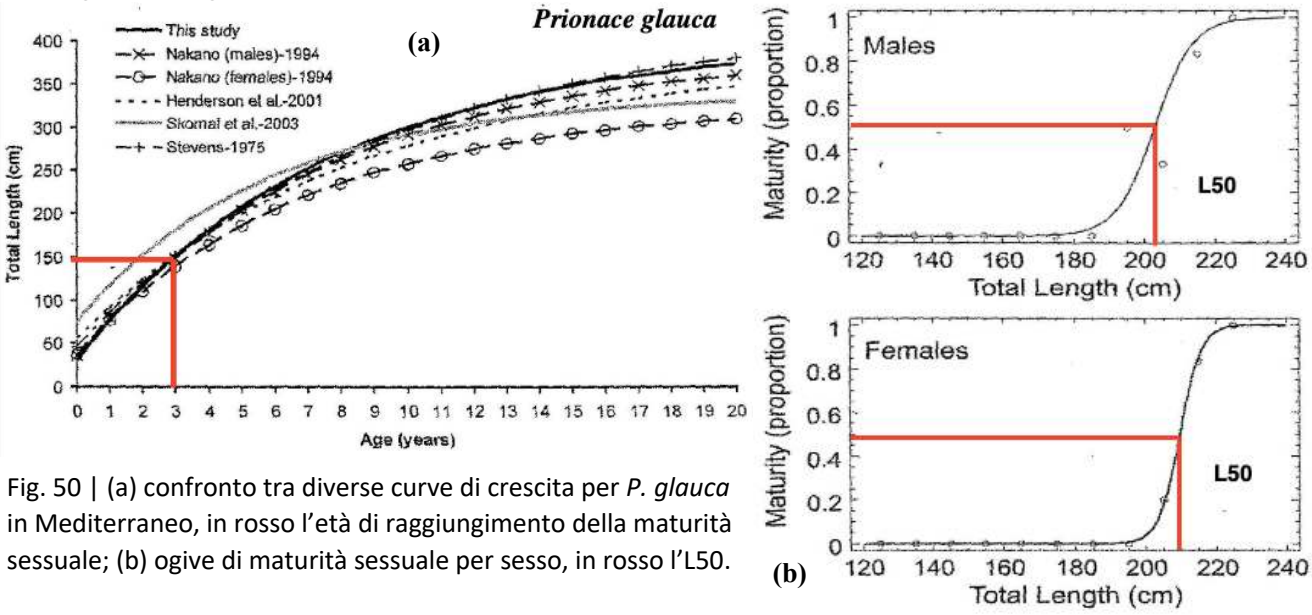


Fig. 50 | (a) confronto tra diverse curve di crescita per *P. glauca* in Mediterraneo, in rosso l'età di raggiungimento della maturità sessuale; (b) ogive di maturità sessuale per sesso, in rosso l'L50.

Riproduzione: Tra gli aspetti salienti della riproduzione della verdesca, ce ne sono alcuni particolarmente importanti che permettono di comprendere le fluttuazioni di abbondanza delle popolazioni di questa specie:

1) Il fatto che le verdesche raggiungono abbastanza presto la maturità sessuale;
2) L'elevata fertilità di questa specie rappresenta un'eccezione tra gli elasmobranchi, il numero di piccoli generati per femmina è compreso mediamente tra i 30 e i 50, in casi eccezionali può arrivare fino a oltre 100;
3) Le verdesche non hanno delle vere e proprie aree di *nursery*, ma partoriscono dove capita (anche se in Adriatico sono stati trovati molti piccoli).

Questi aspetti aumentano la resilienza della specie e spiegano come mai la popolazione di verdesca in Mar Ligure si sia ripresa così rapidamente dopo il calo degli anni '70.

Alimentazione: L'alimentazione di questa specie è molto varia, basata fondamentalmente su cefalopodi ammoniacali della famiglia Histioteuthidae, ma dall'analisi dei contenuti gastrici è emersa la presenza nella dieta anche di crostacei, pesci, cetacei, uccelli marini, etc. Questo evidenzia un comportamento da animale "spazzino", che mangia un po' tutto quello che trova sul suo cammino. Per quanto riguarda il consumo di cefalopodi dall'analisi dei contenuti gastrici è emerso che la verdesca predilige cefalopodi ammoniacali rispetto a quelli muscolari, quindi non ama le specie di interesse commerciale. Si è provato a vedere se esistesse qualche

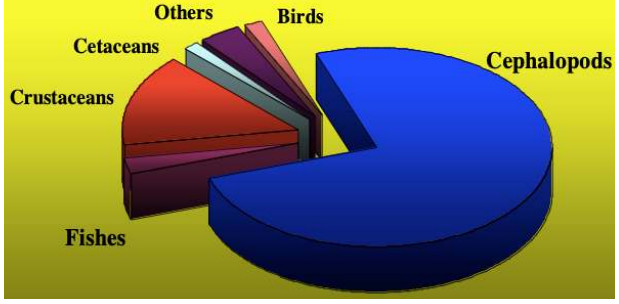


Fig. 51 | ripartizione della dieta di *P. glauca* in Mar Ligure, dall'analisi dei contenuti gastrici.

correlazione tra le dimensioni dei cefalopodi assunti e quelle del predatore (in generale i cefalopodi di maggiori dimensioni si trovano a maggiori profondità, più difficilmente raggiungibili da verdesche di piccole dimensioni), ma anche nei contenuti gastrici di verdesche più piccole si è osservata la presenza di grandi cefalopodi. Questo fenomeno può essere spiegato col fatto che i cefalopodi di profondità quando muoiono vanno incontro a degenerazione gelatinosa e risalgono a galla, le verdesche essendo animali spazzini quando li trovano se ne cibano. Sono stati documentati casi di predazione su grandi pelagici come tonni, è difficile immaginare che una verdesca possa competere in velocità con questi animali, in tal caso la dinamica prevede l'attacco da parte della verdesca a tonni già attaccati all'amo dei palangari mesopelagici. Sono stati documentati casi di consumo di piccoli cetacei, tuttavia si tratta nella maggior parte dei casi di predazione indiretta su carcasse o animali già debilitati per altri motivi. Talvolta nei contenuti gastrici compaiono anche tracce di una dieta parzialmente vegetariana (es. scarti vegetali rilasciati dalle cucine delle navi), perfettamente in linea con il comportamento di animali spazzini.

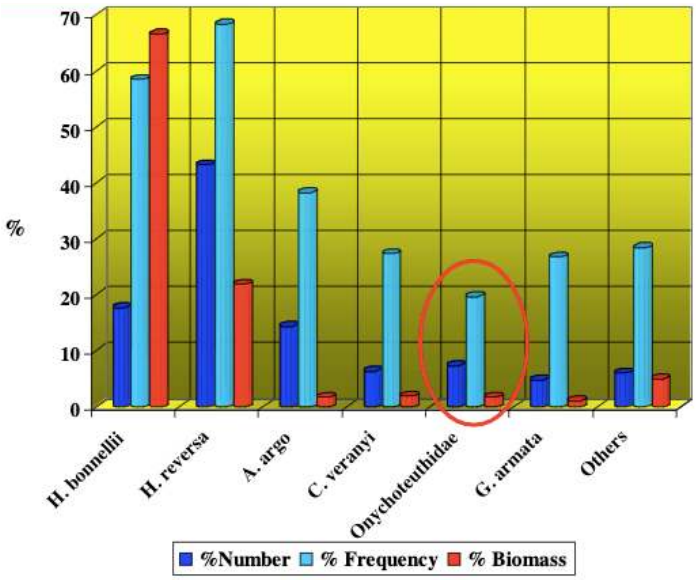


Fig. 52 | cefalopodi consumati da *P. glauca*, non ci sono cefalopodi muscolari, eccetto gli Onychoteuthidae.

Migrazioni verticali: Le verdesche si spostano verticalmente in colonna d'acqua, in generale la notte tendono a rimanere più in superficie, mentre di giorno scendono a maggiori profondità. La profondità massima a cui arrivano è di circa 600 m, questo significa che vanno ad alimentarsi nelle acque levantine intermedie (LIW). Eccezionalmente sono stati osservati esemplari raggiungere profondità anche di 1500 m. Recentemente è avanzata l'ipotesi che i pattern di migrazione verticale possano variare anche a seconda delle fasi lunari.

Migrazioni orizzontali: Per quanto riguarda gli spostamenti orizzontali delle verdesche, sono state osservate migrazioni dalle coste degli USA fino a quelle africane e allo Stretto di Gibilterra. In Mediterraneo gli spostamenti di questi animali all'interno del bacino vengono monitorati principalmente con spaghetti-tag e tag satellitari. L'IFREMER ha fatto partire nel 2012 un programma di monitoraggio delle verdesche mediante spot-tag, condotto su 25 esemplari, che ha permesso di trarre alcune importanti conclusioni:

- Nessun individuo è uscito in Atlantico;
- Pochi esemplari sono andati nel Mediterraneo orientale;
- È stata evidenziata un'importante relazione tra le aree del Golfo del Leone-Baleari e Golfo del Leone-Mar Ligure.

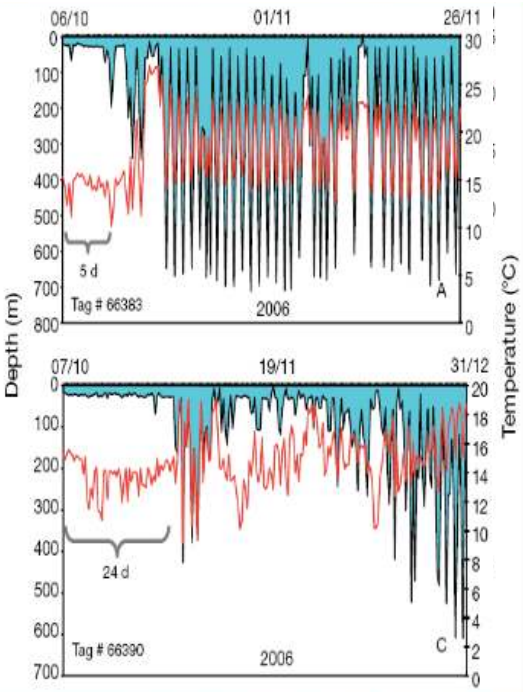


Fig. 53 | profili di immersione di *P. glauca* nell'arco di un mese.

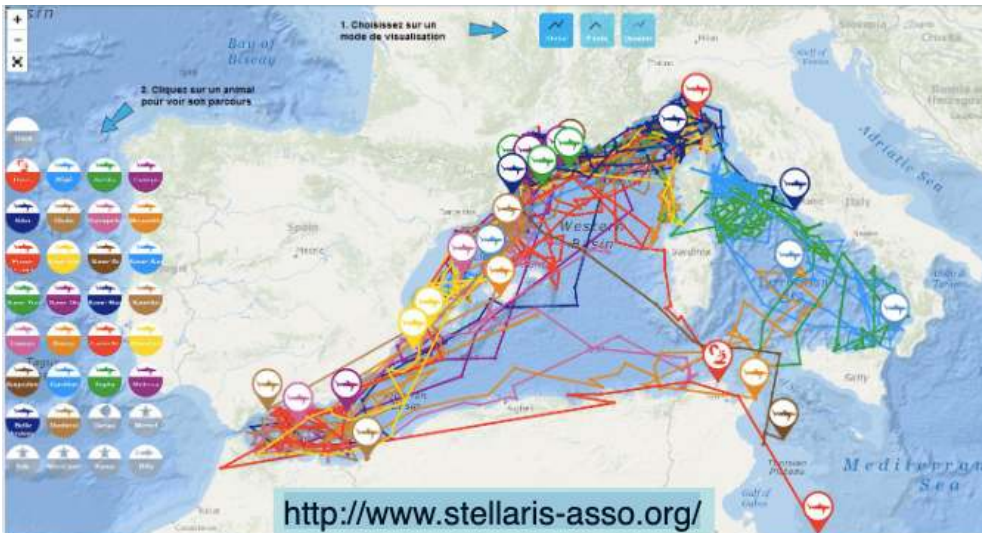


Fig. 54 | risultati del programma di monitoraggio condotto dall'IFREMER.

Utilizzo dei tag per il monitoraggio dei grandi pelagici

I tag sono sistemi che prevedono la marcatura fisica degli esemplari da monitorare. Esistono diverse tipologie di tag, da quelli più semplici che sono pezzetti di plastica o gomma con sopra stampate tutte le informazioni e costo ridotto a sistemi più complessi e molto costosi con circuiti all'interno che comunicano con i satelliti, funzionano con il GPS e rilevano la posizione dell'animale. Questi strumenti permettono di rilevare sia gli spostamenti verticali che quelli orizzontali dei grandi pelagici e da questi di risalire a tutta una serie di altre informazioni sul comportamento e la biologia di questi animali. I principali sistemi di tag usati per il monitoraggio dei grandi pelagici liguri sono:

- **Spaghetti-tag**: tubicini di materiale plastico che vengono inseriti nella carne degli animali attraverso delle apposite pistole, hanno stampato sopra un codice identificativo e un numero da contattare in caso di ricattura dell'animale; i costi di questi tag sono bassissimi, ma una volta impiantati è molto difficile recuperarli e funzionano solo se l'individuo marcato dopo un po' di tempo può essere recuperato; vengono utilizzati durante le campagne di cattura-marcatura-ricattura; le informazioni che si portano a casa con questo sistema sono minime: il luogo in cui l'esemplare è stato catturato per la prima marcatura e il luogo in cui è stato ricatturato per il recupero del tag, inoltre quando l'animale viene recuperato è possibile misurarlo e confrontare i dati con quelli della cattura precedente per valutarne il tasso di crescita.
- **Tag satellitari**: sono anche detti *archival tags*, perché sono in grado di archiviare i dati acquisiti in attesa di comunicarli al satellite; hanno una serie di componenti tra cui un'antenna che comunica col satellite, un corpo centrale che contiene i vari sensori (che registrano vari parametri tra cui T, profondità, luminosità), un algoritmo calcola in base alla profondità a cui si trova l'animale le coordinate geografiche, una punta di attacco che viene inserita nella carne dell'animale; questi strumenti hanno un'autonomia di 365 giorni, dopodiché si staccano, questo è reso possibile da un particolare meccanismo per cui la batteria manda un impulso elettrico ad una pastiglia di Mg che si trova alla base del corpo dello strumento, in questo modo la punta si stacca e il tag torna in superficie, a questo punto può trasmettere i dati acquisiti al satellite attraverso l'antenna; gli apparecchi utilizzati nei programmi di monitoraggio in Mar Ligure sono prodotti dalla ditta americana Wildlife Computers e hanno dei costi elevati: il solo strumento ha un costo di 4500$ (a questo si devono aggiungere poi i costi di uscita in barca, manodopera, etc., marcare un singolo esemplare può arrivare a costare nel complesso fino 6500$). Questi tag sono stati applicati sugli squali in Mediterraneo soprattutto per cercare di capire la percentuale di sopravvivenza dopo la cattura, infatti i tag sono dotati di sensori di morte che determinano il distacco dell'apparecchio quando l'animale è morto; i tag vengono infatti settati in maniera tale che se per più di 24 o 48 ore di fila il sensore registra sempre la stessa profondità (vuol dire che l'animale è morto) il sensore si stacchi. Questo tipo di studi ha permesso di dimostrare ai pescatori che quando vengono pescati accidentalmente questi animali, se rilasciati sopravvivono, è pertanto meglio rilasciarli, altrimenti i pescatori sarebbero tentali di tenerli a bordo ed eventualmente commercializzarli.

- **Spot-tag**: si tratta di tag che non registrano dati, ma vengono imbullonati sulla pinna dorsale degli animali e ogni volta che l'animale esce dall'acqua, viene mandato un segnale al satellite; si tratta di una strumentazione meno costosa rispetto agli *archival tag*, utile per tracciare gli spostamenti orizzontali dei grandi pelagici, soprattutto a livello di bacino; una possibile problematica relativa all'utilizzo degli spot-tag riguarda il fatto che spesso la pinna a cui vengono legati può andare in necrosi e quindi compromettere la fitness dell'animale e determinare la perdita dello strumento.

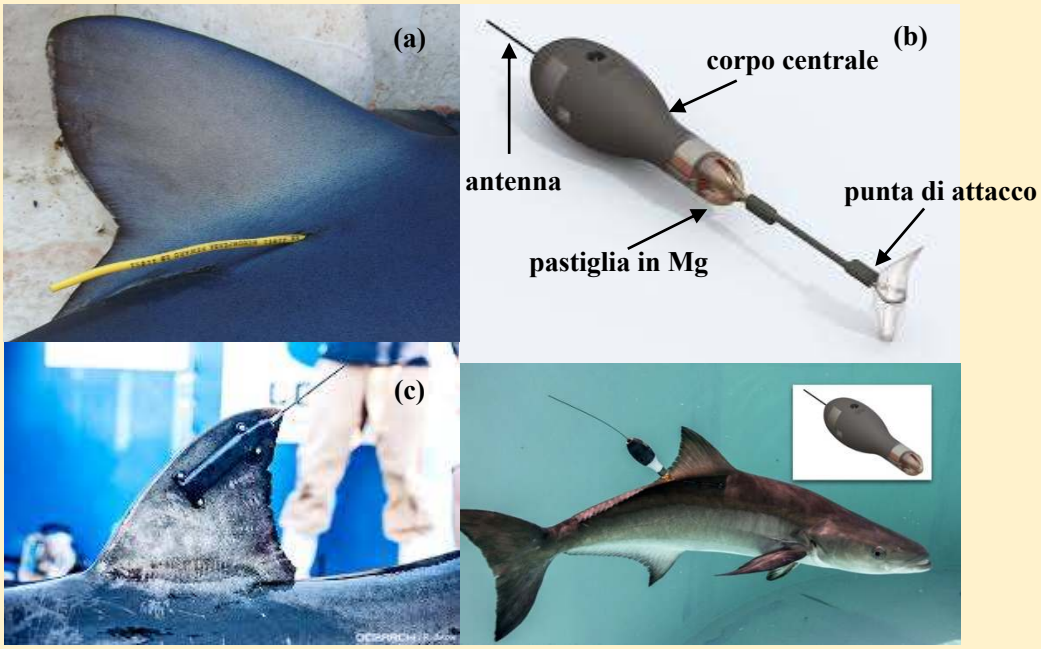


Fig. 55 | (a) spaghetti-tag; (b) componenti di un tag satellitare prodotto dalla Wildlife Computers e applicazione su un animale; (c) spot-tag applicato sulla pinna dorsale di uno squalo.

Interazioni con altre specie: Sono stati documentati casi di interazioni pericolose e talvolta letali tra verdesca e pesce spada. Il motivo degli attacchi da parte del pesce spada è sconosciuto, tuttavia in più casi si è potuta osservare una notevole precisione nella mira dei fendenti sferrati dal pesce spada, che sono diretti alla cavità cerebrale della verdesca, arrivano tutti in diagonale da davanti verso l'interno.

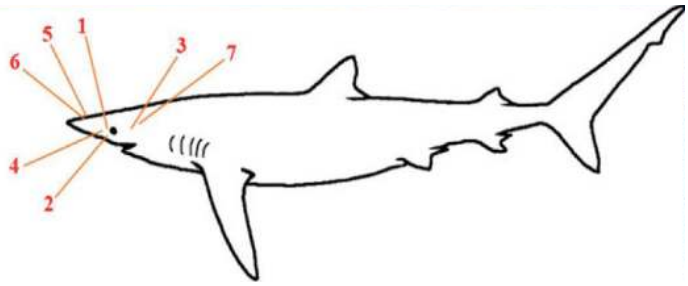
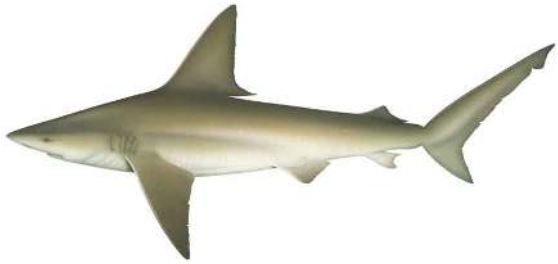


Fig. 56 | schema dei colpi di rostro ricevuti da una verdesca ritrovata spiaggiata in Sicilia, tutti diretti alla cavità cerebrale.

Impatti: Essendo animali spazzini le verdesche, inevitabilmente si imbattono anche nei rifiuti plastici che galleggiano in mare. Nei contenuti gastrici sono state trovate elevate percentuali di plastiche, soprattutto meso-plastiche (in particolare se messe a confronto con quelle rinvenute nei contenuti gastrici di altre specie non spazzine). I rifiuti plastici in mare possono causare anche altri tipi di danno a questa specie, in particolare gli anelli delle bottigliette galleggianti possono essere pericolosi quando i piccoli vi si imbattono, e possono portare a deformazioni e nel peggiore dei casi mutilazioni dell'animale.

Genetica di popolazione: Le deboli ma significative differenze tra le popolazioni di verdesche mediterranee e quella del vicino nord-est Atlantico hanno rivelato una struttura filogenetica complessa, che sembra rigettare l'assunzione di un fenomeno di panmissia all'interno dell'intera area di studio, ma al contempo supporta l'idea che ci possa essere un certo grado di connettività tra le popolazioni attraverso lo Stretto di Gibilterra, a dispetto della mancanza di evidenza di movimenti migratori osservati dai dati ottenuti con tagging. Le analisi della struttura genetica spaziale delle popolazioni in relazione alla sex-ratio e alla taglia potrebbero indicare qualche livello di comportamento migratorio basato sul sesso o sullo stadio vitale.

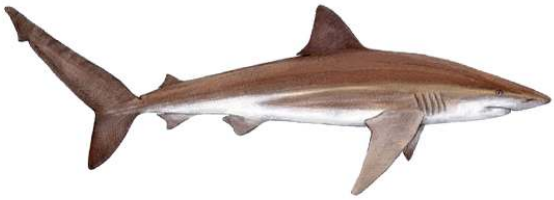
***Carcharinus plumbeus* – squalo grigio**



Nome scientifico:	*Carcharinus plumbeus* (Nardo, 1827)
Classificazione:	
Ordine	Carchariniformes
Famiglia	Carcharinidae
Genere	*Carcharinus*
Specie	*C. plumbeus*

Dopo *Prionace glauca* è il Carcarinide più diffuso in Mediterraneo, presente soprattutto nei mari meridionali (soprattutto in prossimità delle isole di Linosa, Lampione, Lampedusa), lungo le coste turche e in Adriatico, occasionale nel Santuario. La presenza di questa specie è concentrata soprattutto in alcune aree perché, a differenza della verdesca ha delle aree di nursery.

***Carcharinus brachyurus* – squalo ramato**



Nome scientifico:	*Carcharinus brachyurus* (Gunther, 1870)
Classificazione:	
Ordine	Carchariniformes
Famiglia	Carcharinidae
Genere	*Carcharinus*
Specie	*C. brachyurus*

Presente lungo le coste nordafricane, abbastanza raro nel Santuario, ci sono state solamente 2 segnalazioni (Camogli, 16 dicembre 1906, mandibola conservata nel museo di Zoologia; Coste della Toscana, 1989).

***Carcharinus falciformis* – squalo sericeo**



Nome scientifico:	*Carcharinus falciformis* (Muller & Henle, 1839)
Classificazione:	
Ordine	Carchariniformes
Famiglia	Carcharinidae
Genere	*Carcharinus*
Specie	*C. falciformis*

È stato catturato un solo esemplare nel Santuario, nel settembre 2001 a Sanremo, si è trattato della prima segnalazione in acque italiane e del reperto più settentrionale del Mediterraneo. Molto difficile da distinguere da *C. brachyurus*.

***Alopias vulpinus* – squalo volpe**



Nome scientifico:	*Alopias vulpinus* (Bonnaterre, 1788)
Classificazione:	
Ordine	Lamniformes
Famiglia	Alopiidae
Genere	*Alopias*
Specie	*A. vulpinus*

Catture: Dal punto di vista conservazionistico questa specie non è strettamente protetta da nessuna legge in Mediterraneo, non è inserita negli allegati della Convenzione di Barcellona. Non si può praticare pesca diretta, ma se catturata accidentalmente può essere commercializzata.

Taglia: Lo squalo volpe presenta il lobo superiore della coda fortemente eterocerca molto lungo, flessibile e pesante, generalmente raggiunge la lunghezza dell'intero resto del corpo. Grazie a questa peculiarità questo animale può raggiungere una lunghezza complessiva di 6 metri e un peso di circa 500 kg e rappresenta la specie più grande fra le tre ascritte al genere *Alopias*.

Accrescimento: Dalle curve di crescita di questo animale reperibili in letteratura si osserva che la taglia media è raggiunta all'incirca a 13 anni (molto più lentamente rispetto alla verdesca). La determinazione dell'età degli esemplari in questa specie si effettua mediante lettura delle bande di crescita sulle vertebre. Confrontando i dati di L50 rilevati per maschi (circa 150-180 cm) e femmine (circa 200 cm) nelle popolazioni mediterranee di squalo volpe con quelli relativi all'età di raggiungimento della maturità sessuale ricavanti dalle loro curve di crescita, si può osservare che questi squali hanno un valore di prima maturità sessuale pari a circa 7-8 anni per i maschi e 13-15 anni per le femmine, quindi maturano sessualmente abbastanza tardi, a differenza delle verdesche.

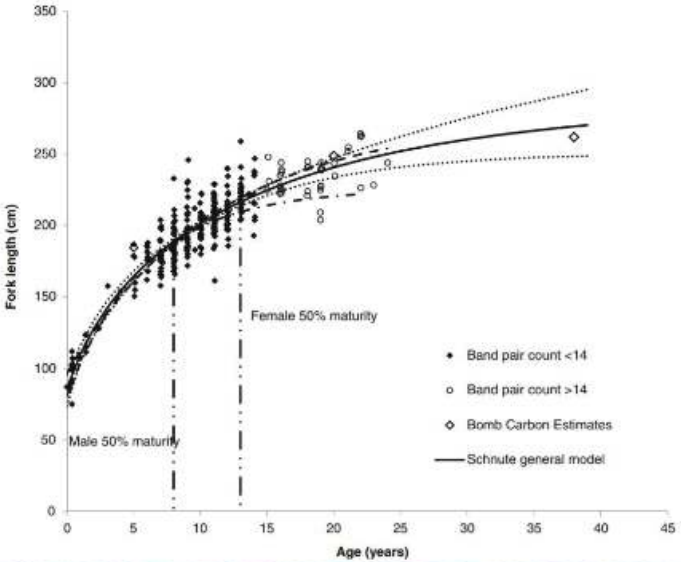


Fig. 57 | curva di crescita di *A. vulpinus* in Mediterraneo con indicati gli L50 per maschi e femmine.

Alimentazione: *A. vulpinus*, utilizza il lungo e pesante lobo superiore della sua coda per sferrare fendenti sui banchi di pesci epipelagici e stordire in questo modo le sue prede, che va successivamente a recuperare. Dall'analisi dei contenuti gastrici è emerso che la componente principale della dieta di questa specie è rappresentata principalmente da una specie appartenente al genere *Engraulis*, una specie di acciuga, e da altri pesci pelagici, abbastanza superficiali e che vivono in banchi.

Migrazioni verticali: Lo squalo volpe è una specie epipelagica, ovvero che non si spinge a grandi profondità, al massimo fino a 200-300 m (a differenza dell'altra specie di Alopiidae presente in Mediterraneo). Il profilo giornaliero di immersione di questo animale è simile a quello visto per la verdesca, ma le massime profondità raggiunte sono minori. In generale la notte tendono a rimanere più in superficie, mentre di giorno scendono a maggiori profondità.

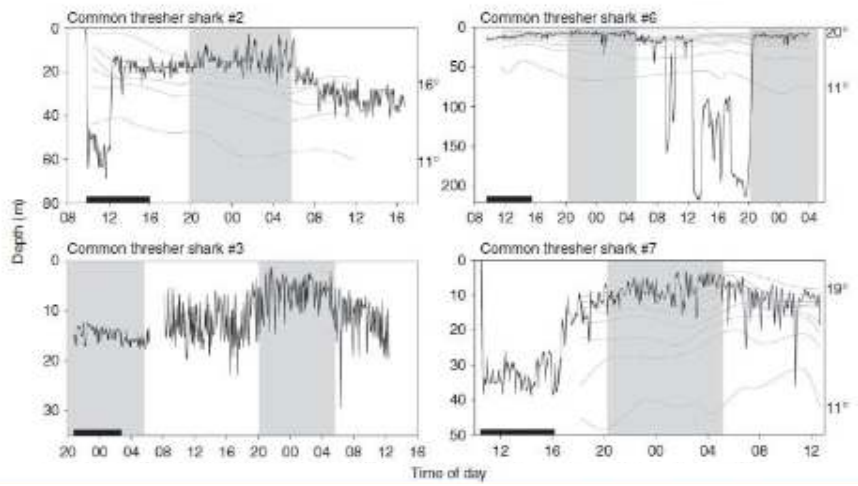


Fig. 58 | profili di immersione giornaliera di diversi esemplari di *A. vulpinus* in Mediterraneo.

***Alopias superciliosus* – squalo volpe occhione**



Nome scientifico:	*Alopias superciliosus* (Lowe, 1840)
Classificazione:	
Ordine	Lamniformes
Famiglia	Alpoiidae
Genere	*Alopias*
Specie	*A. superciliosus*

In Mediterraneo non ne vengono pescati molti, se ne ritrovano più nel Mediterraneo orientale che in quello occidentale. All'interno del Santuario è stato segnalato un solo ritrovamento, nel 2015 a Camogli, si trattava del solo capo di un esemplare femmina con una lunghezza totale stimata di circa 250 cm e un'età stimata di 8 anni. È possibile distinguere questa specie da *A. vulpinus* per via dei grandi occhi che trovano posto in orbite che ne permettono la rotazione verso l'alto e per via della presenza di una particolare struttura posta sopra al cranio costituita da tessuto muscolare.



Fig. 59 | confronto tra la testa di *A. vulpinus* (a sinistra) e quella di *A. superciliosus* (a destra).

Migrazioni verticali: Il profilo di immersione è diverso da quello del cugino *A. vulpinus*, in generale la notte tendono a rimanere più in superficie, mentre di giorno scendono a maggiori profondità, fino a 300-500 m di profondità per cacciare in acque mesopelagiche. Si tratta infatti di una specie specializzata nella vita in acque mesopelagiche e a questo proposito presenta alcuni peculiari adattamenti, tra cui gli occhi molto grossi per vedere meglio in acque dove la luce è scarsa e la presenza di una rete mirabile posta dietro gli occhi, che ha la funzione di mantenere calda la retina, aumentando ulteriormente la capacità visiva dell'animale (convergenza evolutiva con pesce spada e mobula).

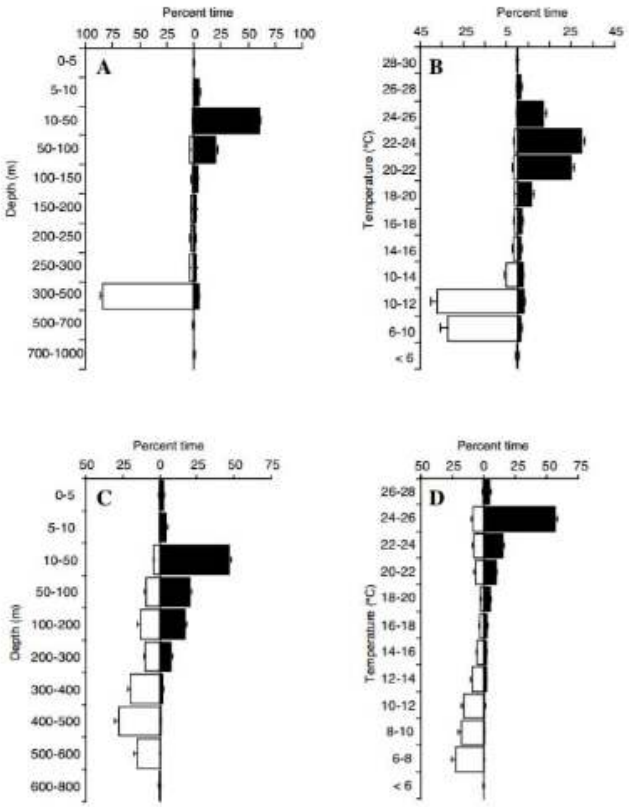


Fig. 60 | percentuale di tempo trascorso alle diverse profondità in *A. superciliosus* (in nero la notte, in bianco il giorno).

Interazioni con altre specie: anche in questo caso sono stati documentati casi di interazioni letali con il pesce spada. Nell'aprile del 2020 è stato trovato sulle coste della Libia un esemplare spiaggiato con ancora il rostro del pesce spada conficcato nella cavità cerebrale.

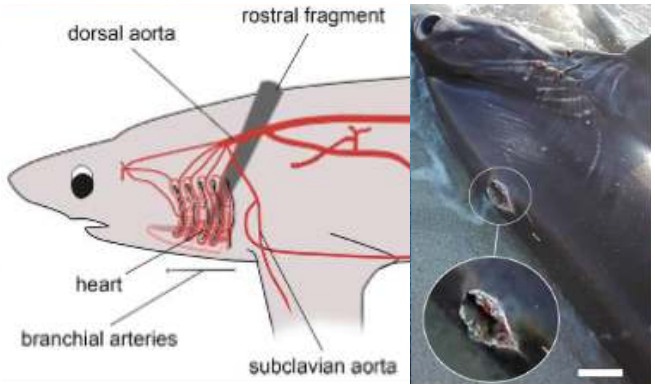


Fig. 61 | ricostruzione della dinamica dell'interazione tra squalo volpe e spada, esemplare trovato in Libia (2020).

Galeorhinus galeus – squalo galeo o cagnesca



Nome scientifico:	*Galeorhinus galeus* (Linnaeus, 1758)
Classificazione:	
Ordine	Carcharhiniformes
Famiglia	Triakidae
Genere	*Galeorhinus*
Specie	*G. galeus*

È una specie sia demersale che pelagica, le catture sono più abbondanti a sud del Mediterraneo e nel bacino occidentale, nel Mar Ligure sono sporadiche. È molto simile nell'aspetto al palombo (*Mustelus* spp.), ma se ne differenzia per alcune caratteristiche: la prima pinna dorsale è più grande della seconda, sulle mandibole sono presenti dei veri e propri denti e non delle placche come nel palombo, e nella coda si forma una sorta di rettangolo tra il lobo superiore e quello inferiore. A differenza del palombo, la cagnesca è una specie protetta, inserita nell'Allegato II della Convenzione di Barcellona, non commercializzabile in Mediterraneo (ma non in Atlantico!).

Migrazioni orizzontali: Alcuni animali marcati lungo le coste dell'Irlanda, Scozia sono stati ritrovati ad alcuni anni di distanza in Mediterraneo.

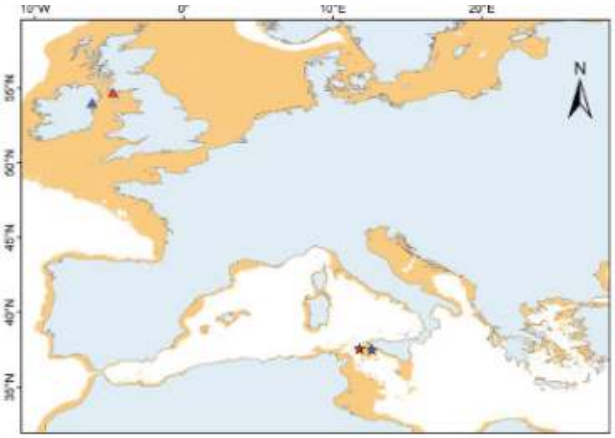


Fig. 62 | migrazioni esterne al bacino di *G. galeus.*

***Sphyrna mokarran* – squalo martello**



Nome scientifico:	*Sphyrna mokarran* (Ruppel, 1837)
Classificazione:	
Ordine	Carchariniformes
Famiglia	Sphyrnidae
Genere	*Sphyrna*
Specie	*S. mokarran*

C'è stata una sola segnalazione della presenza di questa specie in Mediterraneo, è stato pescato un esemplare nella Tonnarella di Camogli nel settembre del 1969.

Fam. Lamnidae – alcune differenze tra le specie della famiglia

Nel Santuario è documentata la presenza di tre specie appartenenti alla famiglia Lamnidae: *Isurus oxyrinchus*, il mako, *Lamna nasus*, lo smeriglio e *Carcharodon carcharias*, lo squalo bianco. Queste tre specie hanno in comune il fatto di essersi adattate alla vita da grandi nuotatori perché predano i grandi pelagici come tonni e pesci spada, pertanto devono essere efficienti nel nuoto veloce almeno quanto loro. A tal proposito hanno sviluppato degli adattamenti volti ad ottimizzare le capacità natatorie, quali:

- Corpo rigido e muso appuntito che conferiscono un assetto più idrodinamico;
- Pinne pettorali grandi e robuste;
- Coda che tende a diventare omocerca;
- Presenza di carene laterali che irrobustiscono il peduncolo caudale aumentandone l'idrodinamicità.

L'identificazione delle specie può risultare non sempre semplice, in particolare può essere difficile distinguere *L. nasus* da *I. oxyrinchus*, molto simili tra loro. Le principali differenze tra le tre specie della famiglia sono:

- I denti sono sempre triangolari, solo in *L. nasus* sono presenti due cuspidi laterali, in *C. carcharias* hanno una forma più lineare e sono seghettati ai bordi e in *I. oxyrinchus* sono più fini.
- La disposizione relativa della pinna anale e della seconda dorsale varia nelle tre specie, in particolare in *L. nasus* l'attaccatura della pinna anale è situata leggermente più avanti rispetto a quella della seconda dorsale, è invece più verso la coda in *I. oxyrinchus* e ancora di più in *C. carcharias*.
- Tutte e tre le specie hanno una carena accessoria sulla coda, solo *L. nasus* ne ha due.

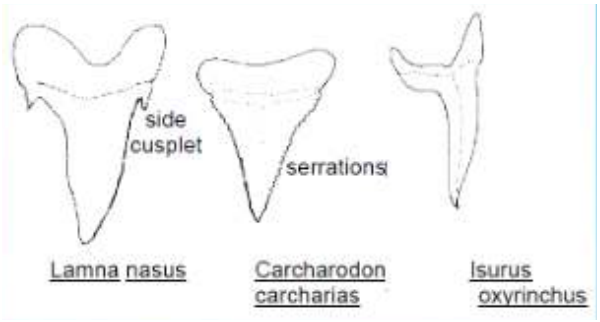


Fig. 63 | differenze tra i denti delle 3 specie di Lamnidae.

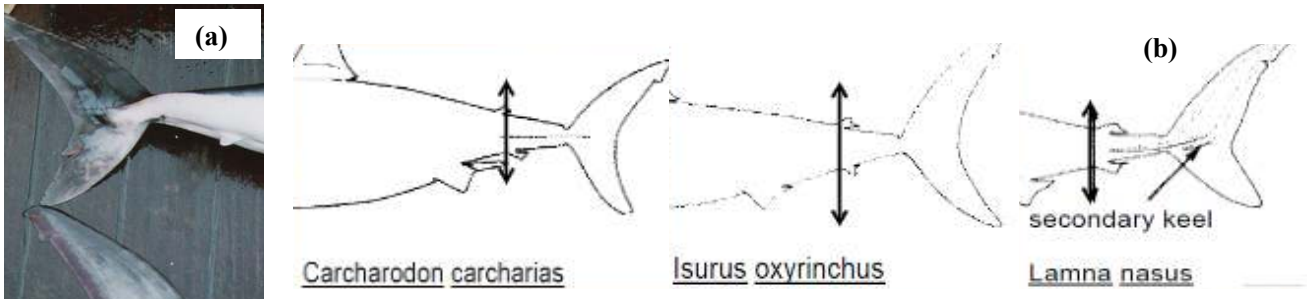


Fig. 64 | (a) differenze tra la coda di *L. nasus* con due carene e quella di *I. oxyrinchus* con una sola; (b) differenze nella disposizione relativa della pinna anale e della seconda dorsale nelle 3 specie.

Caratteri diagnostici di *Lamna nasus* (in confronto con *Isurus oxyrinchus*):

- Lo smeriglio ha il corpo più tozzo mentre nel mako è più slanciato, anche il muso è più corto nello smeriglio e più a punta nel mako;
- Nello smeriglio il margine libero posteriore della pinna dorsale è bianco, mentre è blu nel mako;
- Lo smeriglio ha denti triangolari con cuspidi laterali, nel mako mancano le cuspidi e i denti sono più appuntiti e allungati;
- Lo smeriglio ha due carene accessorie sulla coda, una più piccola, mentre il mako ne ha una sola.

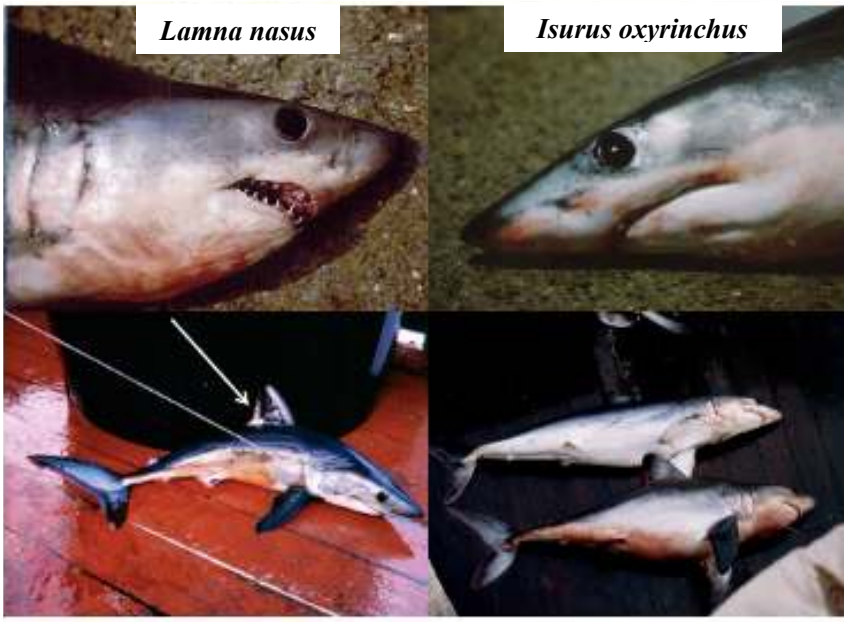


Fig. 65 | principali differenze tra *L. nasus* e *I. oxyrinchus.*

***Isurus oxyrinchus* – squalo mako**



Nome scientifico:	*Isurus oxyrinchus* (Rafinesque, 1810)
Classificazione:	
Ordine	Lamniformes
Famiglia	Lamnidae
Genere	*Isurus*
Specie	*I. oxyrinchus*

Catture: Attualmente questa specie è inserita in Allegato I della Convenzione di Barcellona, non si può praticare pesca diretta, e anche se catturata accidentalmente non può essere messa a bordo. Storicamente le catture di questa specie sono nettamente superiori in Atlantico rispetto che in Mediterraneo (vd. Fig. 40). La carne del mako è molto simile a quella dello smeriglio, anche se quest'ultima ha un valore commerciale superiore, spesso capita che la carne di uno venga spacciata dai pescatori (volontariamente o meno) per quella dell'altro. Lo smeriglio infatti è protetto da prima del mako e i pescatori non distinguendo le due specie, spesso scrivono sulla bolla "smeriglio" e basta, adesso che entrambe le specie godono della stessa protezione non si pone più il problema.

Taglia: Il più grande esemplare pescato in Mar Ligure è stato preso a Cirò Marina e raggiungeva una lunghezza di 390 cm e un peso di 513 kg. In media la lunghezza massima raggiunta da questa specie è di circa 300 cm nei maschi e 400 cm nelle femmine.

Accrescimento: Dalle curve di crescita di questo animale reperibili in letteratura si osserva che la taglia media è raggiunta all'incirca a 15 anni. La determinazione dell'età degli esemplari in questa specie si effettua mediante lettura delle bande di crescita sulle vertebre. Confrontando i dati di L50 rilevati per maschi (circa 200 cm) e femmine (circa 300 cm) nelle popolazioni mediterranee di mako con quelli relativi all'età di raggiungimento della maturità sessuale ricavanti dalle loro curve di crescita, si può osservare che questi squali hanno un valore di prima maturità sessuale pari a circa 8-9 anni per i maschi e 20-22 anni per le femmine, quindi maturano sessualmente molto tardi.

Riproduzione: È stata documentata la presenza sia di adulti (pochi) che di giovani e di subadulti in Mediterraneo, questo fa pensare che il bacino Mediterraneo possa rappresentare un'area di nursery per questa specie. La maggiore cattura di giovani rispetto agli adulti potrebbe essere legata alla selettività dell'attrezzo.

Migrazioni verticali: A differenza degli squali volpe e della verdesca il profilo di immersione non varia significativamente durante la giornata, il tempo speso in acque superficiali o mesopelagiche è simile sia durante il giorno che di notte. La profondità massima raggiunta è di circa 500 m. È possibile individuare una relazione tra gli spostamenti in colonna d'acqua del mako e la temperatura dell'acqua: si è osservato che questi animali tendono a rimanere preferenzialmente in alcune zone a determinate temperature (tra i 22 e i 27°C) e in generale quando le temperature medie dell'acqua sono più basse, tendono a rimanere principalmente in superficie.

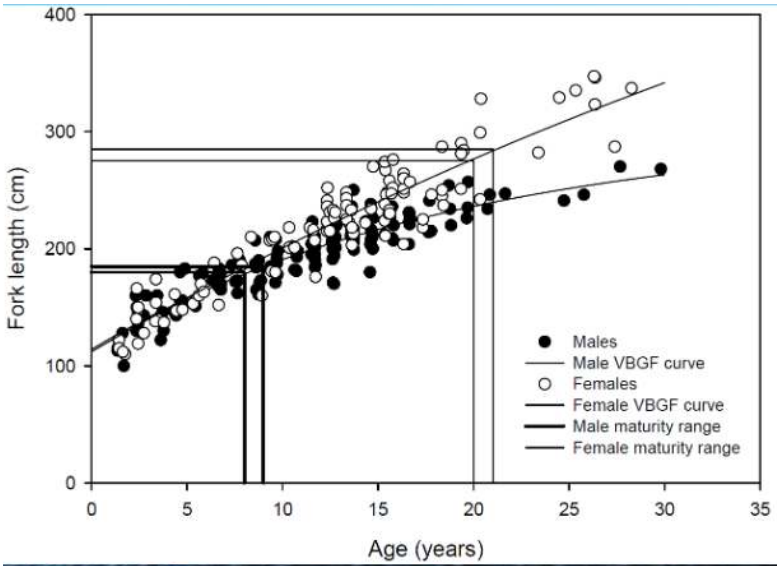


Fig. 66 | curve di crescita per maschi (in nero) e femmine (in bianco) di *I. oxyrinchus* in Mediterraneo, con i relativi L50.

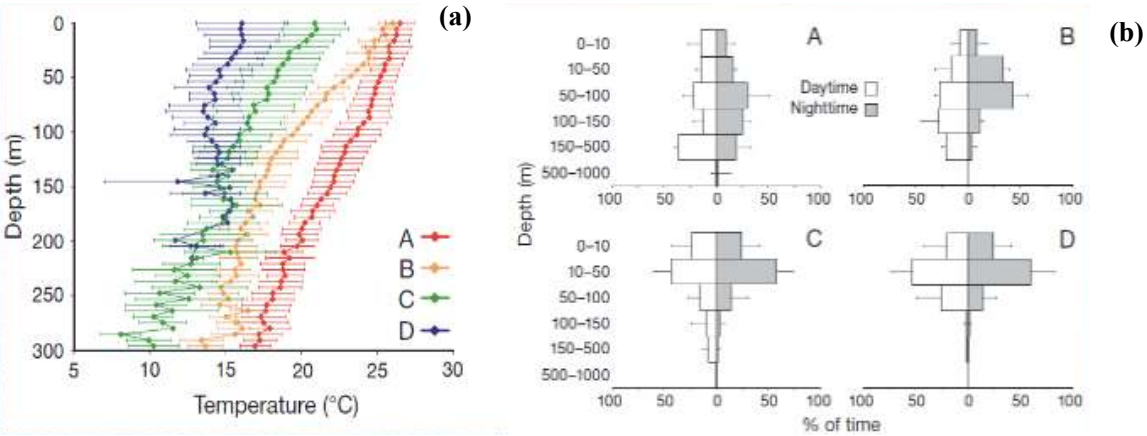
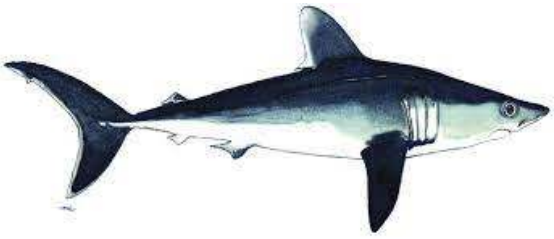


Fig. 67 | Profili di immersione di *I. oxyrinchus* (b) e relazione tra profondità di immersione e temperatura dell'acqua (a).

Alimentazione: La dieta del mako è costituita principalmente da cefalopodi e pesci, sia di superficie che mesopelagici, possono occasionalmente comparire nella dieta anche cetacei, uccelli marini, etc. Generalmente questi squali non sono spazzini ma predatori di vertice opportunisti, quindi è raro che si cibino di carcasse, possono tuttavia compiere delle eccezioni.

Interazioni con altre specie: Anche in questo caso sono state documentate interazioni col pesce spada, in questo caso le possibilità di difendersi e di contrattaccare sono maggiori e talvolta il mako può avere la meglio.

***Lamna nasus* – smeriglio**



Nome scientifico:	*Lamna nasus* (Bonaterre, 1788)
Classificazione:	
Ordine	Lamniformes
Famiglia	Lamnidae
Genere	*Lamna*
Specie	*L. nasus*

Catture: Attualmente questa specie è inserita in Allegato I della Convenzione di Barcellona, non si può praticare pesca diretta, e anche se catturata accidentalmente non può essere messa a bordo. Storicamente le catture di questa specie sono nettamente superiori in Atlantico rispetto che in Mediterraneo (vd. Fig. 40). La carne del mako è molto simile a quella dello smeriglio, anche se quest'ultima ha un valore commerciale superiore, spesso capita che la carne di uno venga spacciata dai pescatori (volontariamente o meno) per quella dell'altro. Lo smeriglio infatti è protetto da prima del mako e i pescatori non distinguendo le due specie, spesso scrivono sulla bolla "smeriglio" e basta, adesso che entrambe le specie godono della stessa protezione non si pone più il problema. Questa specie, come anche il mako, è adattata al nuoto veloce e deve mantenere la sua andatura in acqua abbastanza veloce e costante per ossigenarsi. Per questo se catturati accidentalmente è molto più facile che questi animali non sopravvivano rispetto agli altri.

Taglia: Per via della sua lunghezza che si aggira intorno ai 3,6 m è considerato una delle specie più piccole di Lamnidi. Il peso si attesta solitamente attorno ai 135 kg e può arrivare fino a 230 kg in casi eccezionali.

Accrescimento: Dalle curve di crescita di questo animale reperibili in letteratura si osserva che la taglia media è raggiunta all'incirca a 15 anni. La determinazione dell'età degli esemplari in questa specie si effettua mediante diverse metodologie tra cui la lettura delle bande di crescita sulle vertebre o l'iniezione di OTC nei programmi di cattura-marcatura e ricattura. Quest'ultimo metodo è basato sul fatto che viene iniettata ossitetraciclina (OTC) negli esemplari campionati, questa calcifica nello scheletro, così che quando l'animale viene ricatturato a distanza di anni è possibile valutarne l'accrescimento. La maturità sessuale può essere valutata nelle femmine mediante diversi parametri, tra cui la misura delle dimensioni dell'ovario o della ghiandola oviducale, nei maschi si valuta invece la lunghezza del clasper. Confrontando i dati di L50 rilevati per maschi (circa 200 cm) e femmine (circa 250 cm) nelle popolazioni mediterranee di smeriglio con quelli relativi all'età di raggiungimento della maturità sessuale ricavanti dalle loro curve di crescita, si può osservare che questi squali hanno un valore di prima maturità sessuale pari a circa 10 anni per i maschi e 20 anni per le femmine, quindi maturano sessualmente molto tardi.

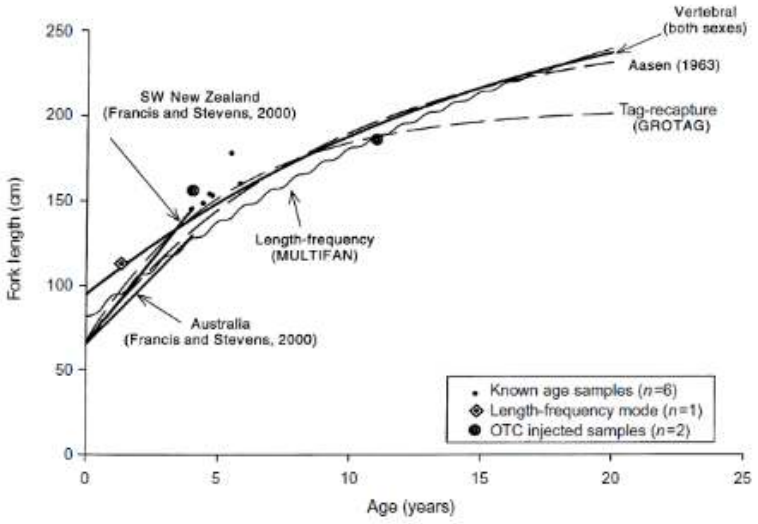


Fig. 68 | curva di crescita di *L. nasus* ricavata applicando diversi metodi, tra cui la lettura delle bande di crescita sulle vertebre e l'iniezione di OTC.

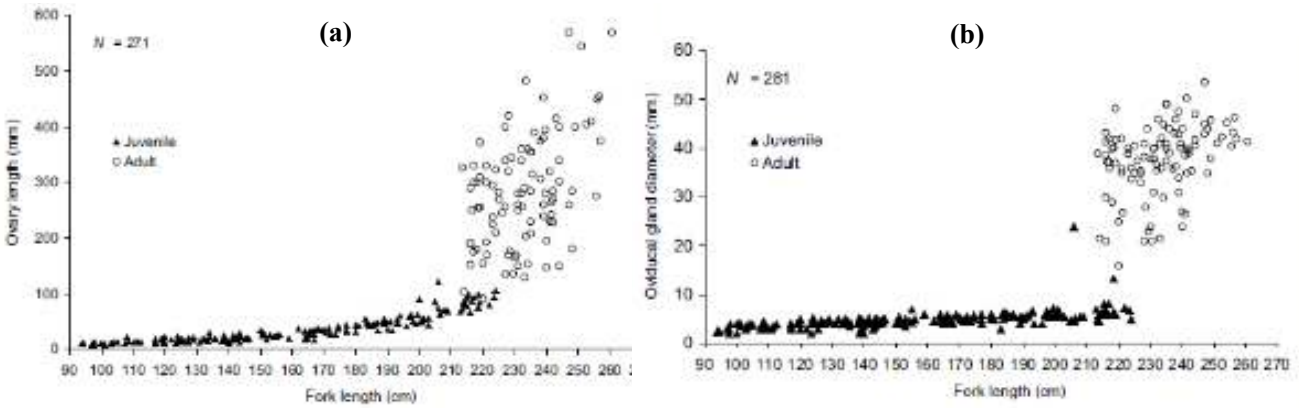


Fig. 69 | valutazione della maturità sessuale nelle femmine di *L. nasus* mediante misura dell'ovario (a) e della ghiandola oviducale (b).

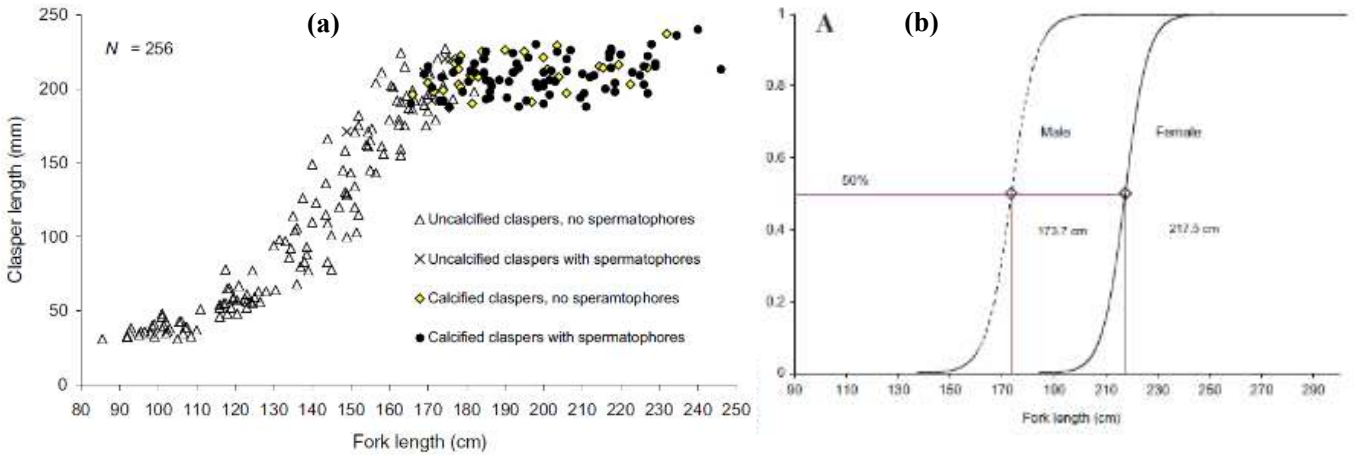


Fig. 70 | valutazione della maturità sessuale nei maschi di *L. nasus* mediante misura del clasper (a) e valutazione dell'L50 in maschi e femmine (b).

Alimentazione: La dieta dello smeriglio risulta più varia rispetto a quella del mako, compaiono più specie costiere dal momento che questi squali frequentano maggiormente le acque costiere.

Migrazioni verticali: Come già visto per il mako, anche in questo caso il profilo di immersione non varia significativamente durante la giornata, il tempo speso in acque superficiali o mesopelagiche è simile sia durante il giorno che di notte. La profondità massima raggiunta è superiore, di circa 600 m, occasionalmente possono spingersi anche oltre.

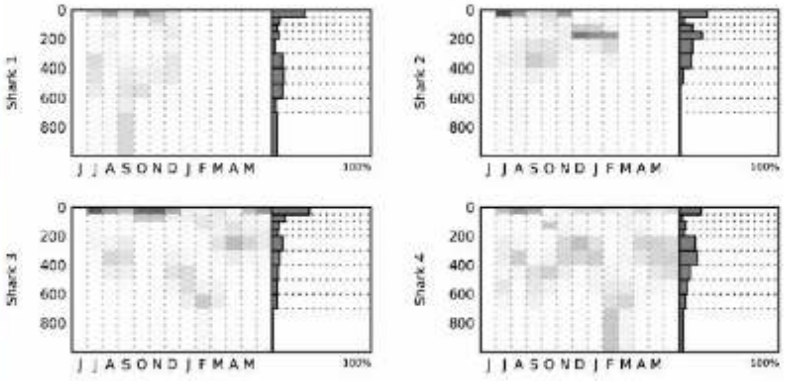


Fig. 71 | profili di immersione di diversi esemplari di *L. nasus.*

Migrazioni orizzontali: Sono stati osservati in questa specie dei pattern ricorrenti di migrazione orizzontale, sembra che a seconda della quantità e del flusso di pesci migratori questi squali siano in grado di cambiare posto a seconda delle stagioni dell'anno. In particolare questi animali si spostano in Atlantico orientale, in prossimità del Golfo di Guascogna, che sfruttano come area di alimentazione.

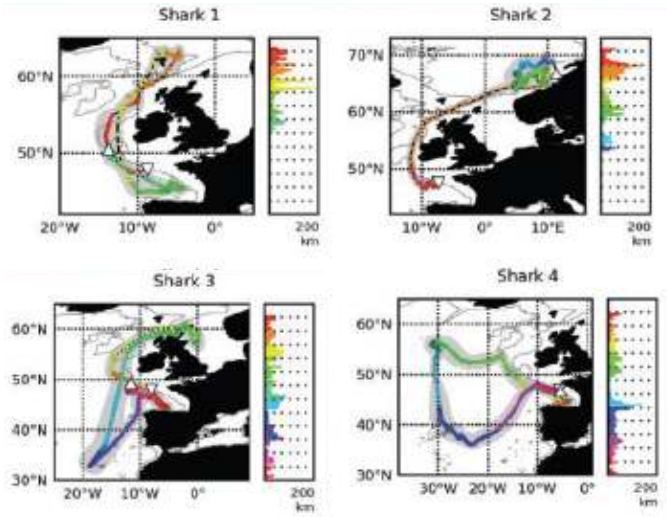


Fig. 72 | rotte migratorie seguite da diversi esemplari di *L. nasus* nel corso dell'anno.

***Carcharodon carcharias* – squalo bianco**



Nome scientifico:	*Carcharodon carcharias* (Linnaeus, 1758)
Classificazione:	
Ordine	Lamniformes
Famiglia	Lamindae
Genere	*Carcharodon*
Specie	*C. carcharias*

Distribuzione: È una specie che gode di un'ampia distribuzione geografica, è diffuso nei mari di tutto il mondo eccetto che a latitudini polari, di conseguenza è abbastanza diffuso anche in Mediterraneo. I principali hot-spot di presenza di questo animale in Mediterraneo sono il canale di Sicilia e l'Adriatico. Si tratta comunque di una specie abbastanza ubiquitaria in Italia, le segnalazioni più recenti sono avvenute nelle località di Baratti, Santa Margherita Ligure, dell'Arcipelago Toscano, di Capraia e in Adriatico. Nel 1954 è stato catturato un esemplare lungo 5,4 m e dal peso di 1500 kg nella Tonnarella di Camogli che è ora conservato al Museo di Storia Naturale di Genova.

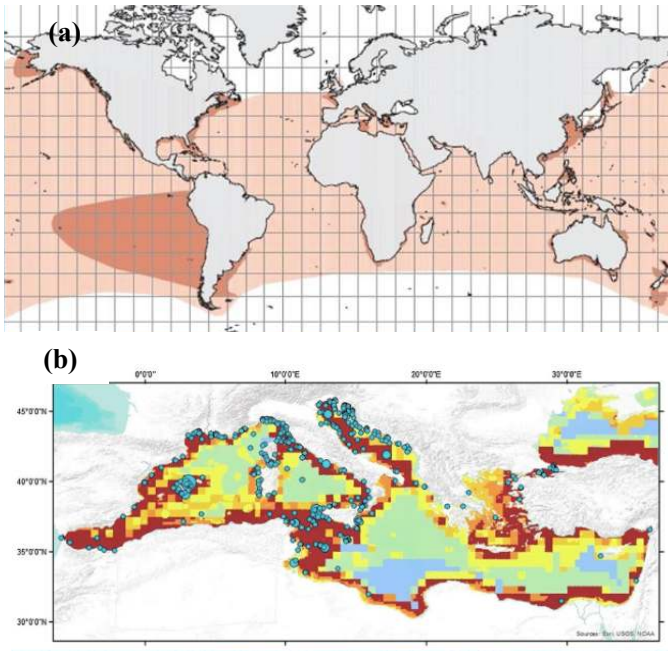


Fig. 73 | (a) distribuzione globale di *C. carcharias* (b) distribuzione in Mediterraneo sulla base delle segnalazioni.



Fig. 74 | foto storica dell'esemplare catturato nella Tonnarella di Camogli.

Taglia: Nei grandi squali bianchi è presente dimorfismo sessuale e le femmine sono generalmente più grandi dei maschi. Nella maggior parte dei casi i maschi misurano in media da 3,4 a 4 m, mentre le femmine da 4,6 a 4,9 m. Gli adulti pesano in media tra 522-771 kg, tuttavia le femmine mature possono raggiungere fino a 1.110 kg. Sono stati documentati casi eccezionali di esemplari lunghi fino a 7 m. Nel 1987 fu pescato al largo delle coste dell'isola di Malta un esemplare di 7,5 m che si è creduto per diverso tempo fosse l'esemplare più grande del mondo, tuttavia in seguito le misure si rivelarono imprecise.

Accrescimento: Dalle curve di crescita di questo animale reperibili in letteratura si osserva che la taglia media è raggiunta all'incirca a 10-15 anni. La determinazione dell'età degli esemplari in questa specie si effettua mediante lettura delle bande di crescita sulle vertebre. Confrontando i dati di L50 rilevati per maschi (circa 350 cm) e femmine (circa 400-450 cm) nelle popolazioni mediterranee di squalo bianco con quelli relativi all'età di raggiungimento della maturità sessuale ricavanti dalle loro curve di crescita, si può osservare che questi squali hanno un valore di prima maturità sessuale pari a circa 25 anni per i maschi e superiore ai 30 anni per le femmine, quindi maturano sessualmente estremamente tardi.

Alimentazione: Lo squalo bianco ha un comportamento alimentare da spazzino, si ciba di tutto ciò che incontra sul suo cammino, vivo o morto che sia. Dall'analisi dei contenuti gastrici di esemplari in Mediterraneo è stata rilevata la presenza di tutte le specie di cetacei presenti nel santuario, pinnipedi (*Monachus monachus*), mammiferi terrestri,

tra cui anche *Homo sapiens*, uccelli marini, tartarughe, pesci, cefalopodi, etc. Sono spesso presenti nei contenuti gastrici di questa specie elevate quantità di materiale di origine antropica, tra cui principalmente macroplastiche, talvolta anche in elevate quantità.

Migrazioni verticali: Gli spostamenti verticali in colonna d'acqua in questa specie non seguono schemi particolari. Il tempo speso in acque superficiali o mesopelagiche è simile sia durante il giorno che di notte. La profondità massima raggiunta è di circa 700 m, occasionalmente possono spingersi anche fino a 1000 m di profondità.

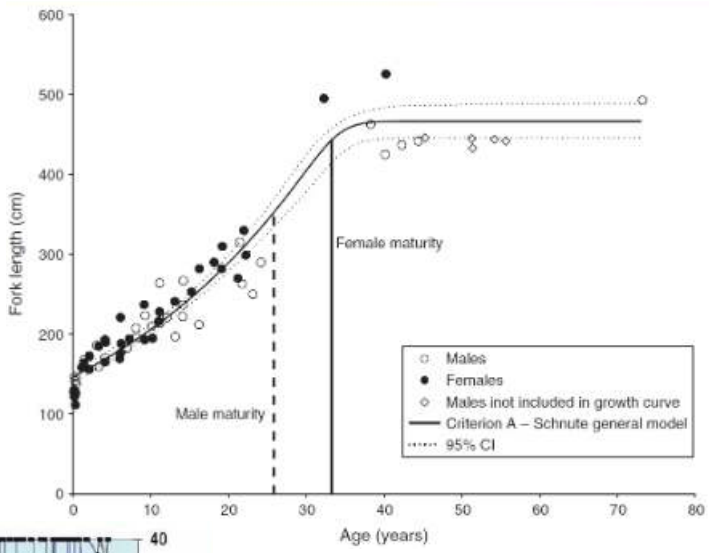


Fig. 75 | curva di crescita e raggiungimento della maturità sessuale in maschi e femmine di *C. carcharias.*

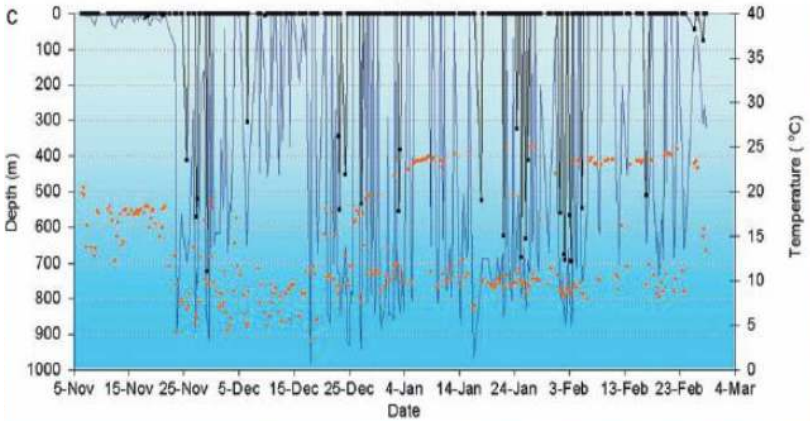


Fig. 76 | spostamenti verticali in colonna d'acqua di *C. carcharias.*

Migrazioni orizzontali: Fino a qualche decennio fa si pensava che gli squali bianchi fossero una specie abbastanza stanziale e costiera. In alcuni siti è stata registrata la presenza di popolazioni stabili, come in Sud Africa vicino alle coste di Dyer Island, questi squali rimanevano legati a queste acque per via della presenza delle grandi colonie di pinnipedi, che andavano a predare, tuttavia ad un certo punto sono completamente scomparsi, probabilmente per via dell'arrivo delle orche, con le quali sono entrati in competizione indiretta e anche diretta, come testimoniato dalle carcasse di alcuni esemplari ritrovate spiaggiate. Con l'introduzione dei tag satellitari per il monitoraggio di questi animali, si è capito che non si tratta di una specie strettamente costiera e sedentaria, ma che tende a rimanere dove le condizioni sono favorevoli e all'occorrenza è in grado di compiere migrazioni non indifferenti. Probabilmente la popolazione di Dyer Island ha dovuto migrare in seguito all'arrivo delle orche. È nota con il nome di "*White Shark Cafè*" una remota area dell'Oceano Pacifico centrale, a metà strada tra la bassa California e le Hawaii, in cui i grandi squali bianchi costieri sembrano recarsi abitualmente nel periodo primaverile-invernale. Quest'area è stata scoperta nel 2002 grazie allo studio di alcuni esemplari con l'utilizzo dei tag satellitari. Gli squali rintracciati nell'area provenivano da diverse colonie lungo la costa nordamericana, molti vi rimangono anche per diversi mesi prima di tornare lungo la costa in autunno in corrispondenza della stagione riproduttiva dell'elefante marino (preda favorita). È tuttora incerto il motivo per cui un gran numero di esemplari provenienti da colonie diverse si riunisca in quest'area in un determinato periodo dell'anno, alcuni ritengono che sia legato all'abbondanza di cibo in quest'area, altri ipotizzano che invece si tratti

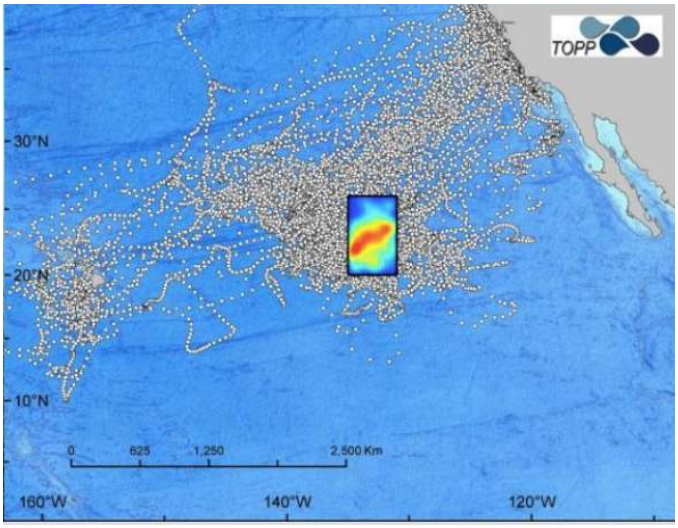


Fig. 77 | segnalazioni mediante tag satellitare nel *white shark cafè*.

di un'area di accoppiamento o di *nursery*. A cavallo tra il 2003 e il 2004 è stato documentato il singolare caso di una femmina che è stata marcata il 7 novembre 2003 in Sudafrica e in meno di un anno si è recata fino in Australia (presenza segnalata il 12 di febbraio 2004) per poi tornare indietro (nuova segnalazione in Sudafrica il 20 agosto 2004). Questo eccezionale caso di spostamento è stato provato sia dall'uso di tag satellitare che mediante foto-identificazione dell'esemplare. Non sono stati documentati casi di esemplari che sono entrati dall'Atlantico in Mediterraneo e si pensa che la popolazione mediterranea sia stanziale nel bacino. È stato documentato solo un caso nel 2013 di una femmina di squalo bianco marcata sulle coste americane, che si è spinta fino alla dorsale medio-atlantica, facendo ipotizzare una possibile migrazione verso il Mediterraneo, ma poi è tornata indietro.

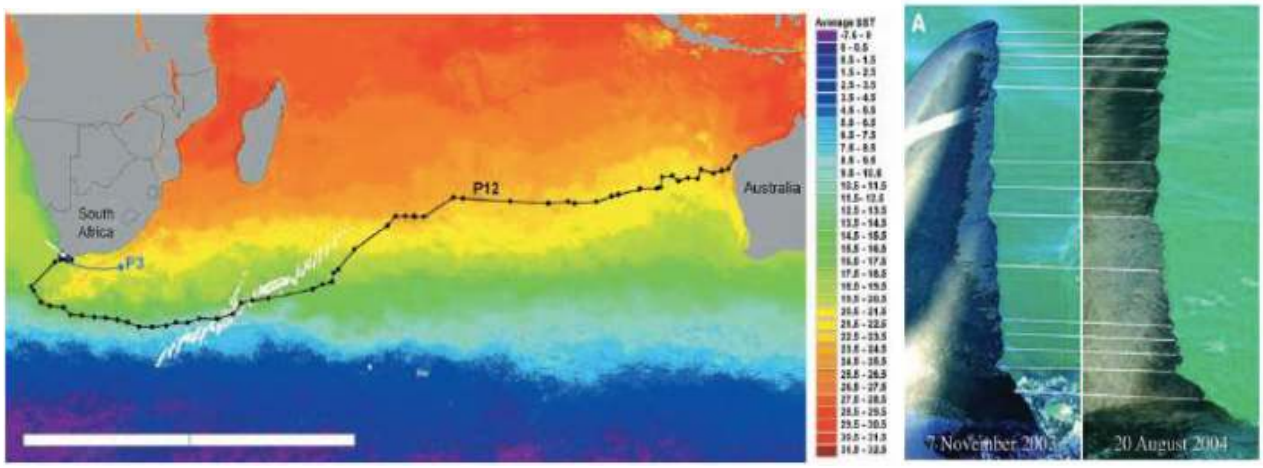


Fig. 78 | (a) rotta seguita dall'esemplare monitorato nel 2003-2004 con tag satellitare; (b) confronto tra i record di foto-identificazione dello stesso esemplare il 7 novembre 2003 e il 20 agosto 2004.

Genetica di popolazione: Dal punto di vista genetico la popolazione del Mediterraneo mostra la minore diversità genetica in assoluto, a riprova della sua recente origine evolutiva e una relazione più stretta tra la popolazione mediterranea e quella australiana - neo zelandese piuttosto che con quelle sud africane e del nord-ovest Atlantico. Quindi la popolazione mediterranea ha avuto origine nel Pliocene, circa 3,23 milioni di anni fa dopo la crisi del Messiniano per via di spostamenti delle paleo-popolazioni del Pacifico, prima della chiusura dell'istmo di Panama. La teoria precedente riportava invece la colonizzazione del Mediterraneo dal Sudafrica come risultato di un errore di navigazione durante l'oscillazione climatica del Quaternario. La situazione delle popolazioni mediterranee di *Carcharodon carcharias* è molti simile a quella di *P. oceanica* nel bacino, a riprova della prima teoria.

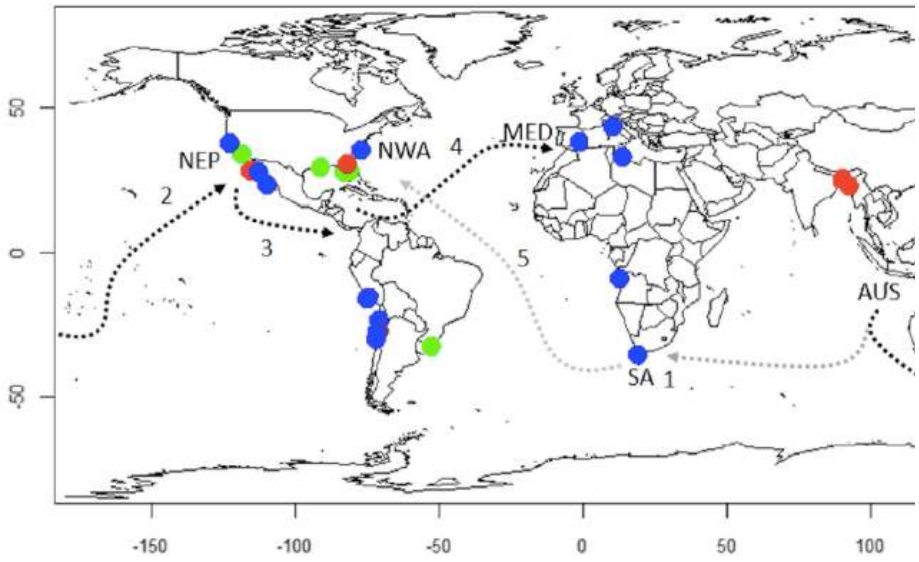


Fig. 79 | rotta migratoria seguita dalla popolazione australiana – neo zelandese prima della chiusura dell'istmo di Panama (linea tratteggiata nera).

***Pteroplatytrygon violacea* – trigone violaceo o pastinaca pelagica**



Nome scientifico:	*Pteroplatytrigon violacea* (Bonaparte, 1832)
Classificazione:	
Ordine	Myliobatiformes
Famiglia	Dasyatidae
Genere	*Pteroplatytrygon*
Specie	*P. violacea*

È l'unico trigone pelagico presente in Mediterraneo. È una specie molto pericolosa perché presenta a livello della coda un aculeo sulla cui pelle sono presenti delle ghiandole mucose che secernono una potente neurotossina proteica (il cui effetto può essere quindi bloccato dal calore), l'aculeo inoltre è seghettato quindi quando penetra nella carne rilascia la neurotossina e quando viene estratto provoca una ferita più grande rispetto a quella provocata al momento dell'ingresso. L'effetto della puntura può essere maggiore o minore a seconda di dove è localizzata la ferita, ma in generale il tessuto tende ad andare velocemente in necrosi, è quindi opportuno intervenire prima possibile.

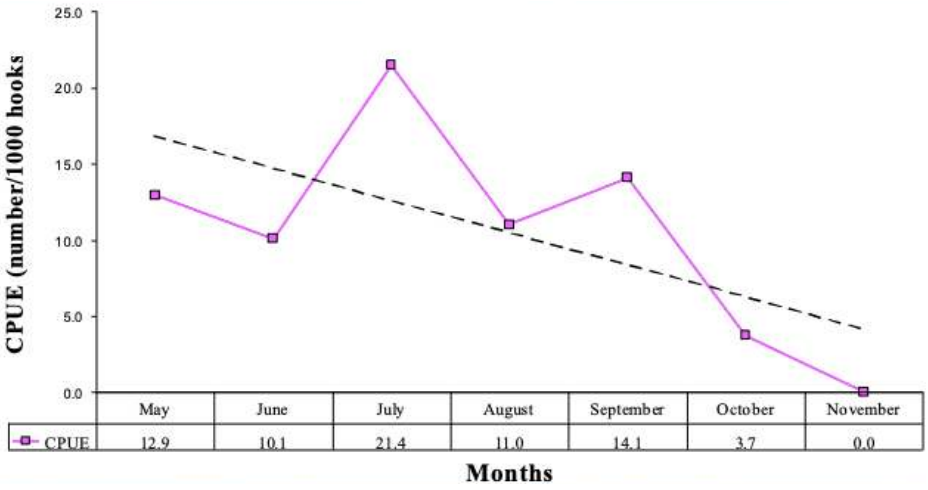


Fig. 80 | catture stagionali di *P. violacea* in Mar Ligure (in CPUE), i dati raccolti fanno fede al periodo compreso tra il 1998 e il 2000.

Catture: Questa specie rappresenta la cattura accessoria più abbondante nella pesca col palangaro di superficie, rappresentando circa il 43.7% delle catture (vd. fig. 46), mentre col palangaro mesopelagico si è ridotta notevolmente la percentuale di catture di questi animali, che rappresenta solo una piccola parte delle catture accessorie (che ammontano circa all'8.6% del totale delle catture). Le catture di questa specie durante l'anno sono concentrate principalmente nel periodo tardo primaverile-estivo, tra i mesi di maggio e settembre, con un picco iniziale nei mesi di maggio e giugno ed una progressiva diminuzione a seguire.

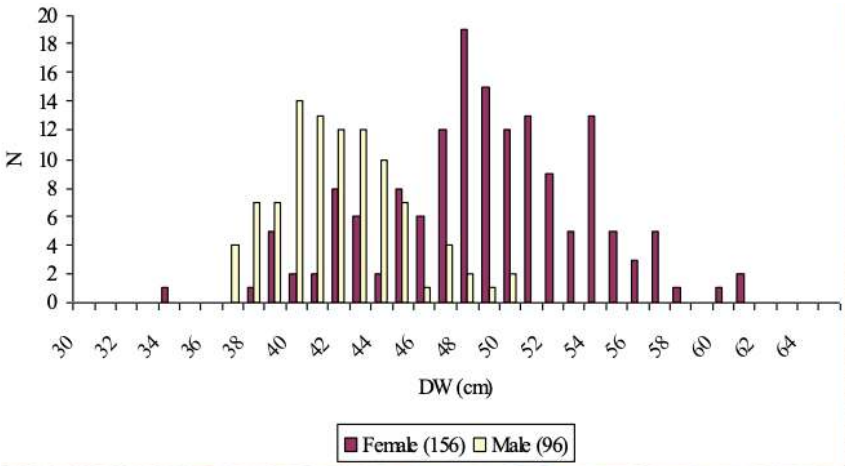


Fig. 81 | distribuzione taglia (espressa in DW) - frequenza di *P. violacea* in Mar Ligure, divisa per sessi.

Taglia: Gli esemplari adulti possono raggiungere i 160 cm di lunghezza (coda compresa) e gli 80 cm di larghezza. Questi animali sono caratterizzati da un corpo di forma discoidale, affusolato con delle larghe pinne pettorali e normalmente per valutare le dimensioni dell'animale si misura la larghezza del disco (*Disc Width – DW*).

Presentano una forma di dimorfismo sessuale dimensionale, con i maschi mediamente più piccoli (DW: 10-12 cm) delle femmine (DW: 14-16 cm).

Accrescimento: Dalle curve di crescita di questo animale reperibili in letteratura si osserva che la taglia media è raggiunta all'incirca attorno ai 4 anni di età. La determinazione dell'età degli esemplari in questa specie si effettua mediante lettura delle bande di crescita sulle vertebre.

Alimentazione: Si nutre di piccoli pesci, calamari, meduse e crostacei pelagici, che spinge verso la bocca servendosi delle pinne pettorali. La bocca è situata in posizione ventrale e dotata di diverse file di denti sia sull'arcata mascellare che su quella mandibolare, questi sono formati da una cuspide appuntita e specializzati per il taglio.

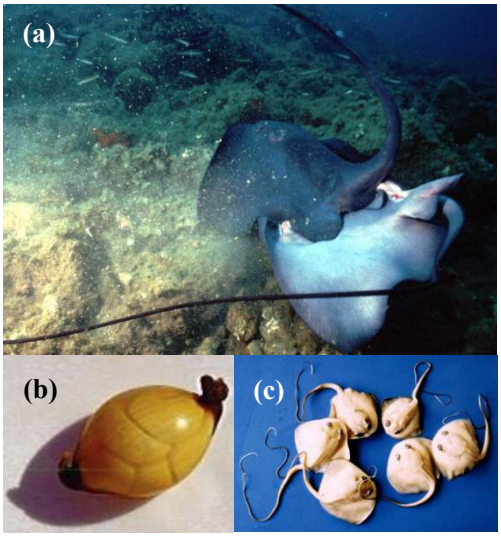


Fig. 82 |atto riproduttivo di *P. violacea* (a); capsula ovigera (b); embrioni appena sviluppati (c).

Riproduzione: Nonostante sia una specie pelagica, spesso la riproduzione e il parto avvengono sotto costa. Non è raro infatti che le femmine che vengono catturate dai tramagli liberino i piccoli nel momento in cui si agitano. È una specie ovovivipara. Nelle femmine all'interno dell'utero vengono prodotte delle capsule ovigere con 4-6 uova, solo l'utero sinistro è funzionale, quello destro no. La fecondazione è interna anche se sono stati osservati casi di partenogenesi in alcune femmine che in acquario da sole hanno dato alla luce fino a 6 cuccioli.

Somniosus rostratus – little sleeper shark



Nome scientifico:	*Somniosusu rostratus* (Risso, 1836)
Classificazione:	
Ordine	Squaliformes
Famiglia	Somniosidae
Genere	*Somniosus*
Specie	*S. rostratus*

Catture: È una specie che in letteratura viene considerata "estremamente rara", in realtà è solamente raramente pescata. Questo è dovuto principalmente al fatto che è una specie bento-pelagica, ovvero pelagica di acque profonde il cui stile di vita ha un'importante relazione col fondale, ma non vive a stretto contatto con esso. Infatti da quando è stato introdotto il palangaro mesopelagico le catture sono aumentate, in particolare le catture di questa specie risultano particolarmente abbondanti in quei casi in cui si rompe un galleggiante del palangaro mesopelagico e gli ami arrivano fino a 1000-1200 m di profondità.

Taglia: Questi squali non superano mai i 143 cm di lunghezza, presentano una forma di dimorfismo sessuale dimensionale, con i maschi mediamente più piccoli delle femmine.

Accrescimento: La determinazione dell'età degli esemplari in questa specie non si riesce ad effettuare mediante lettura delle bande di crescita sulle vertebre, queste non sono leggibili, per questo si ricorre alla datazione mediante radiocarbonio. Sono in corso degli studi per determinare la longevità degli esemplari di questa specie, dai primi dati sembrerebbe che la gestazione in questi animali duri circa 2 anni.

Alimentazione: La loro dieta è composta principalmente da cefalopodi ammoniacali del genere *Histioteuthis*, questo squalo è molto lento nel nuoto e di conseguenza di ciba di animali che si spostano molto lentamente. Talvolta quando i palangari si rompono con un pesce spada attaccato, questi squali se ne cibano, lasciando dei caratteristici segni di un morso perfettamente circolare.

Riproduzione: È viviparo. Le femmine si spingono in acque meno profonde e più vicine alla costa per partorire. Alla nascita i piccoli misurano già tra i 21 e i 28 cm (taglia media osservata: 22 cm). Dalla misura delle dimensioni dell'ovario nelle femmine, e della lunghezza del clasper nei maschi, si è osservato che questi ultimi raggiungono la maturità sessuale già attorno alla lunghezza di 65-70 cm, mentre le femmine non prima degli 80-85 cm. I maschi sono provvisti di pterigopodi che presentano una spina laterale che permette loro di rimanere saldamente agganciati alla femmina.

Principali elasmobranchi filtratori (planctonofagi) del Santuario:

***Mobula mobular* – manta o diavolo di mare**



Nome scientifico:	*Mobula mobular* (Bonaterre, 1788)
Classificazione:	
Ordine	Myliobatiformes
Famiglia	Myliobatidae
Genere	*Mobula*
Specie	*M. mobular*

Catture: Questa specie ha vissuto un pessimo periodo fino a quando era permesso l'utilizzo delle reti spadare derivanti, con un drastico calo delle popolazioni in Mediterraneo, terminata tale attività tuttavia la popolazione parrebbe essersi ripresa, tanto da essere tolta dalla lista rossa IUCN in cui era stata inserita. Nel febbraio del 2013 si è verificato uno spiaggiamento massivo di circa 200 esemplari nella Striscia di Gaza, in realtà non si sarebbero spiaggiate, ma tutti gli anni in questa zona vi sono elevate concentrazioni di esemplari di questa specie nel periodo che va da dicembre a marzo, non si sa bene se per ragioni riproduttive o di alimentazione, e i pescatori israeliani ne approfittano, nonostante si tratti di una specie protetta (inserita in Allegato I della Convenzione di Barcellona). La sua presenza all'interno del Santuario è stata accertata per mezzo di avvistamenti e sondaggi aerei, grazie ai quali è anche stato possibile creare delle mappe di abbondanza stimata per questa specie. La densità maggiore di questa specie probabilmente si trova nel Tirreno.

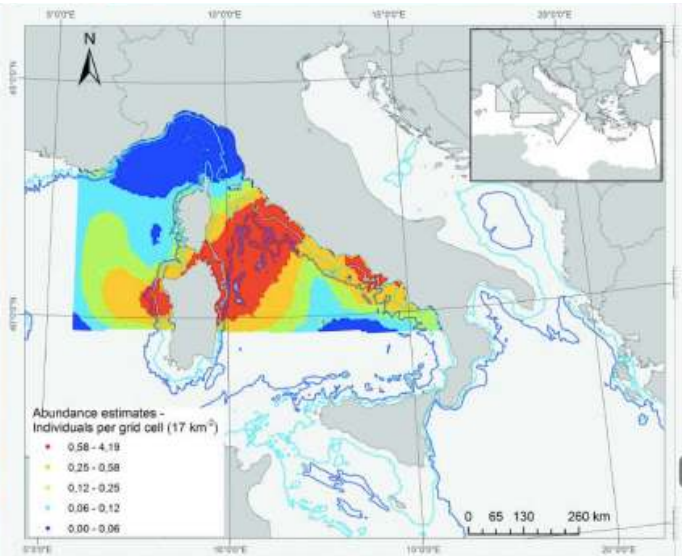


Fig. 83 |mappa di abbondanza stimata di *M. mobular* nelle acque del Santuario.

Taglia: La dimensione massima nota raggiunta da questa specie è di 5,20 m di lunghezza (coda compresa), la media è di 3,20 m. Anche in questo caso, come per la pastinaca, per valutare le dimensioni dell'animale si misura la larghezza del disco (*Disc Width – DW*), questa alla nascita è intorno ai 120-230 cm.

Accrescimento: La determinazione dell'età degli esemplari in questa specie si effettua mediante lettura delle bande di crescita sulle vertebre.

Alimentazione: È un animale filtratore. Sulla dieta in realtà si sa poco, ma dall'analisi dei contenuti gastrici di alcuni esemplari prelevati in Mar Ligure è stata rilevata la presenza di *Meganychtyphanes norvegica*.

Riproduzione: È una specie ovovivipara. Da alla luce un solo piccolo alla volta e non si sa nulla su quanto duri la gestazione.

Migrazioni orizzontali e verticali: Le mante compiono degli spostamenti notevoli, sia orizzontali che verticali. Una mobula marcata nello Stretto di Messina è arrivata fino alla Striscia di Gaza per poi tornare indietro. Effettuano

immersioni in cui possono raggiungere profondità anche di 500-600 m sia durante il giorno che durante la notte. A questo proposito hanno sviluppato degli adattamenti convergenti con quelli di altre specie che compiono immersioni profonde e sperimentano diverse temperature del mezzo acquatico circostante nell'arco di poco tempo (vd. pesce spada), tra cui la presenza di un'estesa rete mirabile encefalica che ha lo scopo di mantenere caldo il cervello durante le immersioni.

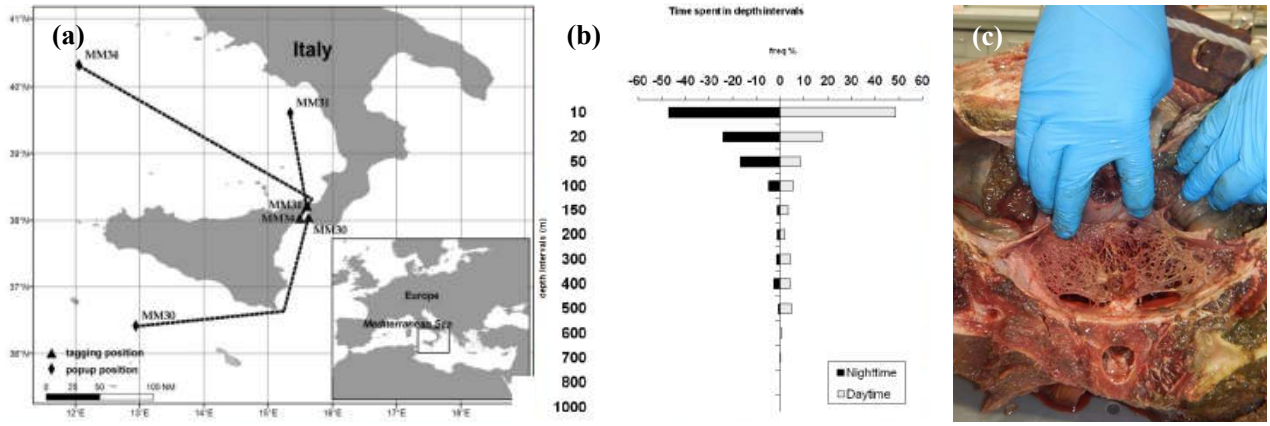
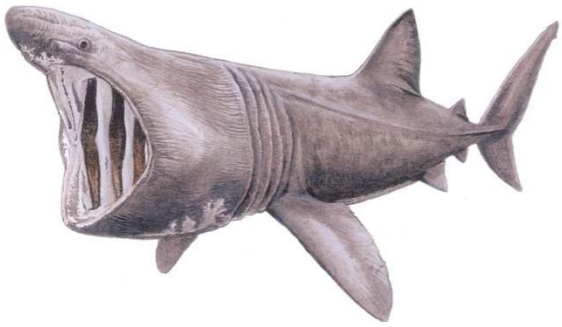


Fig. 84 | percorsi seguiti da vari esemplari di *M. mobular* a partire dallo Stretto di Messina (a); percentuale di tempo trascorso alle diverse profondità, in nero sono indicate le ore notturne, in grigio quelle diurne (b); la rete mirabile encefalica (c).

***Cetorhinus maximus* – squalo elefante o pellegrino**



Nome scientifico:	*Cetorhinus maximus* (Gunnerus, 1765)
Classificazione:	
Ordine	Lamniformes
Famiglia	Cetorhinidae
Genere	*Cetorhinus*
Specie	*C. maximus*

Catture: In passato questo animale veniva pescato per venderne le carni, attualmente è protetto (inserito in Allegato I della Convenzione di Barcellona) e per questo ne è vietata la commercializzazione. Verso la metà del 1900 in Liguria non erano rari casi di cattura di esemplari di dimensioni che spesso superavano i 5 m di lunghezza, attualmente ne vengono catturati accidentalmente alcuni coi tramagli costieri, tra i casi più eclatanti un maschio di 4 m a Santa Margherita Ligure nel 2009. Purtroppo rimane ancora una frequente cattura accessoria della pesca professionale con le reti perché c'è un periodo dell'anno, in tarda primavera, in cui questi animali si recano sotto costa per cibarsi del plancton, nuotano molto lentamente e spesso vanno ad infilarsi all'interno delle reti dei pescatori che pescano triglie o seppie. Attualmente la frequenza di



Fig. 85 | alcune immagini storiche di catture di *C. maximus* in Liguria.

avvistamento di esemplari di questa specie è legata principalmente alla frequenza di persone che ne segnala la presenza.

Taglia: Questi squali raggiungono lunghezze medie di 10 m, ma in casi eccezionali possono arrivare anche a 12 m. È considerato il secondo pesce più grande sul pianeta dopo lo squalo balena.

Accrescimento: La determinazione dell'età degli esemplari in questa specie si effettua mediante lettura delle bande di crescita sulle vertebre, le bande di crescita in questo caso sono ben evidenti sulla sezione della vertebra. Tuttavia, si è osservato che effettuando il conteggio su vertebre diverse prelevate da diverse parti del corpo dello stesso esemplare, il numero delle bande cambia. Le bande dunque non corrispondono ad anni di crescita dell'animale, ma dipendono esclusivamente dalle dimensioni dell'animale e delle vertebre, pertanto non sono attendibili per la determinazione dell'età.

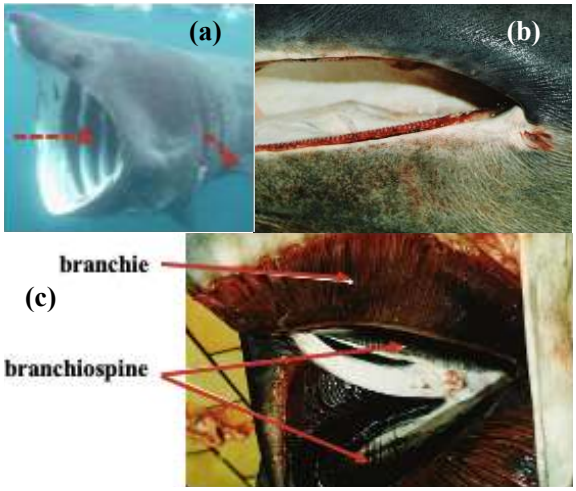


Fig. 86 | flusso d'acqua durante la filtrazione (a); particolare della bocca con i denti vestigiali (b); branchiospine e branchie (c).

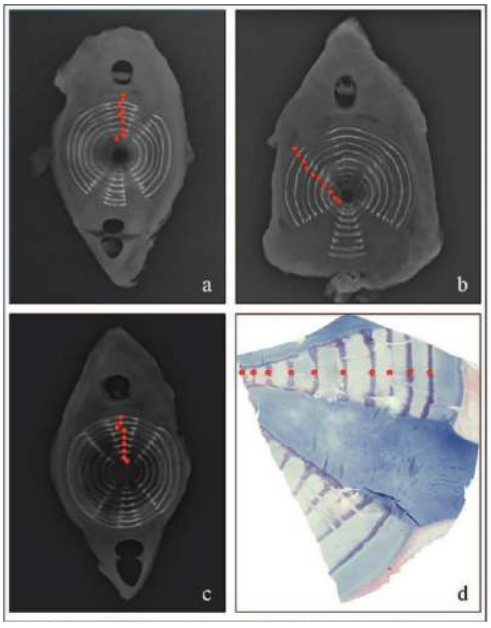


Fig. 87 | bande di crescita sulla sezione sagittale delle vertebre.

Alimentazione: È un animale filtratore. L'apparato di filtrazione è localizzato a livello delle fessure branchiali, l'acqua entra dalla bocca e raggiunge la cavità branchiale dove incontra le brachiospine, delle setole cornee ramificate e particolarmente sviluppate che servono per trattenere il plancton di cui si nutre, a questo punto l'acqua può fluire attraverso le fessure branchiali. Sono presenti ancora dei residui vestigiali dei denti che tuttavia hanno perso la loro funzione originaria. Si nutre principalmente di plancton o alghe, una componente importante della dieta è rappresentata dalla *Meganychtyphanes norvegica*.

Riproduzione: È un animale ovoviviparo. I piccoli alla nascita misurano già da 1,5 a 2 m. Il periodo di gestazione dura da 2 a 6 anni, è il più lungo conosciuto tra quelli di tutte le specie animali, e il periodo che trascorre tra un parto e l'altro è di circa 2-4 anni.

Migrazioni orizzontali e verticali: Le migrazioni orizzontali sembrano essere importanti, ma non sono state effettuate molte marcature. Per quanto riguarda le migrazioni verticali, non è una specie che va a grandi profondità, in genere non supera i 150-200 m di profondità, che comunque raggiunge solo occasionalmente, e preferisce rimanere in acque più calde.

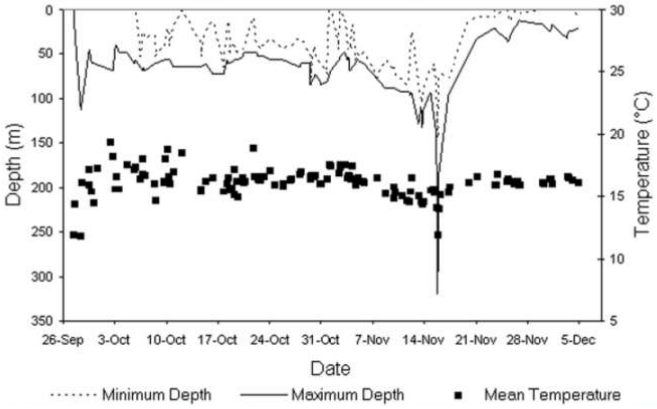
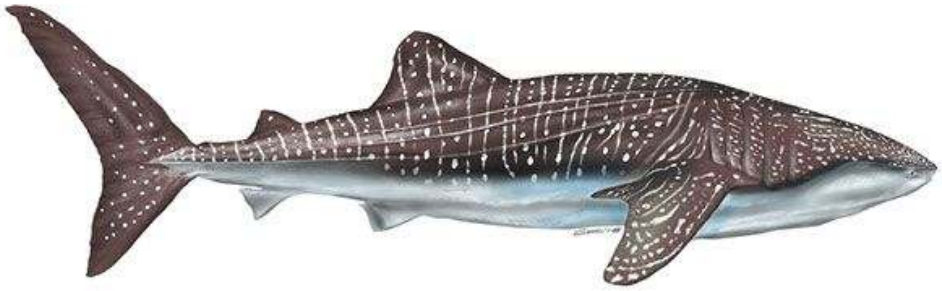


Fig. 88 |profilo di immersione tipico di *C. maximus*.

***Rhincodon typus* – squalo balena**



Nome scientifico:	*Rhoncodon typus* (Smith, 1828)
Classificazione:	
Ordine	Orectolobiformes
Famiglia	Rhincodontidae
Genere	*Rhincodon*
Specie	*R. typus*

È il più grande pesce cartilagineo esistente sul pianeta, l'individuo più grande confermato aveva una lunghezza di 18,8 m, ma si stima che possano raggiungere anche i 21 m di lunghezza e arrivare a pesare fino a 20 tonnellate. Ha una fecondità elevatissima, una singola femmina può arrivare a produrre fino a oltre 300 embrioni, probabilmente la liberazione dei piccoli avviene per fasi, man mano che si sviluppano sono rilasciati dall'utero materno. Tipicamente questa specie si trova in tutti i mari tropicali e temperati del mondo dove la temperatura dell'acqua non scende sotto i 21°C. Fino a 2 anni fa non faceva parte della fauna mediterranea, nel 2021 è avvenuta la prima segnalazione di questo gigante nel bacino, lungo le coste della Libia, è stata documentata pure con un video. Sono seguite ulteriori segnalazioni di dubbia autenticità. La presenza di questa specie in Mediterraneo potrebbe essere una conseguenza dell'ampliamento del Canale di Suez.

IL PESCE SPADA E ALTRI ROSTRATI PELAGICI DEL SANTUARIO

Generalità: classificazione dei rostrati

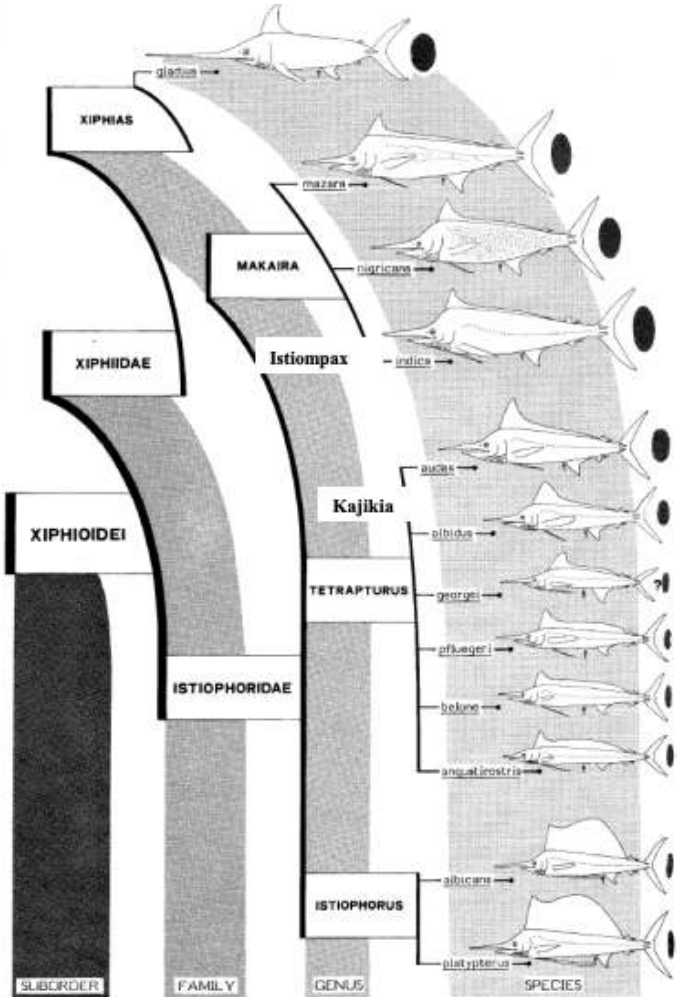


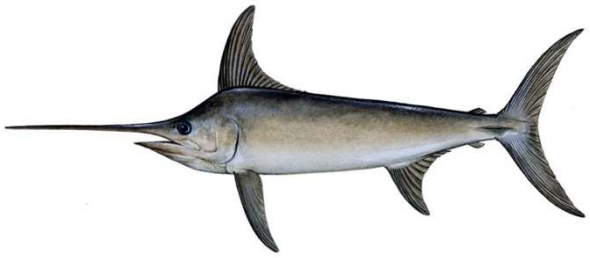
Fig. 1 | classificazione dell'ordine Xiphioidei.

Vengono definiti pesci "rostrati" tutti quelli accomunati dalla presenza di un rostro o spada frontale che può assumere dimensioni varie a seconda della specie. In Mediterraneo sono presenti diversi rostrati appartenenti al genere degli **Xiphioidei**, di cui fanno parte due famiglie: quella degli **Xiphiidae**, il cui unico rappresentante è il pesce spada (***Xiphias gladius***), e quella degli **Istiophoridae**, che include i generi *Istiophorus*, che comprende i cosiddetti "pesci vela", *Tetrapturus*, che comprende la cosiddetta aguglia imperiale, *Istiomphax* e *Makaira*, che includono i cosiddetti marlin. Il pesce spada è l'unico rappresentante della famiglia Xiphiidae, si differenzia dagli Istiophoridae per alcune caratteristiche:

- assenza di pinne ventrali;
- assenza di scaglie;
- una sola carena sul peduncolo caudale;
- pinna dorsale divisa in prima e seconda dorsale;
- vescica natatoria indivisa;
- sezione del corpo arrotondata;
- sezione della spada ellissoidale;

Inoltre, mentre il pesce spada è distribuito nelle acque tropicali e temperate di tutti i bacini del mondo, gli Istiophoridae si trovano prevalentemente nell'Oceano Pacifico e Indiano.

***Xiphias gladius* – pesce spada**



Nome scientifico:	*Xiphias gladius* (Linnaeus, 1758)
Classificazione:	
Ordine	Perciformes
Famiglia	Xiphiidae
Genere	*Xiphias*
Specie	*X. gladius*

Storia della pesca: Il pesce spada è da sempre associato, fin dall'antichità, a caratteristiche di potenza, forza e ardimento. Strettamente legato alla storia di Messina è il mito del pesce spada: si racconta di un popolo greco, i Mirmidoni, che nello scenario della guerra di Troia, per vendicare la morte di Achille, decisero di lasciarsi annegare in mare, ottenendo dalla madre di lui, la nereide Teti (divinità delle acque marine), di essere trasformati in pesci per l'eternità. La pesca a questo animale ha origini molto antiche, già Polibio (II secolo a.C.) ha descritto nelle sue opere la pratica diffusa tra gli abitanti dello Stretto di Messina di aspettare questo pesce per lanciargli un arpione, inizialmente questo avveniva da terra, successivamente dalle imbarcazioni, lo stesso Polibio descrive l'utilizzo di

torrette e passerelle. Nel corso della storia sono diversi i riferimenti alla pesca di questo animale. Il pesce spada è ampiamente diffuso nelle acque tropicali e temperate di tutti i bacini del mondo. Il più grande esemplare mai pescato al mondo pesava 530 kg ed è stato preso in Cile nel 1953. Oltre alla pesca amatoriale con lenza al traino, la pesca del pesce spada a livello commerciale può sostanzialmente essere fatta risalire a 3 principali tecniche:

1) La *pesca con l'arpione*: Si tratta della tecnica più antica. Gli usi descritti da Polibio, tramandati di generazione in generazione, hanno fatto si che da più di duemila anni la tecnica originaria di pesca nello Stretto di Messina sia rimasta pressoché immutata: consiste nell'avvistare il pesce, inseguirlo o attenderlo, scagliargli un arpione e lottare con lui. Dal 1400 è stato introdotto un particolare tipo di imbarcazione di origine araba, la Feluca, lunga dai 5 ai 7 m, senza chiglia, con un equipaggio di cinque rematori ed un arpioniere. Dal 1952 in poi, a causa dello scarso rendimento di questa attività vennero introdotte alcune modifiche, come l'introduzione della passerella e del primo motore e cambiarono i materiali di costruzione. I migliori esemplari di queste nuove barche venivano costruiti in Sicilia e Calabria. Questo tipo di pesca veniva, e viene tuttora, effettuato in Italia nello Stretto di Messina, dove durante la giornata ci sono delle correnti in entrata e in uscita che riscaldano l'acqua, in questo modo i pesci spada vengono in superficie. La pesca con l'arpione viene praticata anche in Canada e in California, ma con imbarcazioni completamente diverse. In Italia in totale le barche predisposte a effettuare tale pratica sono 14, 10 in Sicilia e 4 in Calabria, all'inizio dell'anno si estraggono 12 posti e ogni giorno si alternano. L'arpione per la pesca al pesce spada ha due punte, che vengono conficcate nella carne molto tenera dell'animale. I pesci arpionati vengono issati a bordo e sono conservati per tutto il giorno al caldo, perché non è possibile portare il ghiaccio all'interno delle imbarcazioni, dal momento che si scioglierebbe e destabilizzerebbe l'imbarcazione.

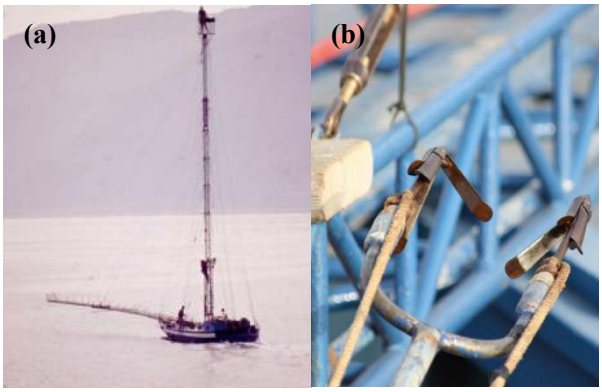


Fig. 2 | Le feluche da cui si scaglia l'arpione sul pesce spada (a); dettaglio dell'arpione (b).

2) La *pesca con rete derivante spadara*: In Italia a partire dagli anni '80 si sviluppa la flotta da pesca al pesce spada con le reti derivanti spadare con oltre 700 imbarcazioni. In Mar Ligure alla fine degli anni '80 ci sono 17 imbarcazioni armate con rete spadara. La rete spadara derivante ha una lunghezza di oltre 10 km, un'altezza di oltre 25 m e una maglia grande (35-45 cm). Negli ani 1988 e 1989 un gran numero di spadare siciliane e calabresi vengono a pescare tra agosto e ottobre in Mar Ligure. Il pesce spada pescato con la rete spadara ha un valore di mercato inferiore rispetto a quello pescato con lenza perché la pelle si rovina maggiormente. Questo tipo di pesca ha portato con sé una serie di problemi, tra cui il notevole aumento delle catture di pesce spada, ma soprattutto il gran numero di cetacei catturati accidentalmente, soprattutto globicefali, stenelle e capodogli. Il forte impatto esercitato dall'utilizzo di queste reti sulle popolazioni di cetacei in Mediterraneo è stato la forzante che ha portato alla stesura dei primi "abbozzi" del Santuario dei Cetacei Pelagos, la cui versione definitiva del 1993 è stata poi ratificata nel 1999 ed è infine entrato in vigore per parte italiana solo nel 2001. L'utilizzo delle reti spadare derivanti è stato vietato ufficialmente nel 1992 dalla Corte di Giustizia Europea. Purtroppo ancora oggi la pesca con le reti derivanti spadare è ancora praticata illegalmente in alcune aree in Mediterraneo. L'enorme quantità di catture effettuate a partire dalla metà degli anni '80, dovute principalmente all'utilizzo delle reti spadare derivanti, ha innescato il declino dello stock mediterraneo di pesce spada, che si è poi arrestato solamente con l'introduzione delle quote di cattura da parte dell'ICCAT.


Fig. 3 | le reti spadare derivanti.

3) La *pesca con la lenza*: La pesca del pesce spada con la lenza è iniziata in Liguria verso la fine degli anni '50 del Novecento, prima c'era soltanto la pesca con l'arpione. Inizialmente venivano utilizzati ami molto grandi in un numero da 30 a 100, come esca venivano usati calamari freschi e la lenza era in fibra naturale che doveva essere stesa ad asciugare. Spesso i pescatori liguri effettuavano dei trasferimenti nella zona di

Napoli e Ponza nei primi mesi della stagione (maggio-giugno). Oltre al pesce spada i pescatori che uscivano in mare praticavano pure la pesca mirata alla verdesca in questo periodo, tanto che si parlava nel complesso di pesca "a pesce spada e verdesca". All'inizio degli anni '90 la flottiglia ligure dedita alla pesca del pesce spada contava oltre 50 imbarcazioni, concentrate soprattutto nel ponente ligure. Col passare degli anni vengono introdotti una serie di miglioramenti tecnici e tecnologici, che rendono questo tipo di pesca più efficiente. Tra il 1990 e il 2009 l'attrezzo usato per la pesca del pesce spada era il *palangaro di superficie*, che veniva calato durante il giorno per prendere il pesce spada di notte e raggiungeva una profondità massima di 15-20 m. A partire dagli anni '90 vengono introdotti anche il verricello idraulico, le radioboe, che hanno permesso di lasciare in acqua il palangaro e sapere sempre dove si trova e le esche artificiali, che hanno permesso di risparmiare molto sul costo delle esche (costo degli sgombri: €2,50 al kg), in questo caso si inserisce dentro l'esca artificiale in silicone una sardina (per contro si tratta di plastica che viene rilasciata in mare). Tutti questi sviluppi ed aggiornamenti però non portano ad un aumento eccessivo dello sforzo di pesca. Il numero di ami calati per ogni barca varia sempre da 800 a 1200 circa, la pesca mantiene quindi il suo carattere artigianale. A partire dal 2010 viene introdotto il palangaro mesopelagico e cambia lo schema dell'attrezzo e di conseguenza anche i tempi della pesca, prima si catturavano i pesci durante la notte in superficie, ora si pescano di giorno in profondità.

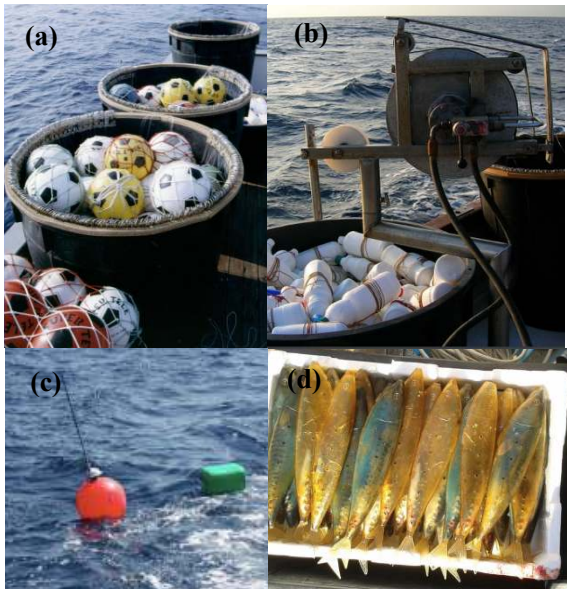


Fig. 4 |sistema di galleggianti utilizzato nei palangari (a); verricello idraulico (b); radioboe (c); esche artificiali in silicone (d).

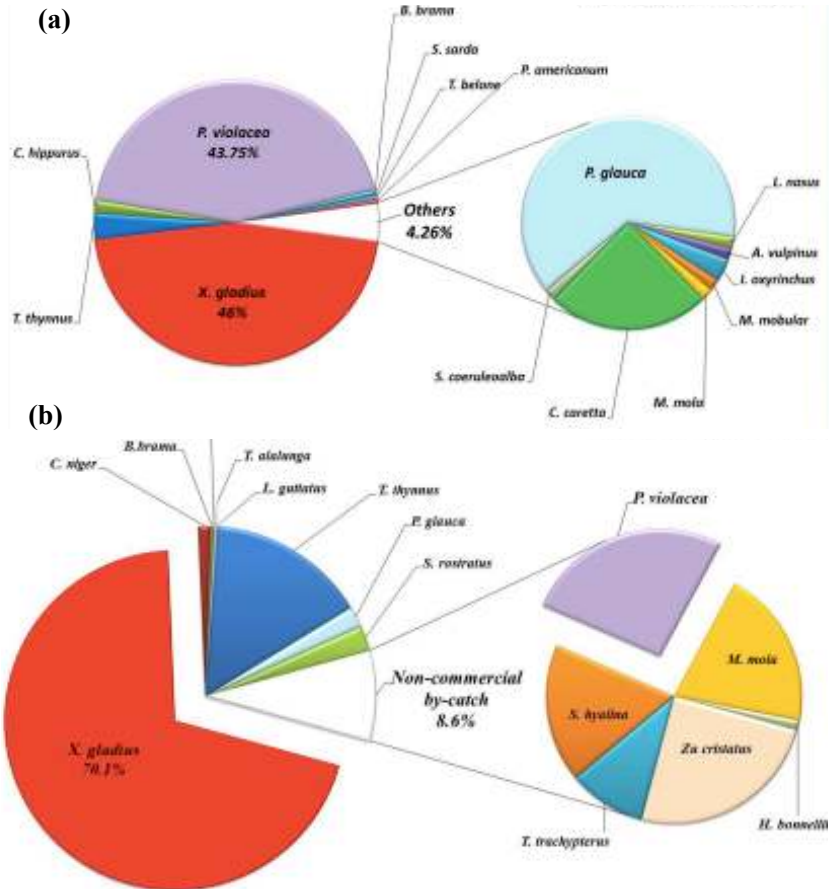


Fig. 5 | confronto tra le osservazioni a bordo con palangaro di superficie (a) e palangaro mesopelagico (b)

L'introduzione del palangaro mesopelagico da una parte porta ad una riduzione notevole delle catture accessorie, dall'altra però va a prelevare una parte dello stock che prima non era disponibile, in particolare le grandi femmine mature di pesce spada, e questo non è un ottimo segno per quanto riguarda la gestione dello stock. Per un confronto tra il palangaro di superficie e il palangaro mesopelagico, si vedano le Fig. 45 e 46 del modulo precedente.

Catture e gestione del pesce spada come risorsa ittica: Il vero sfruttamento della risorsa pesce spada inizia a partire dagli anni'80, quando si sviluppa la pesca con le reti derivanti spadare, questo ha portato in sofferenza lo stock mediterraneo, tanto che anche dopo che è stato proibito l'utilizzo delle reti derivanti spadare, non c'è stata nessuna ripresa fino a che non sono state introdotte delle quote di cattura dall'ICCAT. La transizione dal palangaro di superficie a quello mesopelagico ha comportato sicuramente un grande vantaggio in termini di riduzione delle catture

accessorie, in particolare le osservazioni a bordo di specie non target di questo tipo di pesca si riducono notevolmente, passando da oltre il 50% delle catture totali col palangaro di superficie a circa un quarto col palangaro mesopelagico. Si può quindi affermare che il palangaro mesopelagico rappresenta una tecnica di pesca più selettiva nei confronti del pesce spada. Va tuttavia considerato che questa tecnica di pesca va ad incidere sulle grandi femmine mature di pesce spada, e questo non è un ottimo segno per quanto riguarda la gestione dello stock. In Mar Ligure nell'ultimo decennio il rendimento di pesca per il pesce spada è aumentato proprio grazie all'introduzione del palangaro mesopelagico. L'ente che si occupa della gestione del pesce spada come risorsa ittica è l'ICCAT (*International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas*), un'organizzazione internazionale nata nel 1967, responsabile della conservazione degli stock di tonno rosso a altri pesci. L'ICCAT considera l'esistenza di tre stock di pesce spada nell'Atlantico:

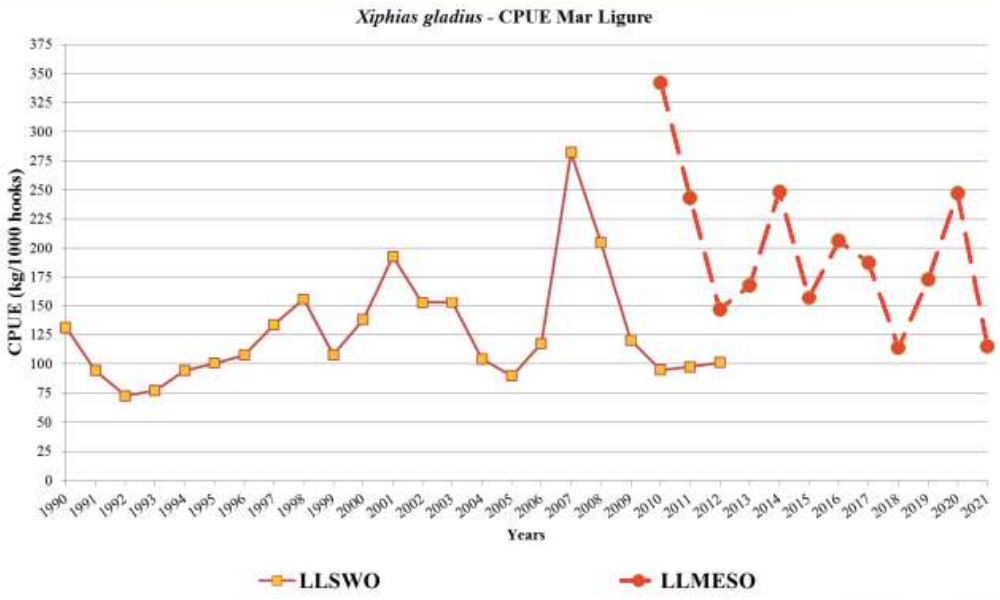


Fig. 6 | rendimenti di pesca al pesce spada in Mar Ligure con palangaro di superficie (LLSWO) e mesopelagico (LLMESO) dal 1990 al 2021.

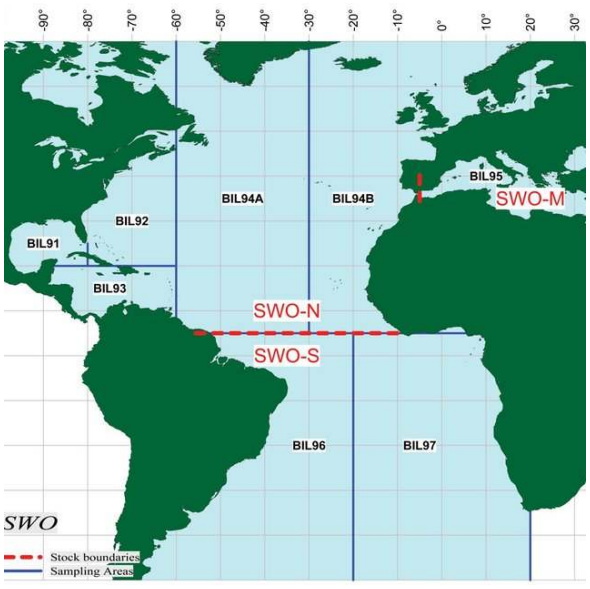


Fig. 7 |i tre stock di pesce spada individuati dall'ICCAT.

1. Stock dell'Atlantico-nord (SWO-N);
2. Stock dell'Atlantico-sud (SWO-S);
3. Stock mediterraneo (SWO-M), per quest'ultimo si considera la Soglia di Gibilterra come limite di distribuzione, mentre per gli stock atlantici sono stati individuati dei siti specifici di riproduzione, per quello mediterraneo si ritiene che questa avvenga un po' ovunque, in particolare nel bacino sembrerebbero esserci varie popolazioni che attuano un comportamento di *homing behaviour*.

Dato lo stato di sofferenza in cui versa lo stock mediterraneo di pesce spada a partire dagli anni '90, l'ICCAT nel 2016 ha introdotto un piano di recupero (recovery plan9 quindicennale (2017-2031) per il Mediterraneo, alla base del quale si stabilisce un regime di quote di cattura, oltre ad altre misure, che si possono riassumere come segue:

- Introduzione per ogni anno di quote di cattura di pesce spada, che saranno ridotte del 4% ogni anno fino al 2022;
- Poste delle limitazioni alla capacità di pesca (numero delle unità autorizzate);
- Istituzione di periodi di chiusura stagionale, in particolare è stato scelto il periodo tra 1 ottobre e 30 novembre, in cui avveniva una "strage" di spadini, e un mese addizionale a scelta;
- Istituzione di un periodo di chiusura della pesca all'Alalunga dall'1 ottobre al 30 novembre, sempre per salvaguardare i giovani;
- Istituzione di una taglia minima di pesca di 100 cm LJFL, fino al 2020 era di 90 cm (questa riduzione di 10 cm non ha nessun significato da un punto si vista della salvaguardia dello stock, dal momento che l'amo

usato per la pesca ha una dimensione minima di 7 cm); NB. si possono distinguere 3 possibili taglie minime: *MCS = Minimum Conservation Size; MLS = Minimum Landing Size; MCS = Minimum Catching Size*; in questo caso si fa riferimento alla MLS.

- Istituzione di un numero massimo di 2500 ami per barca (con ulteriori 2500 ami stivati sottocoperta in caso di battuta di pesca più lunga di due giorni);
- Misure di controllo al momento dello sbarco e in mare.

Come conseguenza dell'adozione di queste misure di conservazione, attualmente lo stock mediterraneo di pesce spada risulta sovra-sfruttato, ma non in sovrappesca. Lo stato di conservazione di uno stock ittico può essere visualizzato sotto forma di particolari matrici dette *Kobe Matrix*, che permettono di valutare il raggiungimento o meno di determinati obiettivi di conservazione.

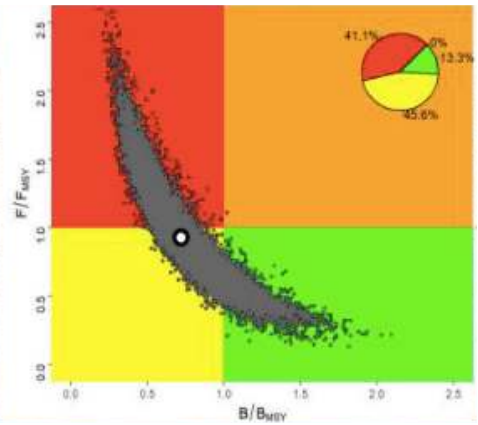


Fig. 8 |la situazione dello stock mediterraneo di pesce spada rappresentata sotto forma di *Kobe Martrix*: attualmente lo stock si trova nella regione gialla che corrisponde ad una situazione di stock sovra-sfruttato ma non in sovrappesca, fino a qualche anno fa si trovava nella regione rossa (sovrappesca), l'obiettivo è quello di riportarlo nella regione verde (gestione sostenibile della risorsa).

Taglia: Generalmente nel pesce spada si osserva una forma di dimorfismo sessuale per cui le femmine, con una lunghezza media di 141 cm, risultano più grandi dei maschi, con una lunghezza media di 128 cm. La taglia massima che può essere raggiunta è di circa 3 m per un peso di oltre 400 kg. Quando si misura la lunghezza del pesce spada, si prende in considerazione la LJFL (*Lower Jaw-Fork Lenght*) ovvero la lunghezza complessiva dell'animale dalla mandibola inferiore alla forca caudale, in questa misura non è considerata la lunghezza della spada, che può rompersi facilmente o consumarsi, per questo è poco influente nella determinazione delle dimensioni complessive dell'animale. Con l'introduzione del palangaro mesopelagico è aumentata la percentuale di femmine catturate e quindi anche le dimensioni medie delle catture. Dai dati relativi alle catture, si può osservare come oltre i 130-135 cm di lunghezza la percentuale di femmine risulti sempre maggiore, a parità di tecnica di cattura utilizzata.

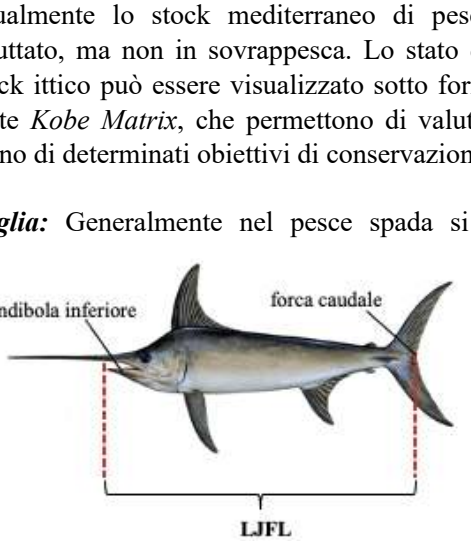


Fig. 9 | misurazione della LJFL.

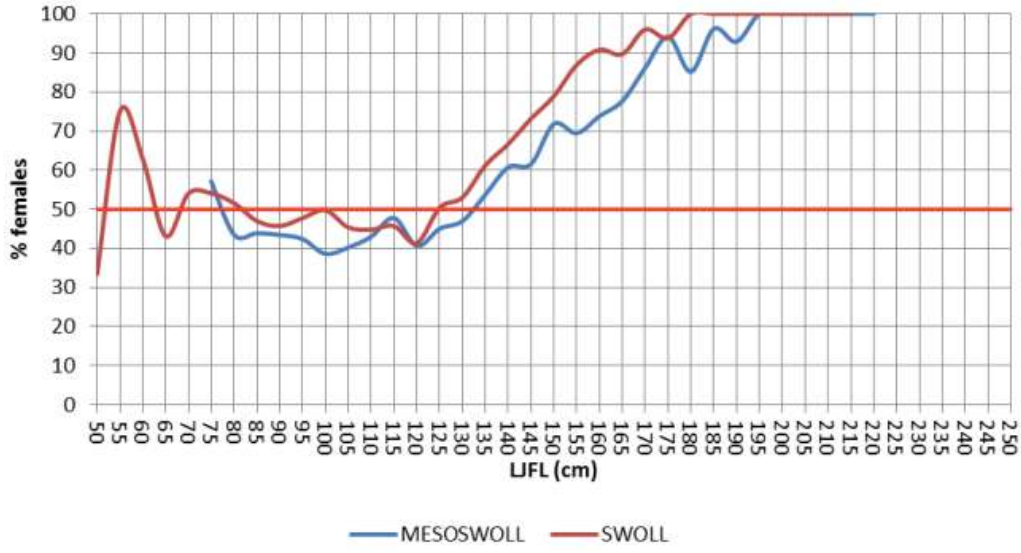


Fig. 10 |sex ratio nel pesce spada, da dati sulle catture con palangaro di superficie e mesopelagico, oltre i 130-135 cm LJFC la percentuale di femmine è sempre maggiore.

Riproduzione: La maturità sessuale può essere valutata nelle femmine mediante diversi parametri, tra cui l'indice gonado-somatico o il conteggio taglia-frequenza degli ovociti nelle gonadi, nei maschi si usa sempre l'indice gonado-somatico. Da questi dati si possono ottenere le ogive di maturità dell'animale e il valore di L50, ovvero la taglia alla quale il 50% delle femmine sono mature. Per esemplari catturati in Mar Ligure questo valore ammonta a 148,77 cm di LJFL dell'animale. Confrontando l'ogiva di maturità sessuale per esemplari del Mediterraneo con quella per esemplari dell'Atlantico si può osservare come in Mediterraneo la maturità sessuale sia raggiunta a dimensioni inferiori, e quindi anche l'L50. In generale le gonadi delle femmine sono molto grandi durante il periodo riproduttivo, questi animali investono un grande quantitativo di energie nella produzione di un gran numero di uova, da un punto di vista ecologico possono essere descritti come degli ottimi *r*-strateghi. All'interno delle gonadi femminili mature di pesce spada si trova un gran numero di uova immerse in una matrice liquida, che si forma per via del fatto che uova quando sono mature e pronte ad essere emesse, diventano liquide. Negli esemplari mediterranei la riproduzione avviene annualmente in Mar Ligure, in questa zona infatti si trovano femmine con gonadi molto grandi. L'indice gonado-somatico si ottiene dal rapporto tra il peso complessivo dell'animale e il peso delle gonadi e da un'informazione su quanto un esemplare sia vicino al periodo riproduttivo, più è alto il valore di tale indice, maggiore sarà il peso delle gonadi e quindi ci si potrà aspettare che l'animale sia più prossimo al periodo riproduttivo. Dall'analisi dell'andamento dell'indice gonado-somatico su più esemplari catturati in Mar Ligure è stato possibile individuare il periodo riproduttivo del pesce spada in Mediterraneo, che dura per i mesi di giugno, luglio, con un picco, e agosto, questo è molto prolungato rispetto a quello del tonno rosso ad esempio. La durata prolungata del periodo riproduttivo del pesce spada è principalmente dovuta al fatto che questo animale è un *multi-spawner*, ovvero le femmine depongono le uova su lunghi periodi a pacchetti progressivi, l'opposto rispetto a quanto osservato negli squali. Non si sa ogni quanto la femmina deponga le uova, ma si ipotizza a intervalli di circa una settimana nell'arco dei tre mesi. Questo discorso non vale invece per i maschi, che sono sempre pronti dal punto di vista della

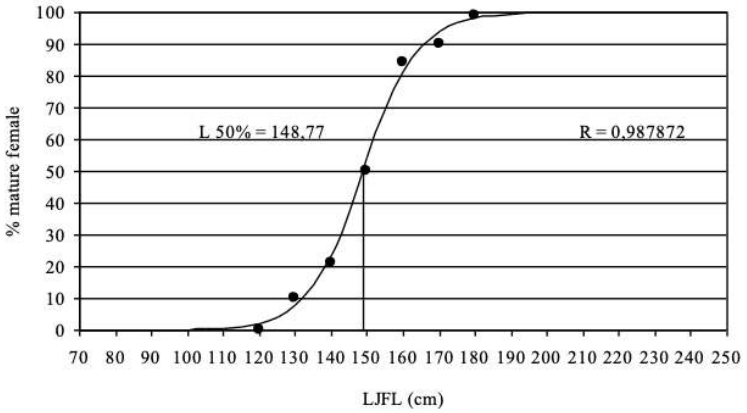


Fig. 11 | ogiva di maturità sessuale per il pesce spada in Mediterraneo, con indicato l'L50.

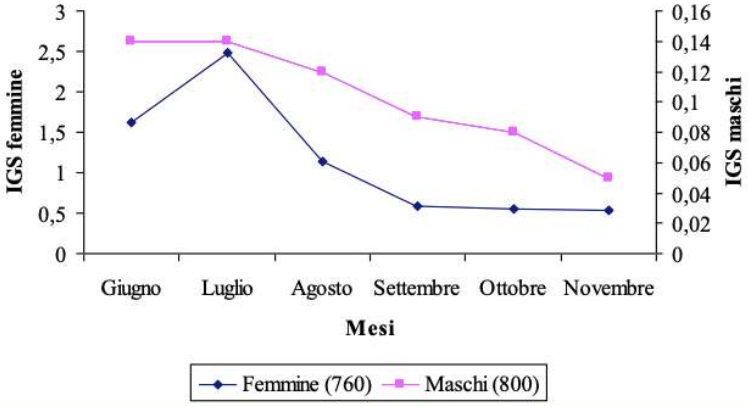


Fig. 12 |andamento dell'indice gonado-somatico medio in maschi e femmine di pesce spada in Mediterraneo.

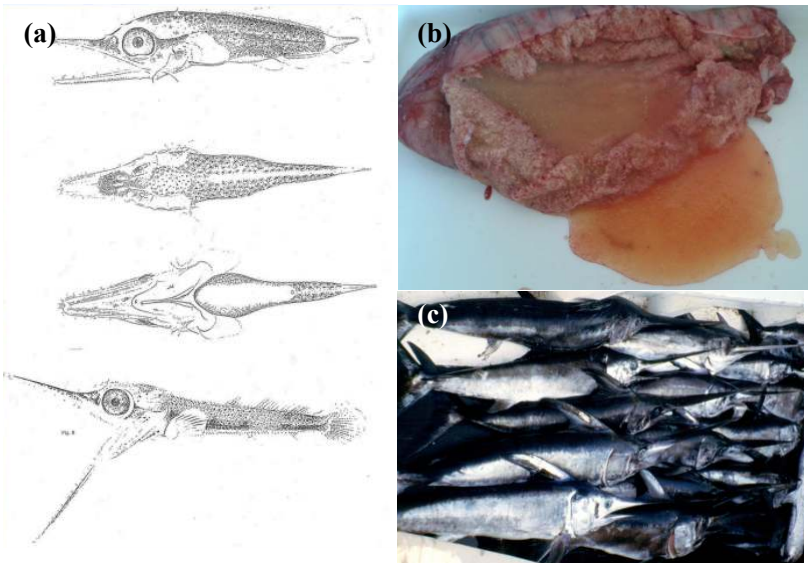


Fig. 13 |stadi larvali e post-larvali di pesce spada (a); gonade femminile con uova mature pronte ad essere emesse (b); spadini (c).

maturazione delle gonadi. Questa particolare strategia riproduttiva adottata dalle femmina comporta 2 principali vantaggi, il primo che tra una settimana e l'altra più maschi diversi possono fecondare le uova prodotte dalla stessa femmina, garantendo una maggiore variabilità genetica, il secondo che la deposizione delle uova avviene in luoghi e momenti differenti, quindi se queste sono danneggiate o predate in un punto, in altri posti invece si salvano e questo offre maggiori probabilità di sopravvivenza alle uova. La femmina depone fino a 800.000 uova pelagiche di meno di 2 mm di grandezza e dotate di una goccia d'olio per favorirne il galleggiamento. La larva che se ne schiude è lunga circa 4 mm ed è molto diversa dall'adulto. Il rostro compare quando questa raggiunge circa 1 cm di lunghezza e non si distingue dalla mandibola inferiore, la pinna dorsale e anale sono lunghe quanto l'intero dorso della larva, sono presenti le scaglie, che scompaiono nell'adulto ed è presente una finestra diencefalica nella scatola cranica che favorisce il passaggio della luce, la cui recezione o meno determina le migrazioni verticali in colonna d'acqua in questo stadio del ciclo vitale. L'accrescimento è molto veloce, le femmine si accrescono più velocemente dei maschi e nell'arco di 4-5 mesi le larve diventano "spadini" che possono arrivare a pesare già 4-5 kg nei mesi di ottobre-novembre.

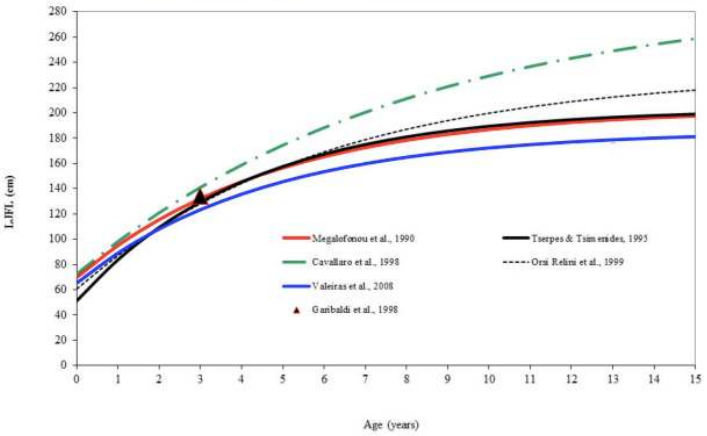


Fig. 14 | curve di crescita per diversi esemplari di *X. gladius*.

Accrescimento: Dalle curve di crescita di questo animale reperibili in letteratura si osserva che la taglia media è raggiunta all'incirca a 4-5 anni. L'accrescimento è molto rapido, le femmine crescono più rapidamente dei maschi e mentre il maschio è già maturo sessualmente dopo il primo anno di età, le femmine maturano sessualmente dopo 3-4 anni. La determinazione dell'età nel pesce spada si può effettuare dagli otoliti ma questi sono molto piccoli, per questo quando è possibile si sfruttano i raggi della pinna dorsale, in particolare viene prelevato il secondo raggio della pinna dorsale, a livello della sezione del raggio possono essere contati gli anelli di accrescimento. Questa struttura ossea infatti è soggetta ad una crescita fortemente stagionalizzata, in cui si osserva un'interruzione o forte rallentamento dello sviluppo durante il periodo invernale a causa delle basse temperature a cui è esposto l'animale e una ripresa della crescita nel periodo estivo, questo porta come risultato la comparsa di un'alternanza di anelli chiari e scuri nella sezione del raggio della pinna, da cui è possibil leggere l'età dell'esemplare.

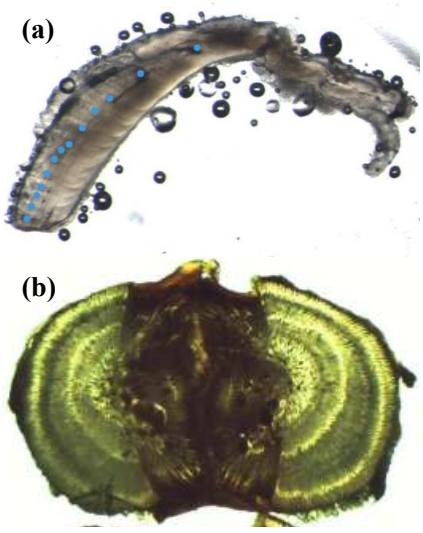


Fig. 15 | rilevamento degli anelli di accrescimento a livello della sezione dell'otolita (a) e della sezione del II raggio della dorsale (a).

Migrazioni orizzontali: In passato per seguire i percorsi compiuti in Mediterraneo dai pesci spada si utilizzavano principalmente gli *spaghetti tag*, che prevedevano dei programmi di cattura-marcatura-ricattura. Tuttavia, i dati raccolti con questo metodo sono stati abbastanza scarsi dal momento che le ricatture sono state pochissime, questo è dovuto principalmente al fatto che spesso gli animali vengono tirati a bordo senza considerare la presenza dei tag. Tra i pochi casi di esemplari marcati e ricatturati, un pesce marcato alle Baleari, è stato ricatturato a Madeira, si tratta dell'unico caso documentato con questa tecnica di pesce spada che dal Mediterraneo è uscito in Atlantico. Adesso c'è stata un'evoluzione della tecnica di marcatura e sono stati introdotti i *tag satellitari*. Questi vengono applicati abbastanza facilmente sugli esemplari con l'ausilio delle feluche. In Mediterraneo sono in atto diversi progetti di marcatura con tag satellitari del pesce spada, volti principalmente ad indagare se lo stock mediterraneo è in qualche modo collegato con quello atlantico, quali sono gli spostamenti all'interno del bacino e se sono presenti popolazioni differenti all'interno del bacino. Questo tipo di studi ha evidenziato che probabilmente esistono due popolazioni separate nel Mediterraneo occidentale e in quello orientale. Per la popolazione del bacino occidentale è stato evidenziato come siano vi siano due aree del bacino particolarmente frequentate da questi animali durante momenti diversi nel corso dell'anno. Una è il Mar Ligure

dove si registrano le maggiori densità di pesci spada principalmente nel periodo estivo, che rappresenterebbe per questi animali un'importante *feeding area* e un sito di *spawning*. La seconda è rappresentata dallo Stretto di Messina, dove si registrano le maggiori densità di pesci spada principalmente in tarda primavera-inizio estate, in concomitanza con la stagione degli amori di questi animali, infatti è stato possibile grazie ai tag satellitari osservare la possibile formazione di coppie in questa zona, è possibile che anche in questo caso dopo l'accoppiamento l'area venga sfruttata come sito di *spawning*. Le due zone sono tra loro collegate da percorsi migratori.

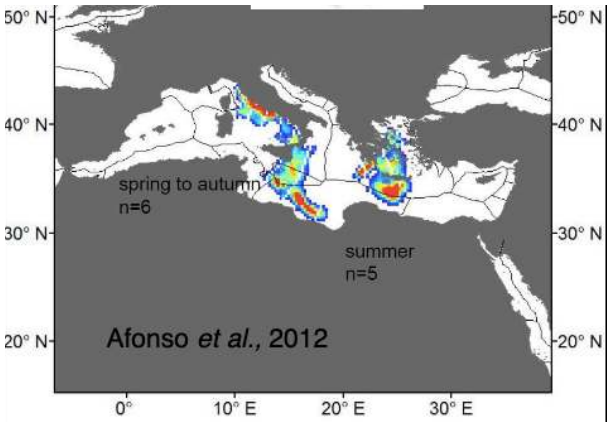


Fig. 16 |zone in cui si registra la maggiore densità di pesci spada nel Mediterraneo occidentale.

Migrazioni verticali: Il comportamento in immersione del pesce spada è simile a quello osservato per molti squali pelagici: di notte tende a rimanere in superficie, mentre di giorno compie immersioni fino a 500-600 m di profondità. Possibili eventi di risalita molto rapidi durante il giorno potrebbero essere legati a dinamiche riproduttive. In generale si è osservato che il pesce spada tende a trascorrere la maggior parte della propria giornata ad un optimum di temperatura di circa 13°C. Inizialmente si pensava che il fattore determinante di questi spostamenti in colonna d'acqua del pesce spada fosse la temperatura, ma poi si è scoperto che non è così. Nelle marche satellitari è possibile inserire dei sensori di luminosità e quindi monitorare gli spostamenti dell'animale in colonna d'acqua al variare della luminosità. Si è osservato che il pesce spada tende a rimanere a profondità tali per cui la luminosità è molto simile a quella di luna crescente in superficie. Il pesce spada infatti è un predatore crepuscolare, ovvero caccia in condizioni di visibilità in cui riesce a vedere il più possibile senza essere visto (quando la visibilità è peggiore per le sue prede). Come adattamento a questa particolare strategia di caccia, questi animali devono avere degli occhi molto grossi e che lavorino in maniera efficiente. A tal proposito il pesce spada possiede un particolare organo termogenico che permette all'occhio di lavorare in modo efficiente anche in condizioni di scarsa visibilità e al cervello di elaborare l'informazione visiva. Si tratta di un muscolo scheletrico modificato, senza capacità contrattili, costituito per il 63% da mitocondri e per il 30% da reticolo sarcoplasmatico all'interno del quale viene stimolata l'idrolisi di ATP ad opera di una Ca^{2+}-ATPasi, anche l'attività metabolica dei mitocondri genera calore e rigenera ATP, viene quindi innescato un ciclo futile dell'ATP. L'attività di questo muscolo ha lo scopo di mantenere caldi il cervello e il muscolo retto superiore dell'occhio, il calore è mantenuto anche dalla presenza di una rete mirabile oculo-encefalica deputata al trasferimento del calore nelle sedi maggiormente interessate e di uno strato di grasso che contribuisce all'isolamento termico di tutti questi organi. Questo sistema nel complesso prende il nome di *brain heater*. Altri adattamenti volti

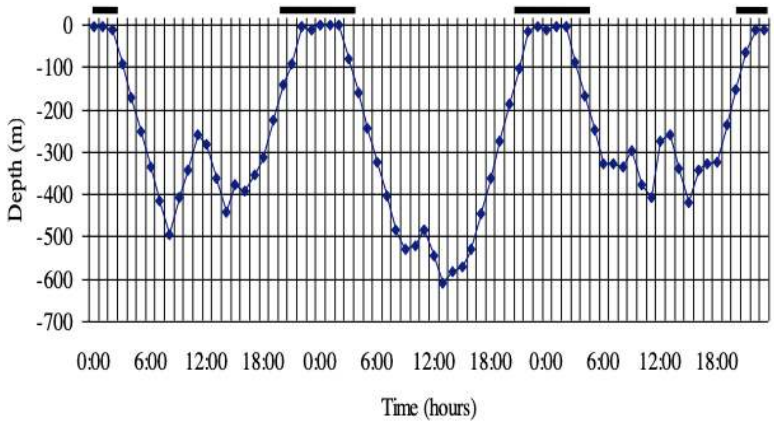


Fig. 17 |comportamento in immersione tipico del pesce spada.

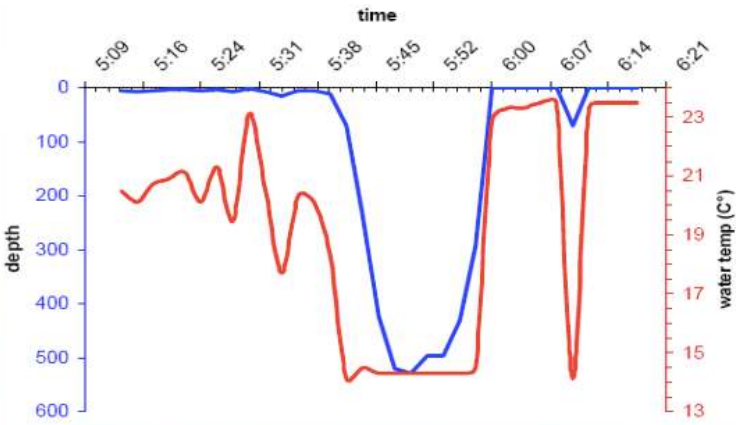


Fig. 18 |le rapide risalite durante il giorno, in blu è indicata la variazione di profondità, in rosso quella di temperatura.

ad ottimizzare le performances in immersione del pesce spada sono la presenza di una pseudobranchia all'interno dell'opercolo che estrae ossigeno dall'acqua e può tornare utile durante le immersioni prolungate, la presenza alla base del rostro di un sistema di lubrificazione della pelle e del cranio, che secerne cere e rende la pelle dell'animale più scivolosa, riducendo l'attrito durante i veloci scatti compiuti dall'animale.

Alimentazione: Il pesce spada utilizza il rostro per affettare il pesce di cui si nutre, la spada è mantenuta umida e affilata grazie ad un rivestimento mucoso. Il pesce spada è un predatore generalista che mangia un po' tutto quello che torva a disposizione: pesci, principalmente Paralepididae (65,2%), molluschi, principalmente Ommastrephidae (76,2%) e anche crostacei, nei contenuti stomacali si trovano talvolta tracce di *Meganychtyphanes norvegica*. Si registra una parziale sovrapposizione di nicchia tra il pesce spada e la stenella, che ha abitudini alimentari simili, con la quale probabilmente esiste una forma di competizione per le risorse trofiche. Dall'analisi dei contenuti stomacali di esemplari del mediterraneo è emersa la presenza talvolta di piccole percentuali (3-4%) di microplastiche (molto meno rispetto ai tonni che sono filtratori) che probabilmente sono assunte attraverso la catena alimentare e derivano dai contenuti gastrici delle prede.

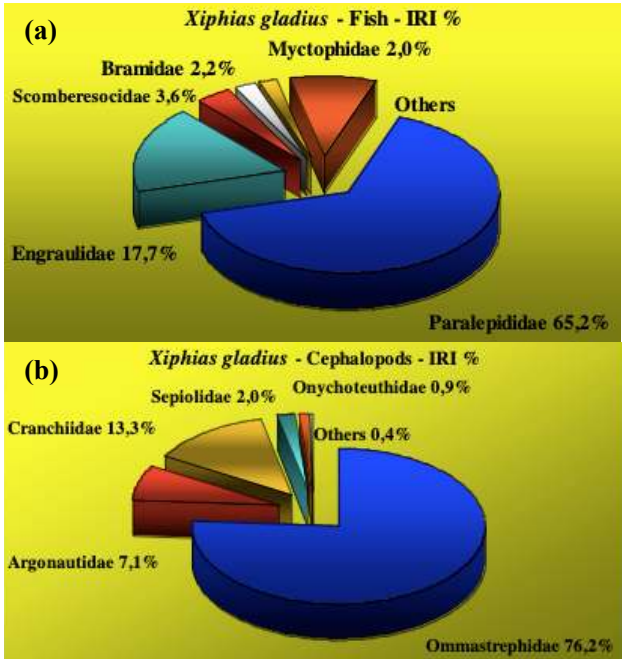


Fig. 19 |composizione della dieta di *X. Gladius* in Mediterraneo, (a) pesci; (b) cefalopodi.

Interazioni con altre specie: Sono diversi i parassiti che colonizzano il pesce spada. Il rostro costituisce un ottimo substrato per l'insediamento di alcuni cirripedi lepadiformi come il *Conchoderma virgatum*, animali filtratori che agiscono da "hitchhikers" (= autostoppisti) del mare. Quando questi animali arrivano a formare aggregazioni di grosse dimensioni sul rostro del pesce spada, questo può inficiare sulla fitness dell'esemplare. Altri parassiti tipicamente associati al pesce spada sono i crostacei copepodi del genere *Pennella* sp., che penetrano con la loro testa nei tessuti dell'ospite fino ad arrivare agli organi interni dove succhiano il sangue per nutrirsi, formando ascessi di grandi dimensioni. Il nematode *Huffmanla paronai* depone accumuli di uova sotto lo strato di deposito sottocutaneo del pesce spada, l'infezione da parte di questo parassita si visualizza sotto forma di macchie nere sulla superficie del corpo del pesce. Talvolta si trovano sulla superficie del corpo di alcuni

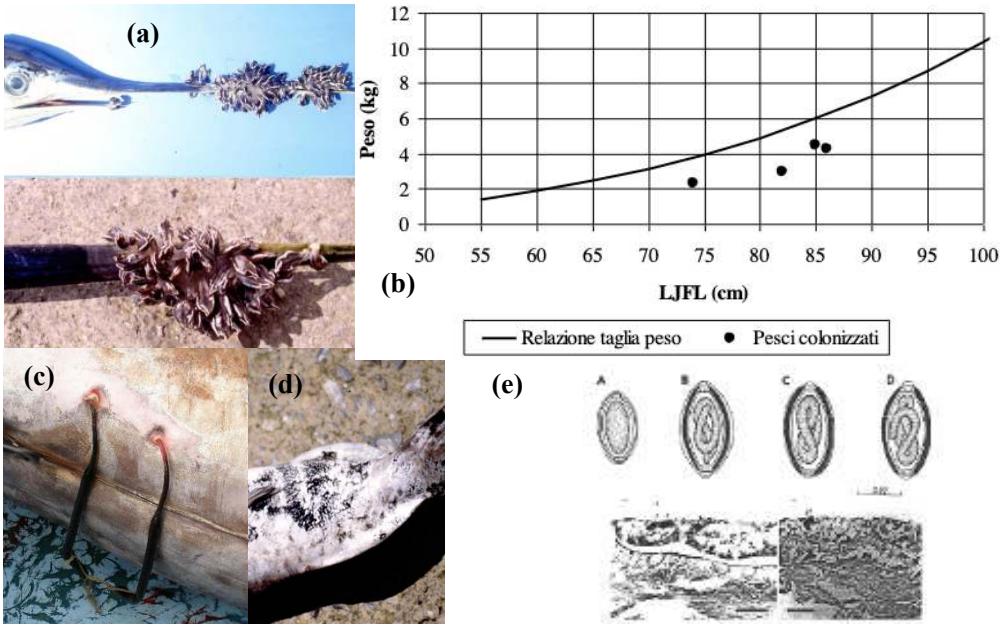


Fig. 20 |(a) esemplari colonizzati da *C. virgatum* sul rostro; (b) confronto della relazione taglia-peso tra animali colonizzati e animali sani; (c) esemplare colonizzato da copepodi del genere *Pennella* sp.; (d) esemplare colonizzato dal nematode *H. paronai*; (e) stadi vitali di *H. paronai* e suo insediamento nei tessuti.

esemplari i segni lasciati dal morso di alcuni grossi ectoparassiti ematofagi come la lampreda di mare. Oltre al parassitismo, i pesci spada sono preda di diverse specie di squali, quando possono provano a rispondere agli attacchi, come visto nel caso delle interazioni documentate con verdesche e squalo volpe. Al di là delle interazioni di parassitismo e predazione, il pesce spada risulta avere un comportamento abbastanza imprevedibile e bizzarro, non sono rari infatti i casi di attacchi a tartarughe marine, subacquei, attrezzature subacquee o qualsiasi altro oggetto che si muova in acqua, senza un apparente motivo.

Altri rostrati pelagici del Mediterraneo:

***Istiompax (Makaira) indica* – marlin nero**



Nome scientifico:	*Istiompax indica* (Cuvier, 1832)
Classificazione:	
Ordine	Perciformes
Famiglia	Istiophoridae
Genere	*Istiomphax*
Specie	*I. indica*

La prima e unica segnalazione in Mediterraneo è avvenuta il 23 settembre 1986, quando un esemplare maschio di 2,6 m di lunghezza e 180 kg di peso è stato catturato nella tonnarella di Camogli.

***Kajikia albida* – marlin bianco**



Nome scientifico:	*Kajikia albida* (Poey, 1860)
Classificazione:	
Ordine	Perciformes
Famiglia	Istiophoridae
Genere	*Kajikia*
Specie	*K. albida*

Una volta considerato parte del genere *Tetrapturus* (*T. albidus*) e parente stretto dell'aguglia imperiale. Questa specie tuttavia può superare gli 80 kg di peso, presenta un rostro più lungo di quello dell'aguglia imperiale e le pinne pettorali sono molto più lunghe, arrivano fino all'apertura anale.

***Tetrapturus belone* – aguglia imperiale**



Nome scientifico:	*Tetrapturus belone* (Rafinesque, 1810)
Classificazione:	
Ordine	Perciformes
Famiglia	Istiophoridae
Genere	*Tetrapturus*
Specie	*T. belone*

È di dimensioni più modeste rispetto a *K. Albida*, arriva a pesare al massimo attorno ai 20-25 kg, presenta un rostro più corto e delle pinne pettorali più corte. Il corpo è schiacciato lateralmente ed è presente una doppia carena sul peduncolo caudale.

IL TONNO ROSSO E ALTRI SCOMBRIDI PELAGICI DEL SANTUARIO

Generalità: classificazione degli Scombridae

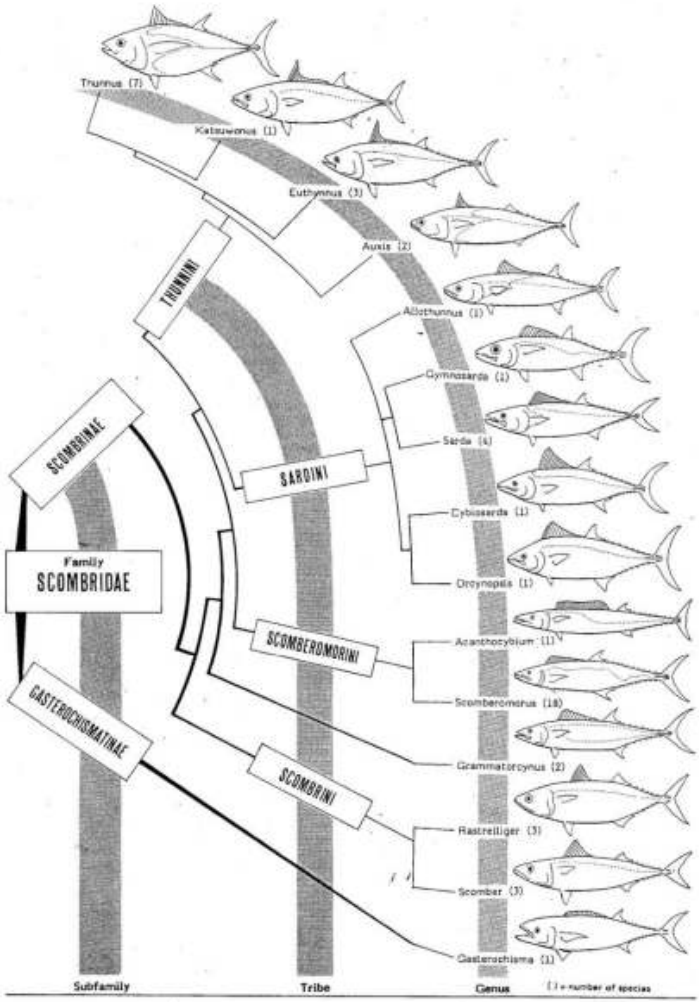


Fig. 1 | classificazione della famiglia Scombridae.

La famiglia **Scombridae** include due sottofamiglie, quella degli **Scombrinae** e quella dei Gasterochismatinae. La prima include a sua volta 4 tribù, quella degli Scombrini, degli Scomberomorini, dei Sardini e dei Thunnini, queste ultime due sono *sister taxa*. La tribù dei Thunnini include **4 generi: *Thunnus, Katsuwanus, Euthynnus*** e ***Auxis***. I principali rappresentanti di questa famiglia presenti in Mediterraneo sono 8 specie: *Thunnus thynnus, Thunnus alalunga, Euthynnus alletteratus, Katsuwanus pelamis* (rappresenta buona parte del tonno in scatola che viene commercializzato), *Sarda sarda* (la cosiddetta palamita, fino a qualche anno fa abbastanza sporadica la sua presenza in Mediterraneo, attualmente abbondante), *Auxis rochei rochei, Scomber scombrus, Scomber colias*. Altre specie atlantiche della famiglia Scombridae da aggiungere a quelle mediterranee, comuni in entrambi i mari sono: *Thunnus obesus, Thunnus albacares* (tonno pinna gialla), *Thunnus atlanticus, Thunnus maccayii, Auxis thazard thazard*. Una volta venivano riconosciute tre sottospecie di *Thunnus thynnus*: *T. thynnus thynnus* (atlantico), *T. thynnus orientalis* (pacifico), *T. thynnus maccoyii*, attualmente quest'ultima è stata riconosciuta come specie a sé stante e questa distinzione è ritenuta desueta.

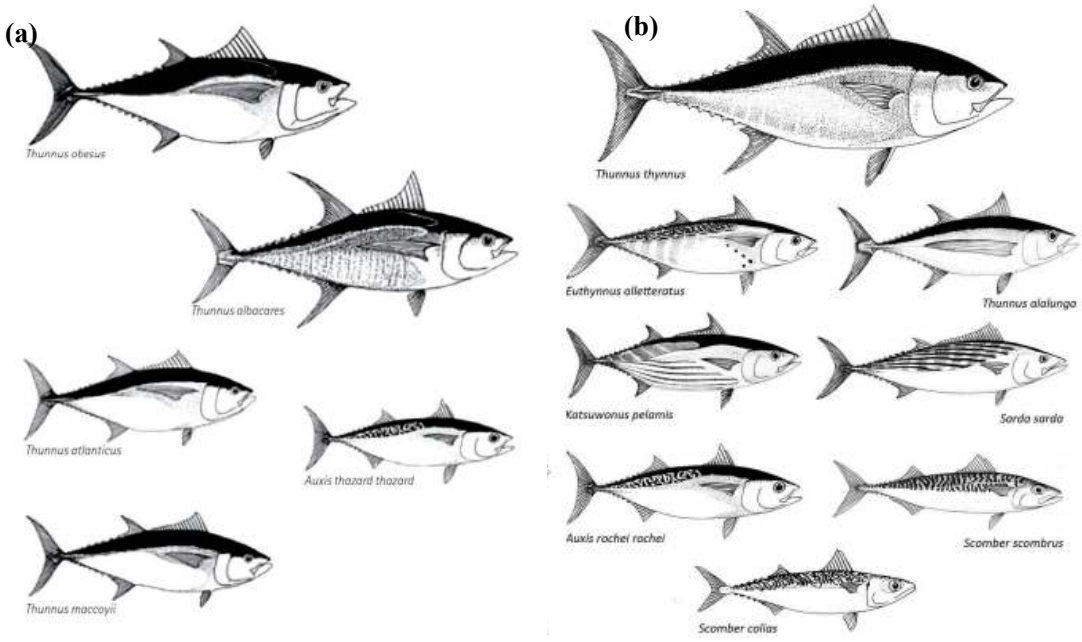
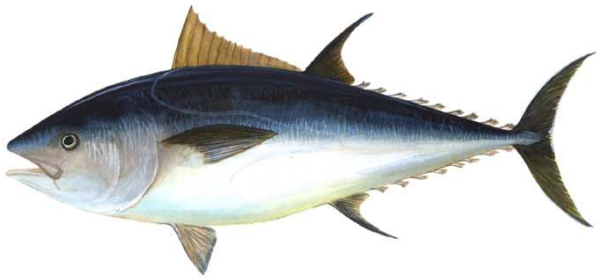


Fig. 2 | specie atlantiche della famiglia Scombridae (a) e specie mediterranee presenti nei mari italiani (b).

***Thunnus thynnus* – tonno rosso**



Nome scientifico:	*Thunnus thynnus* (Linnaeus, 1758)
Classificazione:	
Ordine	Perciformes
Famiglia	Scombridae
Genere	*Thunnus*
Specie	*T. thynnus*

Storia della pesca: Il tonno rosso veniva pescato in Mediterraneo a partire dai Fenici, a cui si deve l'invenzione delle prime tonnare fisse, ovvero strutture che permettevano di intercettare questi animali lungo le loro rotte migratorie, una volta intercettato un banco di tonni questi si dirigevano all'interno delle cosiddette "camere della morte", dove si consumava la mattanza. Un sistema non molto diverso da quello adottato dalle tonnare ancora adesso in uso. Si tratta probabilmente della prima forma di pesca industriale in Mediterraneo, la nascita di questa attività si deve probabilmente al fatto che il tonno rosso è un animale gregario e quando viene catturato, questo avviene in grandi quantità. La conservazione dei grandi quantitativi di tonni pescati avveniva tramite bollitura o sotto sale. La pesca del tonno rosso veniva praticata anche dai Romani, come testimoniato da alcune effigi risalenti al 4.000 a.C. che raffigurano scene di pesca di questi animali, o i ritrovamenti in Spagna dei resti di un sito per la lavorazione del tonno di epoca romana, molto simile nella sua struttura a quelle che saranno poi le installazioni a terra delle tonnare fisse. Dalla metà del periodo imperiale romano non si hanno indicazioni sulla pratica delle tonnare. Nel Medioevo invece la pesca del tonno fu un'attività ampiamente praticata ed erano presenti varie tonnare fisse sparse per il Mediterraneo, tra cui anche in Liguria, come testimoniato dal ritrovamento a Genova, a Caricamento durante i lavori della stazione metropolitana, di vertebre di tonno risalenti al periodo tardo medievale. Attorno al XVI secolo la pesca del tonno iniziò ad ampliarsi in tutto il Mediterraneo, vennero costruite tonnare fisse nello Stretto di Gibilterra, nella costa spagnola, africana e francese. A partire dal XVII secolo, un aneddoto che vide protagonista il Re Luigi XIII, il quale dopo aver mangiato le gonadi (si riteneva avessero un potere afrodisiaco) di un tonno pescato con le sue stesse mani nella tonnara di Marsiglia, dopo qualche anno ebbe in figlio Luigi XIV, determinò un ulteriore sviluppo di questa pratica in Mediterraneo. Nel corso dei secoli sono sorte tonnare in Liguria,

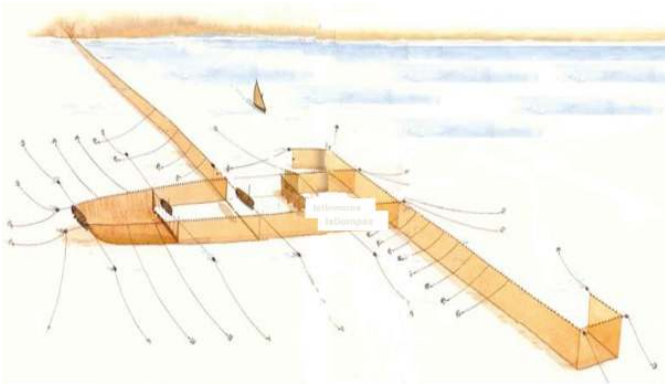


Fig. 3 | struttura di una tonnara fissa di origine fenicia.

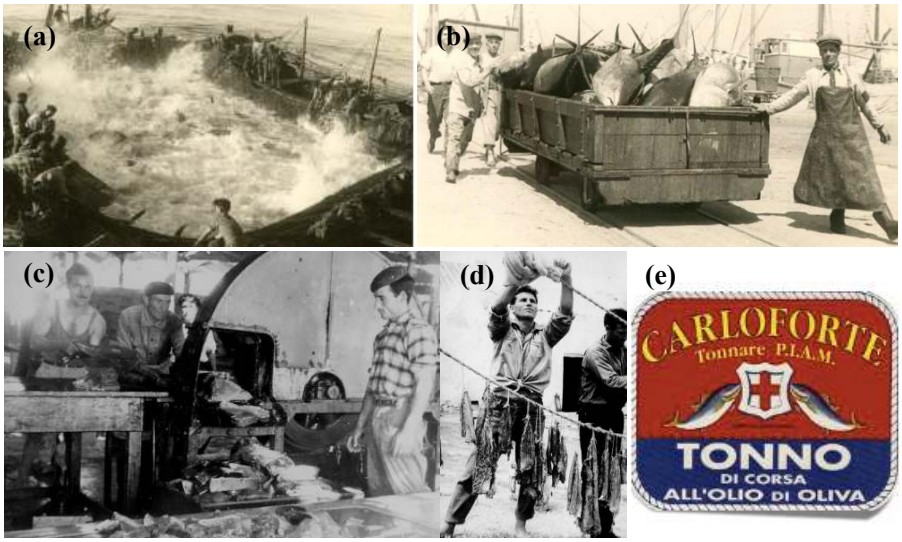


Fig. 4 |alcune immagini storiche risalenti agli inizi-metà del 1900: (a) mattanza nelle tonnare fisse; (b) (c) alcune fasi della lavorazione del tonno; (d) preparazione della bottarga; (e) il prodotto finito: tonno sott'olio, pescato nella tonnara di Carloforte (Sardegna), una delle 3 ancora attive in Italia.

Sardegna, sull'Isola d'Elba, in Campania, Calabria e soprattutto in Sicilia. Gli animali pescati nelle tonnare verso la fine del 1800 raggiungevano taglie massime di più di 3 m (media: 2 m) e pesi di oltre 680 kg e potevano avere da 35 a 50 anni. La lavorazione del tonno generava una grande occupazione per molte persone, le preparazioni che si ottenevano riguardavano principalmente la carne che veniva prima bollita, per essere poi conservata e venduta sott'olio o al naturale, ma anche le gonadi del tonno venivano sfruttate, venivano essiccate o messe sotto sale, e da quelle femminili si otteneva la bottarga e da quelle maschili il lattume. A partire dalla fine del 1800 molte delle tonnare presenti in Mediterraneo iniziano a chiudere per via di alcune ragioni socio-economiche, in particolare con la rivoluzione industriale nascono nuovi lavori, non più di natura stagionale come quelli all'interno delle tonnare, ed inizia quindi un lento declino di questa attività. A contribuire a questo declino vi è il fatto che nello stesso periodo iniziano anche a diminuire le catture nelle tonnare in Mediterraneo per via del sovrasfruttamento degli stock ittici. Fino agli anni '60-'70 del Novecento erano i tonni che finivano nelle tonnare fisse, che potevano essere di due tipi: *di andata*, se intercettavano i tonni seguendo le correnti che entrano in Mediterraneo, *di ritorno* se intercettavano i tonni seguendo le correnti in uscita dal Mediterraneo. A partire dalla metà degli anni '80 si iniziano ad andare a cercare i tonni in mare aperto e si sviluppano nuove tecniche di cattura:

- La pesca mirata con le *tonnare volanti*: si tratta di grosse barche che individuano i banchi di tonni al largo e una volta localizzati vanno a circondarli, è una tecnica di pesca estremamente selettiva ed efficiente. L'avvistamento dei banchi di tonni viene effettuato per mezzo di aerei, una volta localizzati gli animali vengono raggiunti dalla tonnara che lancia una barchetta che lascia calare una rete con un cavo di acciaio attorno al banco. Dopo che il banco è stato circondato, i tonni intrappolati vengono trasferiti dalla rete all'interno di apposite gabbie a traino che vengono portate da dei rimorchiatori, una volta che i tonni sono entrati nelle gabbie viene rimossa la rete. Gli animali vengono trasportati all'interno di queste gabbie (alla velocità di circa un nodo) all'interno di impianti di ingrasso off-shore, molti di questi in Mediterraneo si trovano a Malta, dove c'è l'IVA agevolata. I tonni quindi vengono messi all'ingrasso e nei mesi di novembre-dicembre vengono uccisi. La maggior parte dei tonni pescati con questa tecnica viene successivamente spedita in Giappone dove c'è il mercato più grande per questi animali. Kiyoshi Kimura, il proprietario di una catena di ristoranti di sushi giapponese, nel 2013 è arrivato a pagare fino a $1.76 milioni per un tonno rosso di 221 kg (7600 $/kg), da allora i prezzi si sono abbassati anche in seguito all'aumento delle quote ICCAT che sono arrivate nel 2020 a 36.000 tonnellate, partendo dalle 10.000 del 2009.

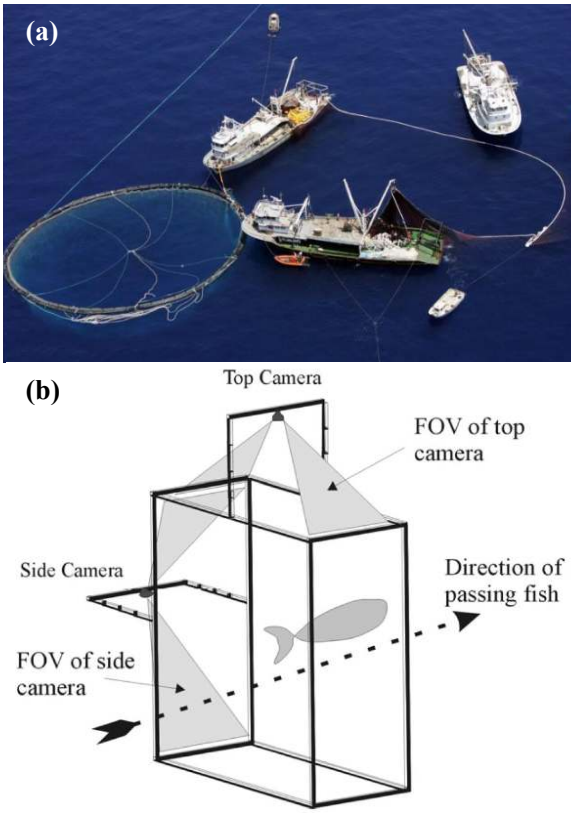


Fig. 5 | pesca con le tonnare volanti (a) e struttura della gabbia a traino utilizzata per trasferire i tonni agli impianti di ingrasso (b).

- La pesca mirata con le *reti derivanti*.
- La pesca coi *palangari di superficie e mesopelagici* (questi ultimi permettono di catturare esemplari più grandi), in questo caso si tratta di catture accessorie.

Queste nuove tecniche di pesca molto più selettive ed efficaci rispetto alle tonnare fisse hanno portato nell'arco di poche decine di anni ad un forte depauperamento dello stock di tonni del Mediterraneo, e questo ha reso necessaria l'introduzione da parte dell'ICCAT di nuove normative che regolamentassero la pesca di questi animali a partire dal 2009.

Catture e gestione del tonno come risorsa ittica: Con la diminuzione delle catture di tonno rosso in Mediterraneo attorno al 2006 si era arrivati a pensare che questa specie fosse a rischio di estinzione, in realtà non è mai stato a rischio come specie, ma solamente come risorsa da pesca e risorsa alimentare per l'uomo. Questa situazione ha

portato diverse ONG, tra cui la CITES, IUCN, Greenpeace, WWF, Slow Food a portare avanti progetti di sensibilizzazione nei confronti di questa specie, oltre a diverse lobbies ambientaliste e animaliste. L'ente ufficiale che si occupa della gestione della pesca del tonno rosso è l'ICCAT (*International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas*), un'organizzazione internazionale nata nel 1967, responsabile della conservazione degli stock di tonno rosso. L'ICCAT considera l'esistenza di due stock di tonni rossi a livello globale:

1. Stock dell'Atlantico-est e Mediterraneo, con area riproduttiva in Mediterraneo;
2. Stock dell'Atlantico-ovest, con area riproduttiva nel Golfo del Messico.

Fino al 2009 il sistema di gestione di questi stock proposto dall'ICCAT si basava sull'assegnazione di un numero massimo di catture totali per aree geografiche per decade. Nel periodo tra 1950-1993 in Mediterraneo venivano pescate tra le 15.000 e le 39.000 t/anno di tonno rosso, nel 1996 si tocca il picco di 52 785 t/anno. Nel 1980 vengono introdotte dall'ICCAT delle quote di pesca nell'Atlantico occidentale e il divieto di pesca nel Golfo del Messico, considerato area di riproduzione, dopo che è stato raggiunto il picco di oltre 50.000 t/anno di tonno rosso pescato in Mediterraneo, vengono introdotte le quote di pesca anche nell'Atlantico orientale e in Mediterraneo. Nel 2007, dopo che gli stock di tonno rosso in Mediterraneo toccano i propri minimi storici, vengono messe in atto delle misure più stringenti, tra cui l'istituzione di una taglia minima di cattura a 115 cm di lunghezza alla forca (o 30 kg di peso), maggiore rispetto a quella fissata precedentemente di 70 cm, vengono ridotti i periodi di pesca e viene posto il divieto di individuare i banchi di tonni con l'aereoricerca. Vista la gravità della situazione dello stock di tonno rosso in Mediterraneo in cui l'enorme sforzo di pesca continuava a gravare sia sugli adulti riproduttori che sui giovanili, nel 2009 viene messo in atto dall'ICCAT un *recovery plan* che prevedeva normative molto stringenti per permetterne la ripresa: le quote di pesca per il tonno rosso in Mediterraneo vengono portate a solo 9.000 t/anno, l'utilizzo delle tonnare volanti viene limitato a un solo mese all'anno (dal 26 maggio al 26 giugno), con il divieto di individuare i banchi dagli aerei, viene istituito un sistema di quote anche per definire il numero massimo di tonni che, una volta catturati, possono essere fatti passare nelle gabbie a traino per poi essere trasferiti negli impianti di ingrasso (il conteggio degli esemplari è possibile grazie a un sistema di telecamere posizionate all'imbocco delle gabbie). Queste misure molto dure hanno permesso un'immediata reazione da parte dello stock, con un aumento delle popolazioni e ciò ha permesso negli anni successivi la concessione di un aumento delle quote di cattura. Ogni anno vengono effettuate delle riunioni per valutare se i parametri delle popolazioni di tonno rosso sono in aumento e di conseguenza valutare se ci si può permettere un aumento delle quote. Il progressivo aumento col passare degli anni del numero di tonni in Mediterraneo, ha permesso nel 2020 il passaggio dal *recovery plan* ad un *management plan*, ovvero un piano di gestione della risorsa ittica, le quote sono state riportate a valori di 36.000 t/anno di tonno rosso pescabile dal 2021, e sulla base dei risultati degli ultimi dati raccolti per il 2021, nell'ultima riunione della Commissione ICCAT tenutasi il 21 novembre 2022 sono state introdotte delle nuove quote di 40.000 t/anno. Lo sviluppo del *management plan* si basa su una logica che viene definita *Managemente Strategy Evaluation* (MSE), che prevede in primo luogo un'analisi dei dati di popolazione di uno stock, da cui è possibile valutare le condizioni dello stock stesso, definendo uno *stock assessement*, questo processo ha lo scopo di evidenziare se la strategia di gestione in atto sia efficace o meno. Negli USA e nei paesi anglosassoni, errori nel compimento di questo tipo di valutazione comportano sanzioni penali. La valutazione MSE è basata sul concetto di *Maximum Sustainable Yeld*, ovvero di massimo rendimento che si può ottenere dallo sfruttamento di una risorsa, senza che questa inizi a scarseggiare.

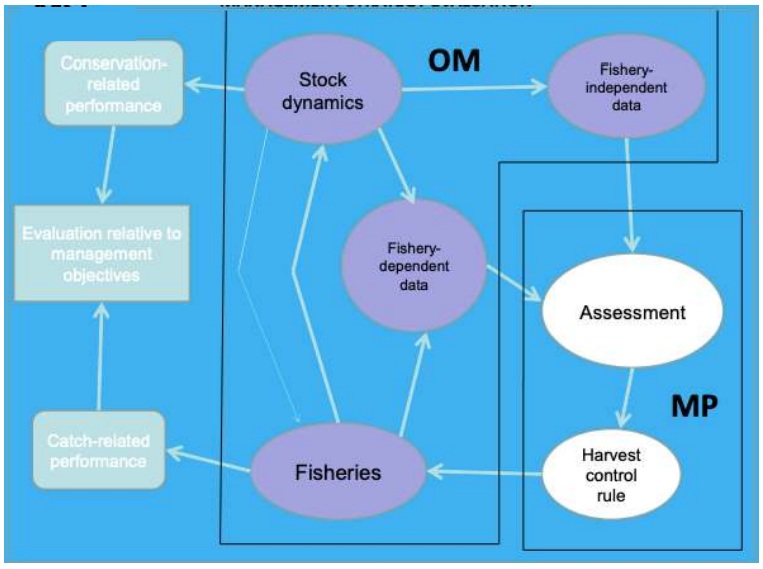


Fig. 6 | schema procedurale della MSE.

Migrazioni orizzontali: In generale i tonni rossi vivono la maggioranza della vita nell'Atlantico settentrionale, in primavera però si riuniscono in grandi gruppi e migrano verso il Mediterraneo o verso il Golfo del Messico dove si riproducono, in autunno tornano nell'oceano. In realtà pare che non tutti i tonni migrino, sembra infatti che esistano anche delle popolazioni stanziali sia in Mediterraneo che in Atlantico, quelle mediterranee in inverno tendono ad inabissarsi. Le ragioni della migrazione sono principalmente le legate alla riproduzione e all'alimentazione. Le migrazioni dei tonni rossi possono essere studiate con diversi metodi, i due più utilizzati sono:

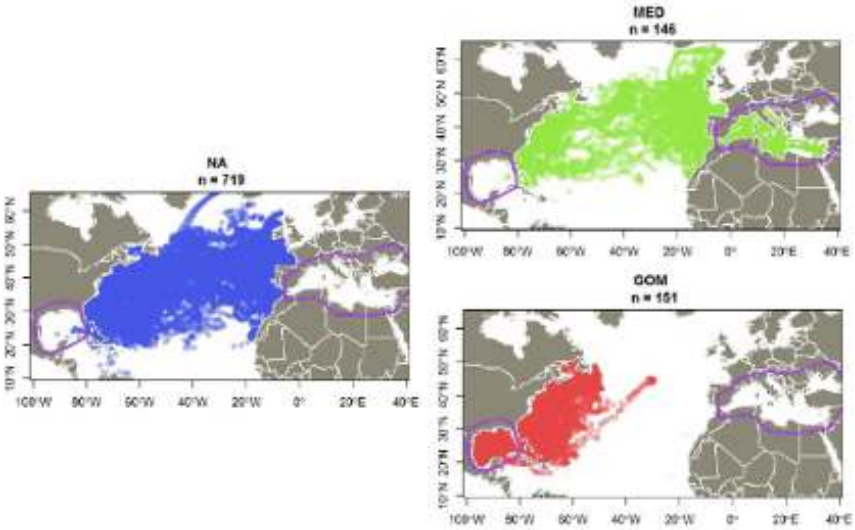


Fig. 7 | dati ricavati da tag satellitari, in blu sono riportati i tragitti di 719 individui durante il periodo invernale, la tendenza è quella di rimanere in Atlantico; in estate la situazione è differente: lo stock ovest-atlantico (in rosso) migra verso le coste americane, canadesi e soprattutto nel Golfo del Messico, verso le aree riproduttive; lo stock est-atlantico (in verde) migra invece nel Mediterraneo e lungo le coste della Bretagna, verso le aree riproduttive. Le aree riproduttive sono segnate in viola.

- L'applicazione di *spaghetti tag*: le marche sono inserite nel muscolo dell'animale, rimangono attaccati al pesce fino a 4-5 anni, permettono un monitoraggio più continuativo nel tempo, per leggere i dati raccolti è necessaria la ricattura dell'animale.
- L'applicazione di tag satellitari (o *archival tag*): in questo caso il tonno viene operato, la marca viene inserita sotto il muscolo, in modo che esca solo un'antenna col trasmettitore, il tessuto dell'animale viene poi ricucito; restituiscono dati sulla posizione del tonno in tempo reale, gli spostamenti sono rilevati da satellite.

Come già abbiamo visto l'ICCAT riconosce l'esistenza di due stock di tonni rossi a livello globale:

1. Stock dell'Atlantico-est e Mediterraneo, con area riproduttiva in Mediterraneo;
2. Stock dell'Atlantico-ovest, con area riproduttiva nel Golfo del Messico.

Entrambi probabilmente trascorrono il periodo invernale in Atlantico e durante l'estate migrano nelle rispettive aree riproduttive. Recentemente i dati raccolti dei programmi di tagging di questi animali hanno fatto ipotizzare che ci possa essere una terza area riproduttiva, localizzata in corrispondenza del rialzo (*slope area*) continentale all'incirca al confine tra USA e Canada. Tragitto in Mediterraneo: I tonni dello stock est-atlantico entrano dall'oceano in Mediterraneo nel mese di maggio per andare a riprodursi nelle aree riproduttive, passando dallo Stretto di Gibilterra, una buona parte tuttavia fuoriesce quasi subito per tornare in Atlantico, mentre una parte rimane in Mediterraneo. I tonni che entrano in Mediterraneo passano a sud delle Baleari e si dirigono inizialmente fino al mare di Levanto nella zona di Cipro dove iniziano a riprodursi già da maggio, non rimangono subito nel Mediterraneo occidentale, che include le aree riproduttive di elezione, perché in questo periodo dell'anno le temperature dell'acqua non sono ancora adeguate alla riproduzione (per cui sono

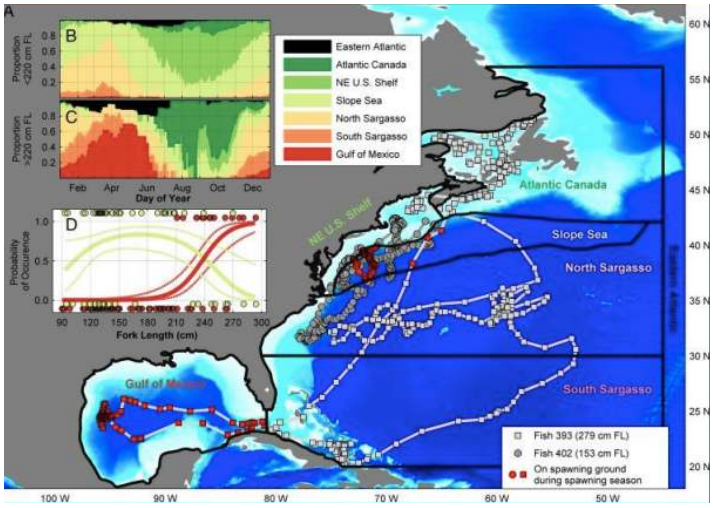


Fig. 8 |possibile terza area riproduttiva (*slope area*) lungo le coste al confine tra USA e Canada.

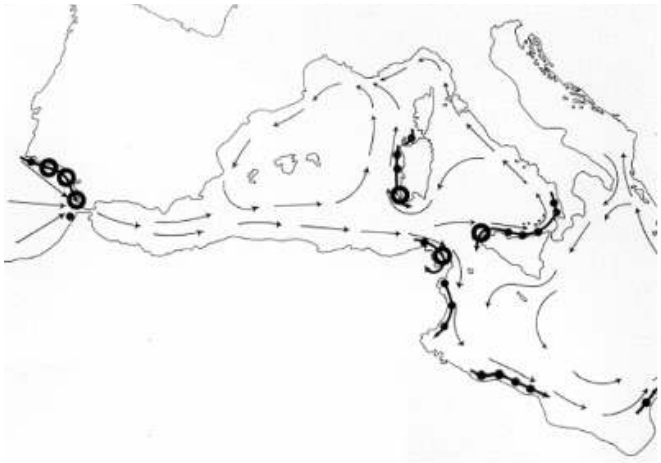


Fig. 9 | percorso dei tonni nel Mediterraneo, coi cerchi neri sono segnate le principali tonnare fisse che intercettano i pesci lungo i loro flussi migratori (Sella,1929).

necessarie temperature di 24-25°C). Quindi i tonni compiono un interno giro del bacino prima di raggiungere le acque a sud del Tirreno, di Malta e delle Baleari, dove avviene la riproduzione nel periodo di luglio. Verso settembre i tonni si dirigono nuovamente in direzione dello Stretto di Gibilterra per uscire dal Mediterraneo. Si è osservato che solo i grandi riproduttori entrano dall'Atlantico per riprodursi in Mediterraneo, ma esiste anche una popolazione di esemplari di dimensioni medio-grandi che rimane stanziale in Mediterraneo. Dei tonni che fuoriescono subito dal Mediterraneo nel mese di maggio per tornare in Atlantico, si è osservato che una buona percentuale di questi migra verso il Golfo di Guascogna, con il quale deve esserci un'importante relazione. Alcuni studi condotti con *archival tag* hanno messo in evidenza come i diversi tragitti percorsi dagli animali potrebbero essere in relazione con l'età dell'esemplare, in particolare è stato osservato come tra i tonni presenti in Atlantico con fino a 6 anni di età, nessuno entra in Mediterraneo, e sono proprio questi a recarsi nel Golfo di Guascogna, che probabilmente rappresenta per loro un'ottima *feeding area*. Gli esemplari con più di 6 anni di età sono invece stati ricatturati in Mediterraneo e questo ha portato a ipotizzare che i giovani tonni quando diventano adulti potrebbero associarsi ai grandi riproduttori ed entrare in Mediterraneo. Questa ipotesi aprirebbe a nuovi possibili scenari anche riguardo alla popolazione stanziale del Mediterraneo: i giovani tonni che nascono in Mediterraneo potrebbero rimanervi fino al raggiungimento della maturità e seguire i grandi riproduttori in uscita dal bacino una volta superati i 6 anni di età.

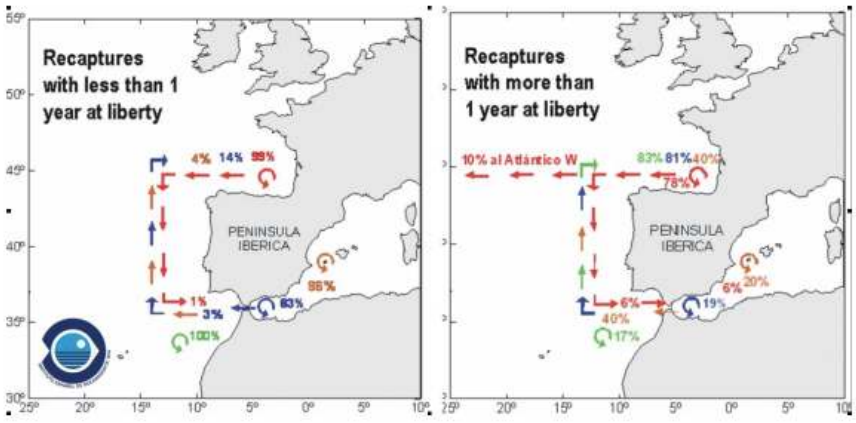


Fig. 10 | relazione tra i tonni che escono dal Mediterraneo subito dopo esservi entrati e il Golfo di Guascogna.

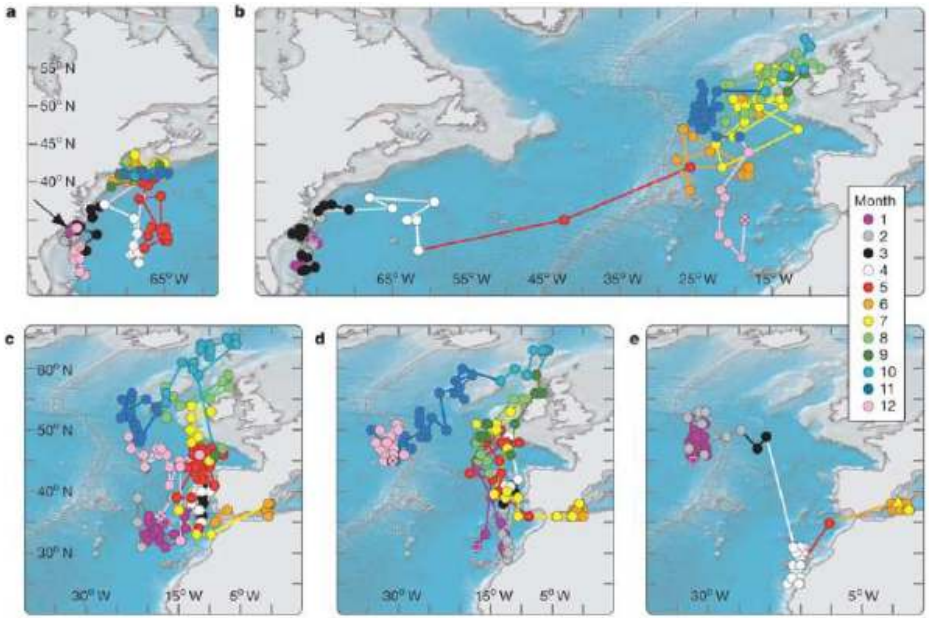


Fig. 11 |Migrazioni di singoli esemplari monitorate con tag satellitari nell'arco di un anno: in alcuni casi è evidente il ritorno al punto di partenza (a), (c), in altri casi a distanza di un anno i tonni si trovano in aree distanti rispetto al punto di partenza (b), (d), (e). I casi (b), (c) ed (e) mostrano l'importanza della relazione col Golfo di Guascogna.

Genetica di popolazione: Dall'utilizzo di tecniche di *next generation sequencing* è stata rivelata una dinamica spaziale molto varia ed un mescolamento genetico intenso tra le popolazioni di tonno rosso di origine atlantica e mediterranea. Un'altra tipologia di analisi che si può effettuare per indagare i pattern di dispersione dei tonni è l'analisi chimica degli otoliti. Queste piccole concrezioni calcaree che si formano nell'orecchio interno dei pesci ossei hanno la particolare proprietà di accumulare nella loro matrice elementi in tracce in relazione alle concentrazioni di questi ultimi nell'ambiente, in particolare dall'analisi del rapporto elementi in tracce /calcio all'interno del 'core' dell'otolita è possibile risalire alla zona di nascita (*source population*) dell'esemplare. In particolare il Mediterraneo è un bacino semichiuso in cui si registrano concentrazioni particolarmente elevate di mercurio, il cui rapporto rispetto al calcio risulta alterato negli otoliti di tonni nati in Mediterraneo o che vi hanno trascorso buona parte della loro vita.

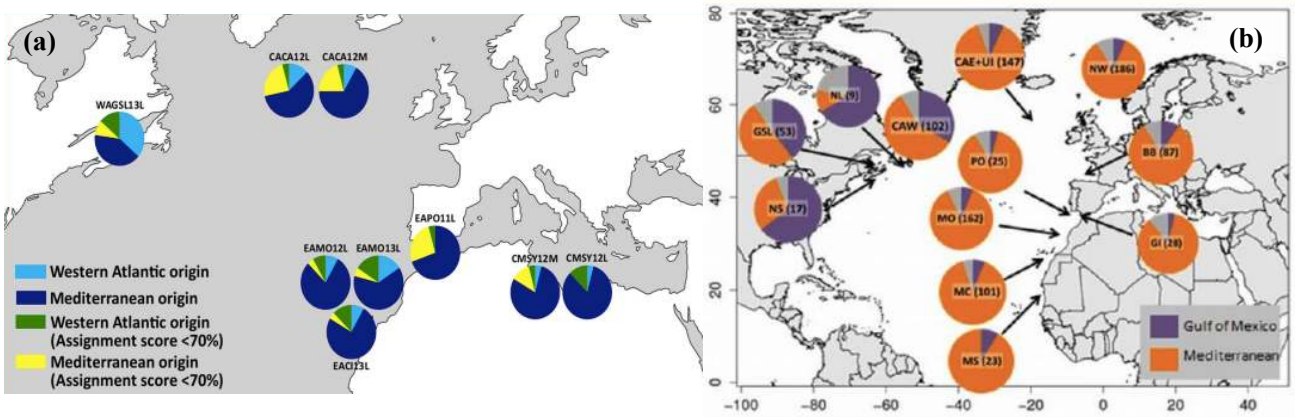


Fig. 12 |origine delle popolazioni di tonno rosso atlantica e mediterranea definita sulla base di analisi genetiche (NGS) (a) e di analisi della composizione chimica degli otoliti (b).

Migrazioni verticali: Il comportamento in immersione dei tonni è particolare, in generale trascorrono la notte più in superficie e il giorno a maggiori profondità, recandosi in media fino a 200-300 m di profondità, eccezionalmente anche fino ad 800 m. Nel periodo estivo quando avviene la riproduzione questo comportamento varia profondamente, i tonni non scendono a grandi profondità, ma si fermano attorno ai 40 m, appena sotto il termoclino, e mettono in atto un comportamento oscillatorio (salita-discesa) che dura per circa una quarantina di minuti. Questo particolare profilo di immersione viene detto profilo di *spawning*, perché durante la risalita le femmine generano una sorta di vortice detto bulacco all'interno del quale emettono i gameti (*spawn*), i tonni maschi seguono le femmine lungo il vortice fecondando le uova. Le femmine dei tonni rossi depongono tutte le uova che producono nell'arco di circa 24 giorni con cadenza giornaliera, per questo la durata di questo comportamento di immersione è di circa 24 giorni.

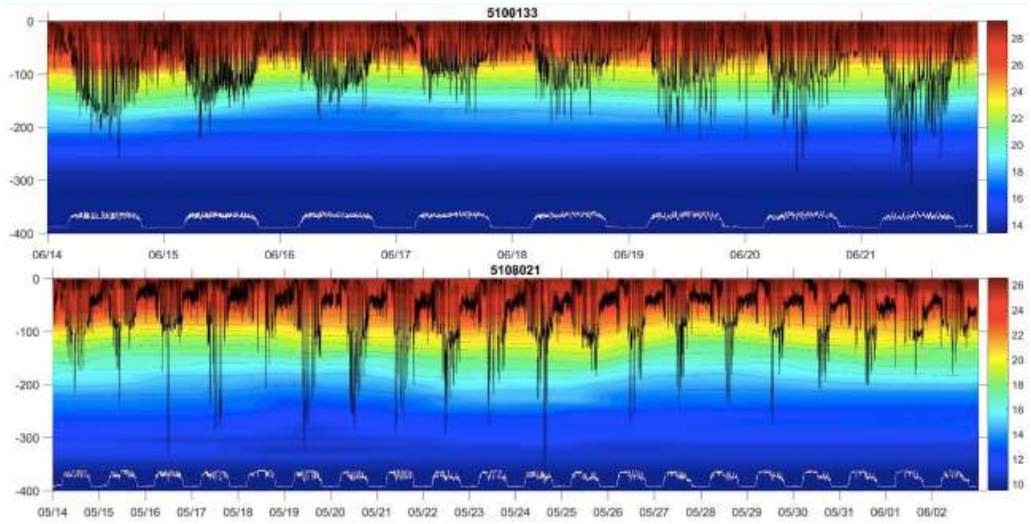


Fig. 13 |confronto tra il profilo di *spawning* (nel mese di luglio) e il normale profilo di immersione (nel mese di giugno) dei tonni rossi in Mediterraneo.

Riproduzione: Nei tonni la deposizione delle uova avviene nel periodo estivo in acque leggermente più vicine alle coste rispetto a quelle frequentate in altri periodi. Le uova prodotte sono pelagiche, così come le larve, che nei primi stadi portano alcune lunghe spine sugli opercoli branchiali. Le aree di *spawning* in Mediterraneo sono diverse a

seconda del periodo in cui gli animali le raggiungono: tra metà maggio e metà giugno i tonni migrano direttamente dallo Stretto di Gibilterra fino al bacino Levantino, dove avviene un primo evento di *spawning*; più tardi, verso fine giugno e inizio luglio i tonni migrano a ovest nel bacino dove incontrano altre due aree di *spawning* localizzate una attorno a Malta e una a sud del Tirreno; infine sempre nel mese di luglio, i tonni seguendo il loro percorso di uscita dal bacino, raggiungono una quarta area di *spawning* localizzata a nord delle Baleari. A partire da queste aree le uova e le larve di tonno si distribuiscono nel bacino principalmente seguendo le correnti, sono state condotte diverse campagne per cercare di comprendere la distribuzione delle uova dei tonni, soprattutto nelle Baleari. Un altro parametro di cui tenere conto, oltre alla distribuzione delle uova e delle larve, riguarda la loro abbondanza: dopo l'evento di *spawning*, l'abbondanza larvale decresce rapidamente, ciò significa che la mortalità è elevata, tuttavia al passare del tempo e quindi all'aumentare della taglia dei sopravvissuti, la curva di mortalità e quindi l'abbondanza larvale tendono a stabilizzarsi. Alcuni hanno proposto l'utilizzo di indici larvali per comprendere lo stato dello stock di tonni in Mediterraneo, non senza critiche. Negli impianti di ingrasso di tonni, dove questi animali vengono portati prima di essere uccisi e venduti, si verifica una grande produzione di uova e di larve. Queste uova possono essere prelevate e mantenute in apposite vasche finché non si verifica la crescita delle giovani larve. Questa pratica, ovvero il vero e proprio allevamento dei tonni rossi, potrebbe rappresentare una nuova frontiera per lo sfruttamento dello stock ittico. Vi sono tuttavia alcune problematiche non indifferenti che riguardano il mantenimento di uova e larve:

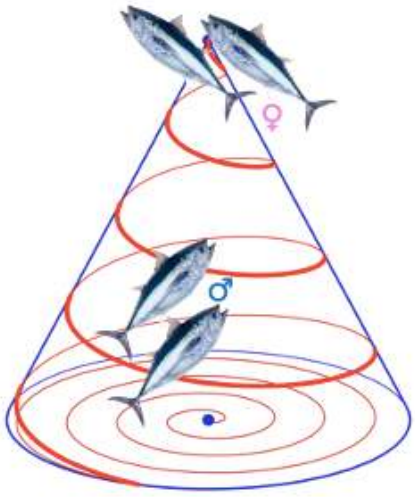


Fig. 14 |comportamento riproduttivo dei tonni: le femmine risalgono creando un vortice in cui emettono i gameti, seguite dai maschi che fecondano le uova.

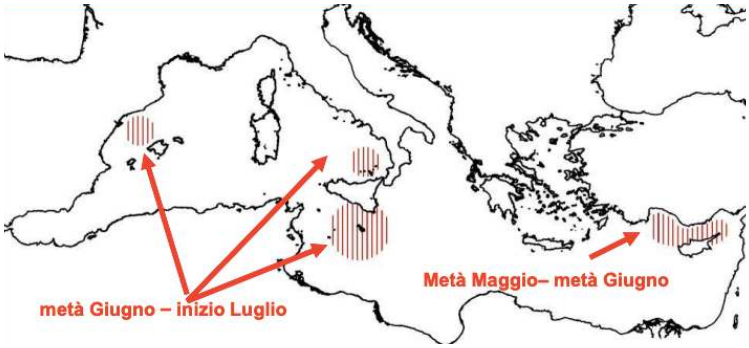


Fig. 15 |aree di *spawning* in Mediterraneo.

- Perché gli animali raggiungano la taglia commerciale, sono necessari almeno 2 anni;
- Alcune meduse e altre forme di plancton gelatinoso, si cibano delle uova di tonno e delle larve (questo potrebbe rappresentare una possibile fonte di impatto sugli stock ittici in un mare sempre più dominato dalla componente del plancton gelatinoso);
- Il problema delle cosiddette "*alien eggs*", oltre ai tonni anche altre specie di pesci depongono le uova poco prima di loro, talvolta queste uova si schiudono prima di quelle dei tonni e i giovanili possono cibarsi delle uova di tonno (es. skipjack tuna – tonnetto striato).

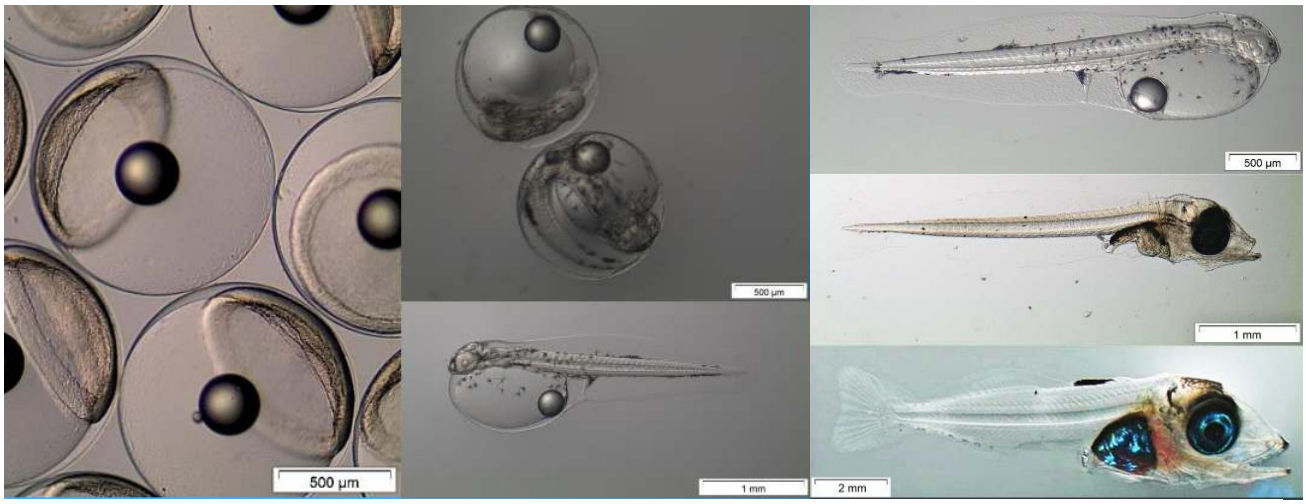


Fig. 16 |uova e larve di tonno rosso in diversi stadi di sviluppo.

Accrescimento: Dalle curve di crescita di questo animale reperibili in letteratura si osserva che la taglia di prima maturità sessuale di circa 103-104 cm è raggiunta all'età di 2-4 anni la taglia media è raggiunta all'incirca a 7-10 anni. L'accrescimento è molto rapido, ad un anno dalla nascita il pesce misura circa 70 cm e pesa da 3 a 5 kg. L'investigazione su un ampio numero di campioni ha confermato che il tonno rosso dell'est-atlantico presenta una taglia di prima maturità sessuale molto più bassa di quella rilevata per il tonno rosso dell'ovest-atlantico (170 cm). l'età massima che questi animali possono raggiungere, può essere anche di 35 anni. La determinazione dell'età nei tonni si può effettuare dagli otoliti ma questi sono molto piccoli, per questo quando è possibile si sfruttano i raggi della pinna dorsale, in particolare viene prelevato il primo raggio della pinna dorsale (a differenza dello spada dove viene prelevato il secondo), a livello della sezione del raggio possono essere contati gli anelli di accrescimento. Il conteggio degli anelli di accrescimento sulla sezione del raggio della dorsale non è sempre facile e presenta alcune problematiche: la parte centrale del raggio della pinna è vascolarizzata e si espande con la crescita dell'animale, questo determina il riassorbimento dei primi anelli. Se si utilizzano gli otoliti non si presenta questo problema, ma il conteggio risulta più complicato per via della scala dimensionale a cui si lavora, in questo caso va prima effettuata una sezione dell'otolita e poi si effettua il conteggio.

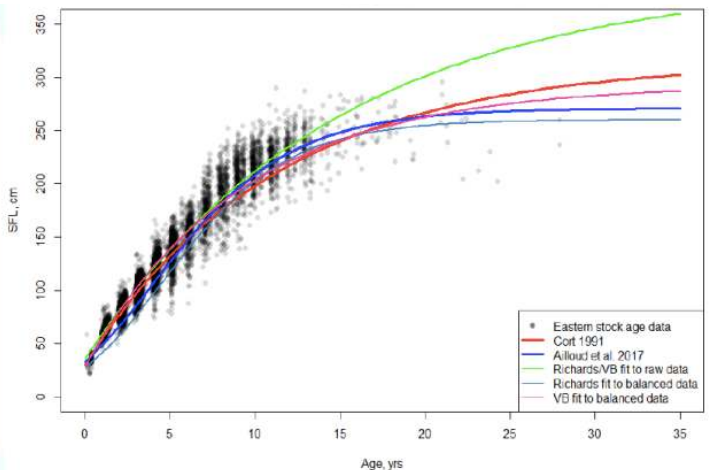


Fig. 17 |curve di crescita per diversi esemplari di *T. thynnus*.

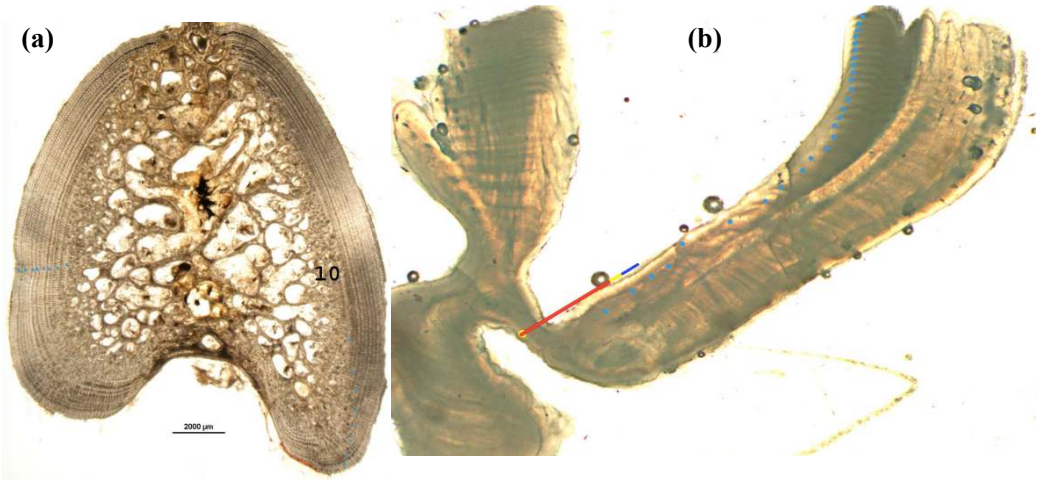


Fig. 18 |rilevamento degli anelli di accrescimento a livello della sezione del II raggio della dorsale (a) e della sezione dell'otolita (b).

Taglia: Il tonno rosso può arrivare a superare i 3 m di lunghezza anche se le catture più comuni sono quelle di esemplari con taglie che si aggirano attorno ai 2 m, per quanto riguarda il peso si registra il record di un esemplare pescato pesante 725 kg.

Alimentazione: Dall'analisi dei contenuti gastrici di tonni mediterranei è emerso come circa il 75% della dieta sia costituito da pesci, una buona percentuale da crostacei (circa 20%) e solo il 5% da cefalopodi, a testimoniare per il tonno un comportamento da predatore opportunista, con una dieta abbastanza varia. Andando ad esaminare la composizione in specie della biomassa rilevata nei contenuti gastrici, 2 specie risultano particolarmente importanti: l'acciuga (*Engraulis encrasicolus*) che da sola costituisce circa il 66% della dieta del tonno e il krill, la *Meganychtiphanes norvegica*, che costituisce circa il 18,2% della dieta del tonno. La presenza così abbondante di krill nei contenuti gastrici del tonno rosso suggerisce che probabilmente quando le acciughe scarseggiano, questo animale è in grado di attuare una strategia di filtratore occasionale. I tonni rossi presentano infatti delle brachiospine modificate, particolarmente sviluppate, che utilizzano per intercettare il krill presente nel flusso d'acqua diretto verso la cavità branchiale. L'adozione di questa strategia da parte del tonno rosso, lo pone in competizione con le balenottere presenti in Mediterraneo, che si cibano esclusivamente di krill. E come queste ultime anche il tonno

rosso risulterà particolarmente sensibile al problema delle microplastiche, che l'animale assume filtrando l'acqua, i contenuti stomacali di microplastiche nei tonni rossi sono infatti molto più elevati rispetto che in altri grandi pelagici non filtratori come il pesce spada. L'analisi dei contenuti gastrici dei tonni ha permesso anche di evidenziare marcate differenze nella dieta di esemplari pescati con attrezzi differenti: nei contenuti stomacali dei tonni pescati dalle tonnare volanti prevale la presenza di acciughe, mentre in quelli di tonni pescati col palangaro mesopelagico prevalgono altre prede.

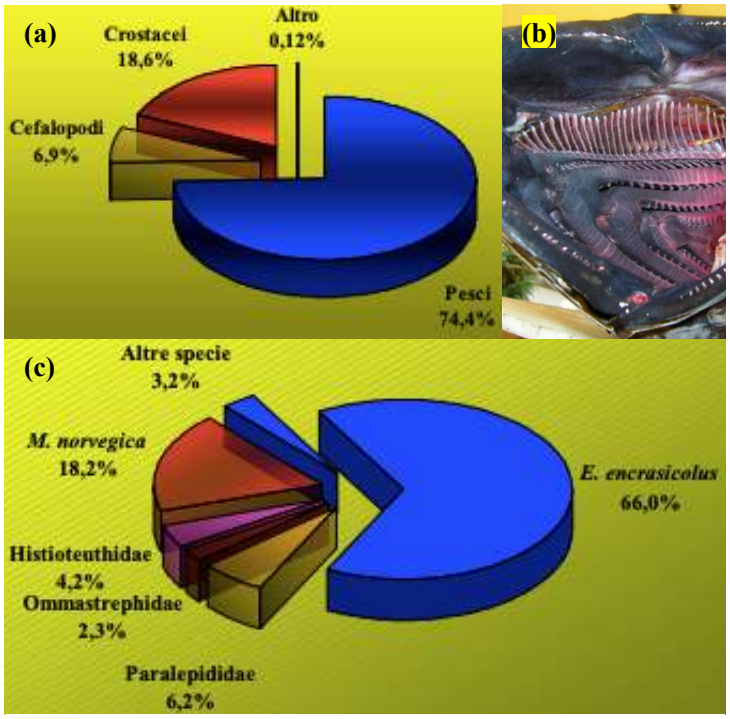


Fig. 19 |composizione della dieta di *T. thynnus* in Mediterraneo (a) con dettaglio delle specie (c); immagine delle brachiospine sviluppate (b).

Altri scombridi pelagici del Mediterraneo:

***Scomber colias* – cavalla**



Nome scientifico:	*Scomber colias* (Gmelin, 1789)
Classificazione:	
Ordine	Perciformes
Famiglia	Scombridae
Genere	*Scomber*
Specie	*S. colias*

Specie che ha sostituito il congenerico *Scomber scombrus* in Mediterraneo. La sua taglia oscilla tra 35-50 cm. Si ciba soprattutto di piccoli pesci come acciughe o latterini, ma anche di meduse.

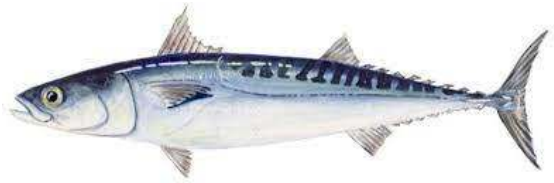
***Sarda sarda* – palamita o small tuna**



Nome scientifico:	*Sarda sarda* (Bloch, 1793)
Classificazione:	
Ordine	Perciformes
Famiglia	Scombridae
Genere	*Sarda*
Specie	*S. sarda*

Si riconosce per via della presenza di caratteristiche striature nere-grigiastre sul dorso con andamento orizzontale. Può arrivare a misurare fino a 80 cm per 10 kg di peso, ma normalmente è più piccola. È molto pescata in Turchia.

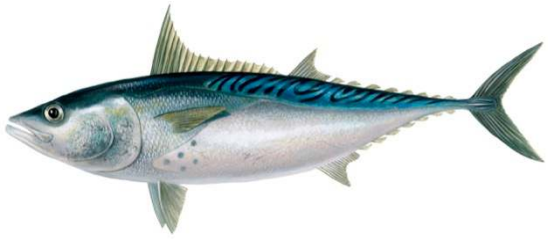
***Auxis rochei* – tombarello**



Nome scientifico:	*Auxis rochei* (Risso, 1810)
Classificazione:	
Ordine	Perciformes
Famiglia	Scombridae
Genere	*Auxis*
Specie	*A. rochei*

Presenta delle ornamentazioni scure sul dorso (disegni reticolati), le pinne pettorali sono molto corte. Le dimensioni massime raggiunte sono di 45 cm per un peso che può arrivare fino a 1-2 kg.

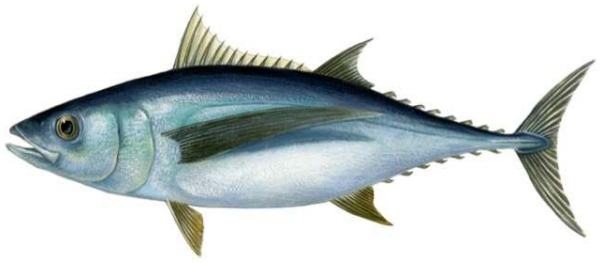
***Euthynnus alletteratus* – alletterato**



Nome scientifico:	*Euthynnus alletteratus* (Rafinesque, 1810)
Classificazione:	
Ordine	Perciformes
Famiglia	Scombridae
Genere	*Euthynnus*
Specie	*E. alletteratus*

Simile al tombarello da cui si distingue per le pinne dorsali contigue e l'occhio più piccolo, può essere confuso anche col giovane tonno rosso, ma si distingue per via della presenza delle caratteristiche striature sul dorso e di macchie nere sulla porzione ventrale. Può raggiungere 1 m di lunghezza e arrivare a pesare fino a 14-16 kg. Presentano una caratteristica "lisca bifida". Talvolta ne vengono effettuate delle grandi pescate nella Tonnarella di Camogli. È più apprezzato a livello commerciale rispetto al tombarello.

***Thunnus alalunga* – alalunga**



Nome scientifico:	*Thunnus alalunga* (Bonnaterre, 1788)
Classificazione:	
Ordine	Perciformes
Famiglia	Scombridae
Genere	*Thunnus*
Specie	*T. alalunga*

Molto simile al tonno rosso, da cui si distingue per via delle pinne pettorali estremamente lunghe, che raggiungono l'apertura anale, e dell'occhio più grande e oblungo. Raggiunge 1 m di lunghezza e un peso che in media si aggira tra 10-13 kg, in casi eccezionali possono arrivare a pesare fino a 20-25 kg. Si pesca sia col palangaro di superfice che con le piccole reti derivanti. Sono state condotte campagne uova-larve simili a quelle viste per il tonno rosso alle Baleari. Attualmente lo stock del Mediterraneo di questa specie risulta in sovrappesca, per questo è stato messo in atto un recovery plan a partire dal 2022 simile a quello visto per il tonno rosso, che ha previsto l'introduzione delle quote di pesca.

I CETACEI DEL SANTUARIO

Generalità: sistematica dei cetacei

I cetacei sono un infraordine appartenente all'ordine **Cetartiodactyla**. L'infraordine **Cetacea** comprende circa **85 specie**, quasi tutte marine tranne 5 specie di delfini d'acqua dolce. Le specie sono suddivise in due parvordini, **Mysticeti** e **Odontoceti** (una volta ritenute sottordini dell'ordine Cetacea). Esiste un terzo parvordine, quello degli Archaeoceti, cui appartengono solo specie estinte. I misticeti includono 14 specie riconosciute ufficialmente dalla *Society marine mammology*, tuttavia da lavori genetici dei giapponesi i Misticeti sembrerebbero essere 15. Sono invece 70 le specie di odontoceti.

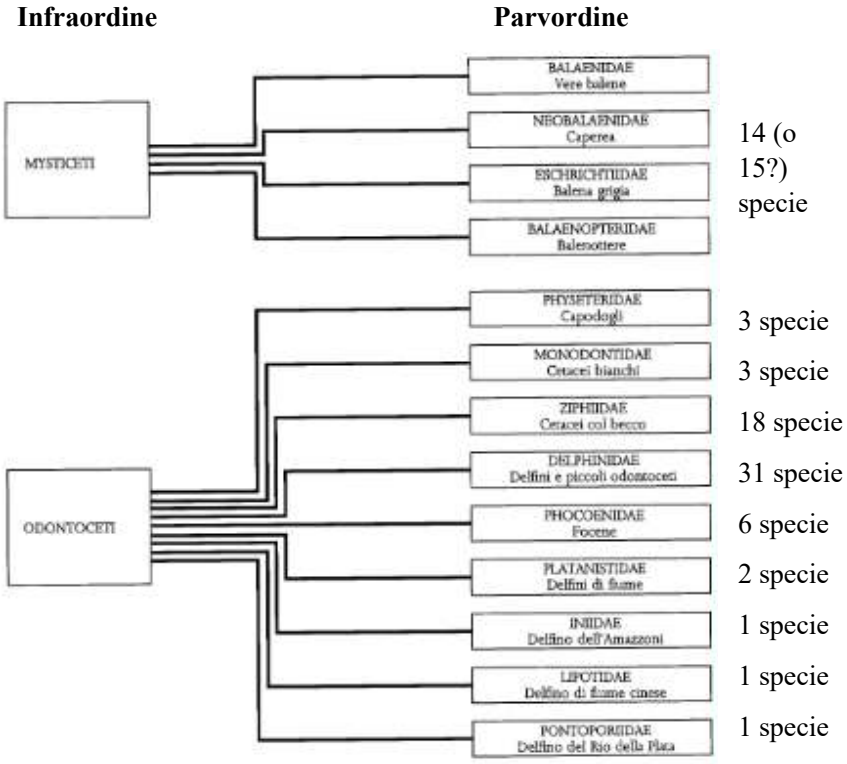


Fig. 1 | classificazione attuale dei cetacei.

Generalità: filogenesi ed evoluzione

L'ordine dei Cetartiodactyla unisce gli artiodattili e i cetacei, gli ultimi considerati discendenti dei primi a seguito di numerosi studi. Gli **Artiodattili** sono un ordine di Mammiferi Euteri, con diti del piede sempre pari (2 o 4), atti a sostenere tutto il peso del corpo e provvisti di un'unghia molto spessa e robusta detta zoccolo, sono tipicamente erbivori e hanno uno stomaco diviso in quattro camere (omaso, abomaso, reticolo e rumine), da cui anche il nome di Ruminanti.

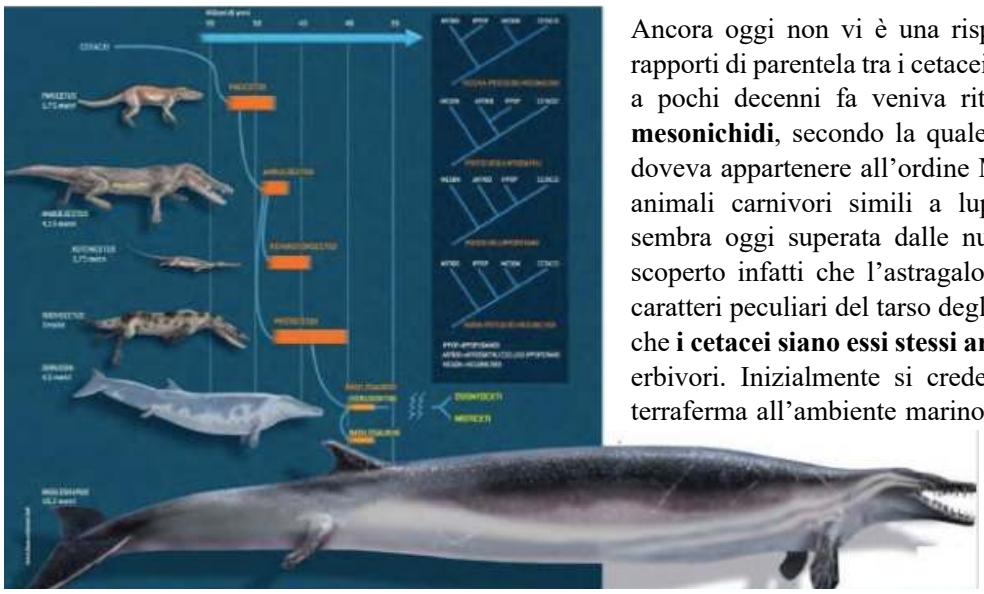


Fig. 2 | ricostruzione degli steps che in 50 milioni di anni hanno portato all'attuale distribuzione dei cetacei: (a) *Pakicetus inachus* – 50 mya; (b) *Ambulocetus natans* – 49 mya; (c) *Maiacetus inuus* – 47 mya; (d) *Rodhocetus kasrani* – 47-40 mya; (e) *Durodon atrox* – 41-33 mya; (f) *Basilosaurus cetoides* – 40-34 mya.

Ancora oggi non vi è una risposta certa a quali siano i rapporti di parentela tra i cetacei e gli altri mammiferi. Fino a pochi decenni fa veniva ritenuta valida **l'ipotesi dei mesonichidi**, secondo la quale il progenitore dei cetacei doveva appartenere all'ordine Mesonychia, che includeva animali carnivori simili a lupi, tuttavia questa ipotesi sembra oggi superata dalle nuove scoperte fossili. Si è scoperto infatti che l'astragalo degli antichi cetacei ha i caratteri peculiari del tarso degli artiodattili, ciò fa pensare che **i cetacei siano essi stessi artiodattili**, attualmente tutti erbivori. Inizialmente si credeva che il passaggio dalla terraferma all'ambiente marino non avesse portato con sé anche una completa rivisitazione delle abitudini alimentari, attualmente si ritiene che l'adattamento del trofismo sia stato successivo al passaggio dalla terraferma al mare. Alcuni studi molecolari hanno indicato che

l'artiodattilo attualmente esistente che filogeneticamente più si avvicina ai cetacei è l'ippopotamo, tuttavia resta ancora da vedere se le testimonianze fossili saranno in grado di sostenere questa ipotesi.

La filogenesi dei cetacei mostra la discendenza dei due parvordini attuali, odontoceti e misticeti (anche detti Neoceti), dagli estinti **Archeoceti**, che hanno popolato i mari del Pianeta a partire da circa 50 milioni di anni fa, per circa 30 milioni di anni. Uno dei gruppi più studiati di Archeoceti è quello dei **Pachicetidi**, che proprio circa 50 milioni di anni fa si sono svincolati dall'ambiente terrestre per colonizzare quello acquatico, probabilmente perché il mare rappresentava per loro un'immensa nicchia ancora inesplorata e un ottimo rifugio dai grossi predatori presenti sulla terraferma (questo fa pensare a delle modeste dimensioni per questo gruppo). Dalla colonizzazione dell'ambiente marino ad oggi si sono susseguiti diversi steps evolutivi (testimoniati dai ritrovamenti fossili, vd. Fig. 2) che hanno portato all'attuale distribuzione dei mammiferi marini. Si pensa che attorno a 35 milioni di anni fa si verificò la divergenza tra gli antichi Archeoceti e i due gruppi di Neoceti attualmente presenti.

Generalità: caratteristiche comuni a odontoceti e misticeti

Le principali caratteristiche comuni ai due gruppi attualmente esistenti sono:

- **Perdita** degli **arti posteriori** e del **cinto pelvico** (possono essere presenti dei rudimenti vestigiali);
- Trasformazione degli **arti anteriori** in strutture **analoghe a pinne**, grazie ad un processo di allungamento e aumento del numero di falangi (**iperfalangia**);
- Le **scapole** sono **affondate nel muscolo** e non articolate con la colonna vertebrale, infatti le pinne pettorali in questo caso non hanno una funzione propulsiva (data dalla coda) ma servono esclusivamente come organi di stabilizzazione del nuoto;
- **Potenziamento** della muscolatura **della coda** e sviluppo dei lobi caudali (con orientamento perpendicolare rispetto alla colonna vertebrale) e comparsa dell'emapofisi, un sostegno a "V" che permette un sostegno maggiore nelle vertebre della regione caudale; la coda infatti funge da principale organo propulsivo;
- Fusione delle vertebre cervicali e **riduzione del collo**;
- **Scomparsa dell'eterodonzia** (prerogativa dei progenitori), perché non vi è masticazione (nemmeno negli odontoceti);
- Perdita del senso dell'olfatto (sono **anosmatici**);
- Comparsa di una **pinna dorsale** che si forma come duplicatura cutanea con tessuto connettivo e fibre di collagene, **non collegata all'apparato scheletrico** (non presente in tutte le specie, es. narvali che devono nuotare sotto le banchise polari);
- **Perdita nel pelo** (residui vestigiali in alcuni feti sul rostro, es. vibrisse) e funzione termoisolante sostituita con accumuli di grasso: utilizzano il **pannicolo adiposo** (o ***blubber***) che possiede ottime capacità coibenti nel mezzo liquido, perché il grasso è irrorato da vasi sanguigni; i cetacei sono in grado di aprire e chiudere la circolazione in determinati distretti del sistema circolatorio per termoregolare;
- Elevata **efficienza dei reni**;
- Progressivo cambiamento della disposizione e della dimensione delle diverse componenti ossee che ha favorito lo spostamento delle narici dalla punta del muso verso la porzione superiore della nuca (più funzionale per la respirazione durante il nuoto), questo processo è noto come **telescopia**; i misticeti hanno conservato l'apparato respiratorio a 2 narici, negli odontoceti i due fori si sono fusi formando un'unica apertura;
- Sviluppo di **meccanismi di ricezione e produzione di suoni**, con perdita di corde vocali e padiglione auricolare (talvolta rimasti vestigiali).

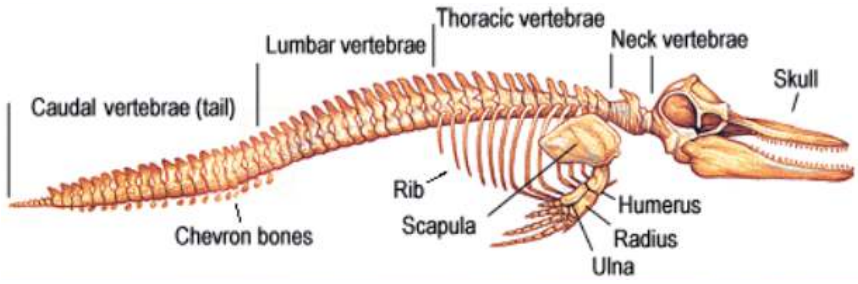


Fig. 3 | apparato scheletrico di un cetaceo odontoceto.

Principali differenze tra cetacei odontoceti e misticeti

Odontoceti	Misticeti
13 specie conosciute	75-80 specie conosciute
Provvisti di **denti**, utilizzati esclusivamente per cacciare, non per masticare.	Provvisti di **fanoni**, lamine di cheratina che derivano da modificazioni dell'epidermide, che hanno lo scopo trattenere il plancton presente nell'acqua di cui questi animali si nutrono, sono organi di filtrazione.
Asimmetria cranica spiccata, con presenza di un'unica narice (formatasi dall'unione dei due fori) trasferitasi sopra il capo.	Asimmetria cranica meno accentuata, con presenza di due narici separate trasferitesi sopra il capo.
Alcuni sono apneisti straordinari.	Capacità di immersione limitate.
Compiono brevi migrazioni legate alla riproduzione o rimangono stanziali.	Compiono lunghe migrazioni riproducendosi in genere in acque più calde e spostandosi per l'alimentazione verso acque più fredde e produttive.
Eco-localizzano le loro prede.	Non eco-localizzano le prede.
Frequenze di comunicazione molto alte.	Frequenze di comunicazione molto basse.

Produzione di suoni ed ecolocalizzazione

Sia gli odontoceti che i misticeti sono in grado di produrre e recepire suoni. Gli odontoceti fanno ampio utilizzo della comunicazione acustica per due motivi differenti: la **produzione di suoni sociali**, ovvero fischi modulati in frequenza che gli animali utilizzano per la comunicazione intraspecifica e l'**ecolocalizzazione**, una caratteristica esclusiva degli odontoceti, definita come la capacità degli animali di orientarsi basata sulla trasmissione di impulsi ultrasuonici e sulla recezione di eco di ritorno di questi impulsi dopo che hanno sbattuto sugli oggetti, L'ecolocalizzazione consiste nella produzione di cosiddetti "*click*", ovvero degli impulsi ad *elevata frequenza* (circa 100000 Hz) prodotti da organi fonatori e veicolati nell'ambiente esterno attraverso una struttura adiposa che è detta **melone**, essa conferisce la forma caratteristica della testa di alcune specie (es. delfini, capodogli) e funziona come una lente di focalizzazione che orienta gli impulsi ultrasuonici prodotti in modo che questi vadano a sbattere contro un oggetto target. Dopodiché questi impulsi ultrasuonici ad elevata frequenza tornano indietro, vengono veicolati all'orecchio esterno attraverso l'osso della mandibola, arrivano al cervello che costruisce delle elaborazioni tridimensionali dell'ambiente esterno. I cetacei misticeti invece sono particolarmente studiati da un punto di vista della comunicazione acustica soprattutto per quelle che vengono dette "*songs*" (canzoni delle balene), si tratta di segnali ripetuti a formare delle sequenze stereotipate ed organizzate secondo una struttura gerarchica. In particolare, dei segnali acustici ripetuti a determinate frequenze detti frasi si vanno a concatenare dando origine a segnali più complessi detti temi e dall'unione di più temi si ottiene una cosiddetta canzone. Si pensa che la produzione delle canzoni abbia un significato di comunicazione intraspecifica (talvolta addirittura si possono distinguere dialetti tipici delle singole popolazioni) e nella individuazione di sciami di krill. Da un punto di vista acustico questi suoni

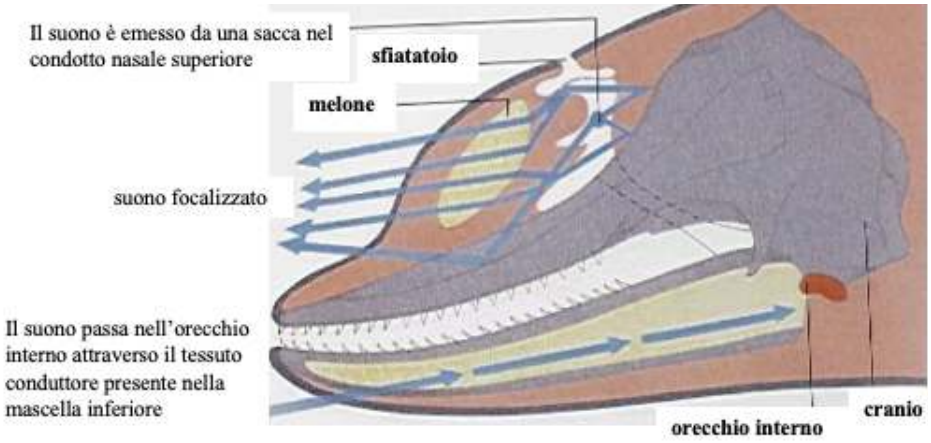


Fig. 4 |principali organi coinvolti nella ricezione e nella produzione di suoni in un cetaceo odontoceto.

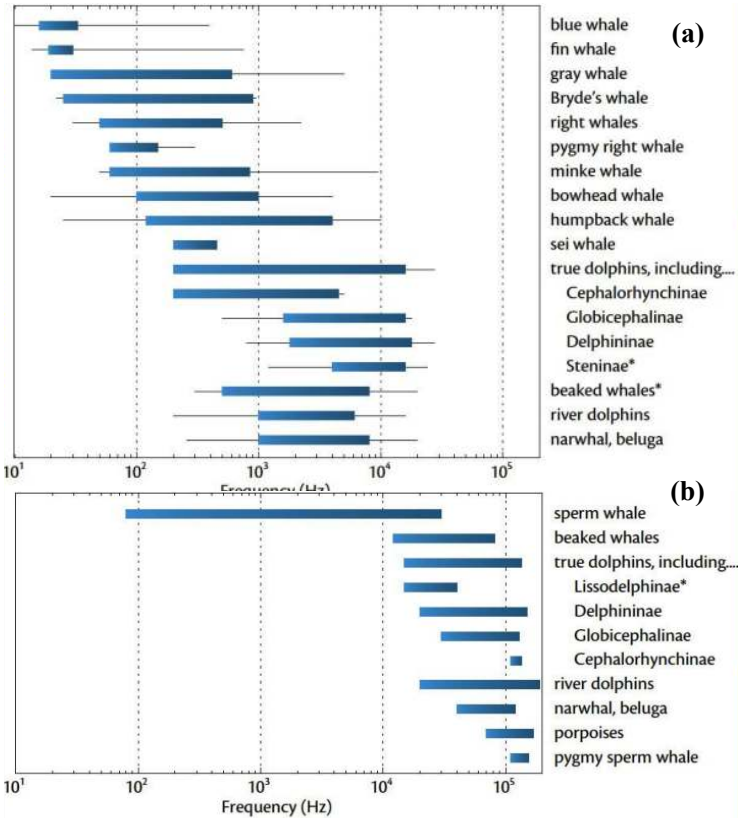


Fig. 5 |(a) frequenze di comunicazione in cetacei misticeti e odontoceti; (b) frequenze di ecolocalizzazione in cetacei odontoceti.

Alimentazione di cetacei misticeti e odontoceti

I cetacei misticeti e odontoceti hanno un'alimentazione completamente differente. Tendenzialmente gli odontoceti hanno prede più grandi come pesci e cefalopodi, che possono essere sia gregari che solitari, generalmente in base alla taglia, questi sono degli ottimi target acustici e sono più facilmente individuabili con le alte frequenze piuttosto che con le basse frequenze. Spesso nei contenuti gastrici di capodoglio si ritrovano sia cefalopodi di grandi dimensioni, come *H. bonnelli*, che raggiunge fino a 6 kg di peso, ma con un basso numero, sia cefalopodi più piccoli, come *H. reversa*, molto abbondanti. I misticeti invece prediligono prede più piccole, come il krill, che va a costituire grandi aggregati in cui si può trovare più o meno concentrato, questi sono più facilmente individuabili con le basse frequenze piuttosto che con le alte.

che compongono le canzoni delle balene sono a *bassa frequenza* (< 4 kHz) e quindi hanno una lunghezza d'onda molto ampia e sono udibili a centinaia di km. Inoltre quando le balene cantano assumono una posizione caratteristica: rivolgono il capo verso il fondale oceanico e la coda verso la superficie. Questo consente loro di indirizzare con un'angolatura particolare il segnale acustico per far si che questo rimbalzi tra il fondale oceanico e la superficie. Questo permette al segnale di viaggiare per lunghissime distanze. Per quanto riguarda i meccanismi di ricezione dei suoni, i segnali acustici negli odontoceti vengono veicolati all'orecchio interno attraverso la mandibola, che è cava e piena di grasso, ed è direttamente collegata con l'orecchio interno. Nei misticeti i suoni sono intercettati dalla particolare conformazione del cranio di questi animali, che funge da padiglione acustico. La sede di produzione dei suoni nei cetacei odontoceti sono i sacchi aeriferi, che sono in stretto contatto con lo sfiatatoio, le vie aeree superiori sono poi collegate attraverso la glottide alla trachea. La glottide funziona da valvola e quando si apre permette l'ingresso di aria nella trachea.

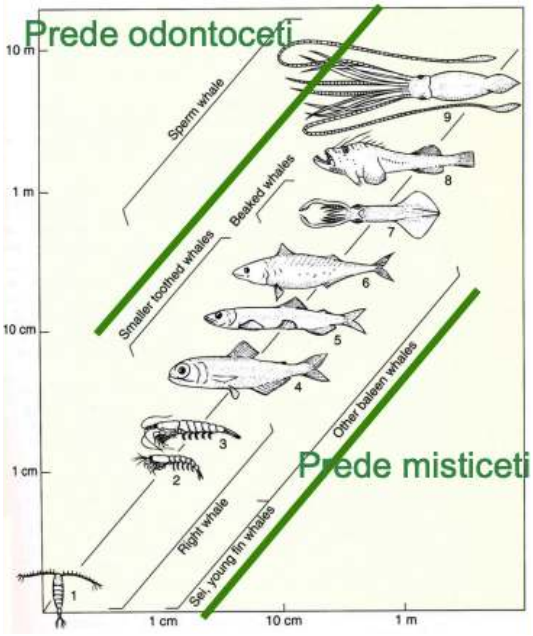


Fig. 6 |le principali prede preferite da cetacei odontoceti e misticeti.

Storia della caccia baleniera nel mondo

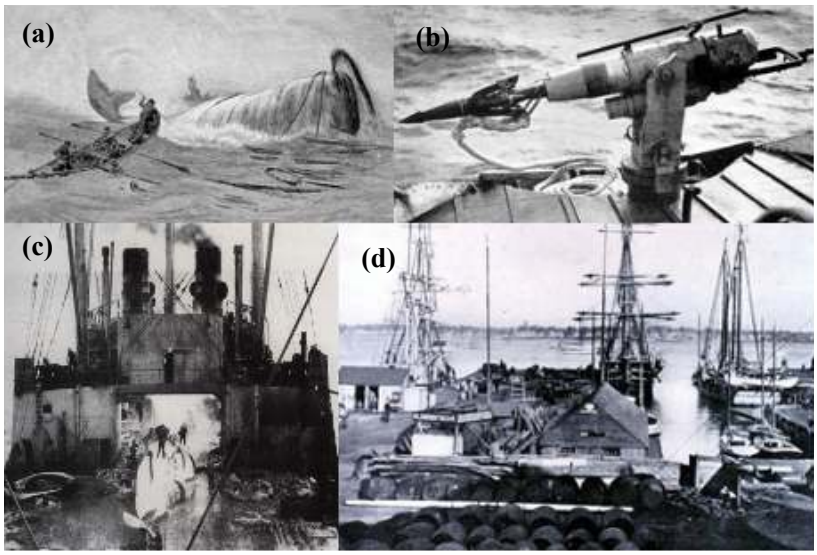


Fig. 7 | (a) Raffigurazione della caccia alle balene con arpione scagliato a mano; (b) Cannoncino lancia arpione (dal 1864); (c) Lavorazione della carcassa a bordo sulle navi fattoria; (d) La base baleniera in Antartide istituita nel 1944.

Le prime testimonianze di una caccia baleniera risalgono a oltre 3000 anni fa, quando i primi abitanti della Norvegia cacciavano le balene costringendole nei fiordi dove i cetacei venivano poi finti a colpi di arpione. Ma andando a scorrere le cronache antiche, molti altri popoli, utilizzando tecniche più o meno primitive, erano soliti uccidere i cetacei, grandi e piccoli, che spesso costituivano una fonte insostituibile di sostentamento. Eschimesi, Siberiani (stretto di Bering) Norvegesi, Giapponesi, Indiani della Regione di Vancouver praticavano tutti caccia alle balene. I Baschi a partire dal IX secolo iniziarono un'attività di caccia molto intensa con avvistamento da terra. Nelle stampe antiche sono numerosi gli esempi di attività legate all'utilizzo di cetacei. Tali attività, in molti casi erano di portata ridotta, ma altre, ad esempio la caccia alla balena franca nera del Nord Atlantico (*Balaena glacialis*) da parte dei baschi, avevano già portato ad un netto declino le popolazioni di cetacei sfruttate. È soprattutto a partire dall'800 che lo sfruttamento dei cetacei assume proporzioni "globali", quando le flotte baleniere solcano a poco a poco tutti i mari del mondo. Anche il progresso nella tecnologia impiegata per la caccia alle balene è stato importante nell'evoluzione di questa pratica. Dapprima si cacciava con l'arpione, scagliato a mano, nel 1864, il norvegese Sven Foyn inventò il cannoncino lancia arpione. Dopo 4 anni di test, nel 1868, l'invenzione era ormai efficiente. Era iniziata così l'era della caccia industriale alle balene e ai capodogli. Inoltre, con l'avvento dei motori si potevano inseguire e catturare anche specie più grandi e veloci. Agli albori le carcasse venivano lavorate fuori bordo, con notevoli fatica e pericoli, ma con l'introduzione delle prime navi fattoria, dotate di scivolo a poppa per semplificare il recupero delle carcasse, queste potevano essere lavorate completamente a bordo. Nel 1904 fu installata la prima base baleniera in Antartide. A causa di queste innovazioni molte popolazioni di balene si trovavano già vicine all'estinzione. Per quanto riguarda i numeri delle catture, dopo il 1868, quando i numeri di esemplari catturati all'anno erano ancora molto bassi (tra i 60 e i 100), inizia un drastico aumento delle catture, che raggiunge il suo apice nel 196-62 quando si arrivano a catturare più di 66.000 esemplari. Negli anni successivi i numeri calano per via del declino delle popolazioni di balene, fino ad arrivare verso la fine del 1900 con poco più di 1.500 catture all'anno.

I Prodotti della balena:

Collagene	per gelatina per dolci e pellicole
Denti	avorio
Fanoni	corsetti, busti, guaine, fruste, scudisci, spazzole, tende, parrucche
Fegato	olio soprattutto per la farmacopea
Olio di balena	lampade, candele, sapone, base per margarina e strutto, glicerina (esplosivi)
Ossa	materiale da costruzione, utensili
Pelle	colla, scarpe
Sangue	fertilizzante
Tendini	corde rachette, fili da sutura
Carne	consumo umano, cibi in scatola per animali, mezzi per colture batteriche

Spermaceti	Concia delle pelli, cosmetici, creme, lubrificanti per motori e meccanismi di precisione

Per gestire la caccia fu istituita nel 1944 la ***Internationa Whaling Commission*** (IWC), un'organizzazione internazionale specializzata nella gestione della pesca, che si pone come scopo quello di provvedere alla corretta gestione degli stock di balene e quindi rendere possibile lo sviluppo ordinato dell'industria baleniera. La partecipazione all'IWC non è limitata agli stati coinvolti nella caccia alle balene, ad oggi si contano 88 nazioni aderenti. Gli anni '70 hanno visto l'inizio del movimento globale contro la caccia alle balene. Nel 1972 la **Conferenza delle Nazioni Unite sull'ambiente umano** tenutasi a Stoccolma adottò una proposta che raccomandava una moratoria di dieci anni sulla caccia commerciale alle balene per consentire la ripresa degli stock. Dal 1967, anno in cui la moratoria è stata accettata dalla maggior parte dei paesi balenieri, vi sono paesi in cui si pratica ancora una qualche attività baleniera. Allo stesso tempo, un certo numero di stati non cacciatori di balene e anti-caccia, aderirono all'IWC e alla fine ottennero la maggioranza sulle nazioni baleniere. Alcuni paesi che in precedenza erano le principali forze baleniere, come gli USA, sono diventati forti sostenitori della causa anti-caccia alle balene. Tra i paesi che ancora praticano attività baleniera vi è il Giappone che nel 2018 ha ritirato la sua adesione dalla IWC, che pratica attività di caccia nelle sue acque territoriali e nella sua zona economica esclusiva. In Norvegia, nelle **isole FaerOer** viene praticato il **"Grindadrap"**, la tipica caccia ai cetacei di queste isole, non approvata dalla IWC, che rappresenta una delle maggiori risorse economiche di queste isole. Circa 950 globicefali vengono uccisi ogni anno, principalmente durante l'estate. La caccia non è un'attività commerciale e tutti possono parteciparvi, le isole sono suddivise in distretti per spartire la caccia alle balene, per evitare un numero eccessivo di uccisioni degli animali.



Fig. 8 | crude immagini della caccia alle FaerOer.

Attività baleniera in Mediterraneo

Nel XVIII secolo almeno due spedizioni da parte di navi baleniere americane, la Johon Dawson nel 1865 e la President II nel 1869, partirono alla volta del Mediterraneo in cerca di balene. La prima trascorse 67 giorni nel bacino, fino a raggiungere le coste della Grecia orientale, mentre la seconda rimase solamente 16 giorni nel Mare di Alboran. I risultati di queste spedizioni furono abbastanza deludenti e si dovettero aspettare i primi del 900 prima che l'attività baleniera industriale raggiungesse il Mediterraneo. Si scoprì ben presto che nelle zone in prossimità dello Stretto di Gibilterra, nel Mare di Alboran, ci fosse una grande presenza di cetacei. Le principali stazioni baleniere del bacino si trovavano sulle coste spagnole, operando da Getares (1921-1926) e Benzù (1949-1950). Il picco di esemplari catturati si toccò nel 1924 con un totale di 1.405 cetacei uccisi, questi numeri calarono drasticamente negli anni successivi per via del declino delle popolazioni. In Mar Ligure non c'è mai stata una vera e propria attività baleniera, tuttavia nei primi anni del 900, i cetacei erano visti come una minaccia dai pescatori, coi quali entravano sempre di più in competizione per le risorse ittiche. Nel 1914 il "Sindacato ligure-sardo della pesca" lanciò una campagna nei mari Ligure, Sardo e a nord del Tirreno, istituendo una taglia sulla cattura dei delfini. Venivano corrisposti premi a chi portava una testa di delfino, che raddoppiavano se la testa era di una femmina gravida. Prima che la campagna partisse il Sindacato stipulò un accordo col Museo di Storia Naturale di Genova per cui tutte le teste di delfini catturati avrebbero dovuto essere portate al museo per fini scientifici. Nel periodo tra il 1914 e il 1917 il museo ricevette 45 teste, principalmente di *D. delphis* e *T. truncatus*, anche si pensa che i numeri degli esemplari uccisi potessero essere di gran lunga superiori. Negli anni '30 inoltre, le catture di delfini erano frequenti anche per la produzione del cosiddetto "musciamme", il filetto di delfino, che veniva salato ed essiccato direttamente a bordo per evitare che

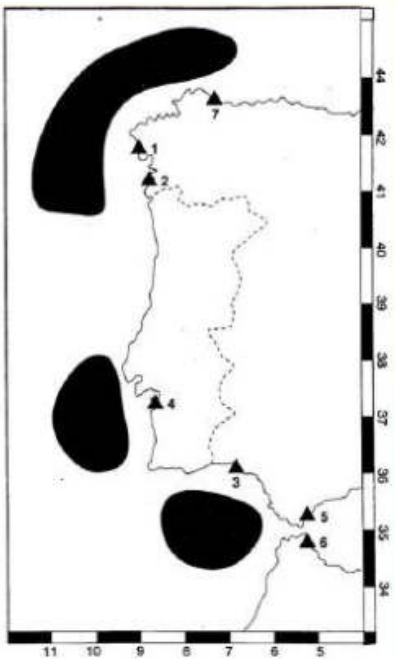


Fig. 9 | le principali stazioni baleniere a Gibilterra operative tra il 1921 e il 1985 (5; 6).

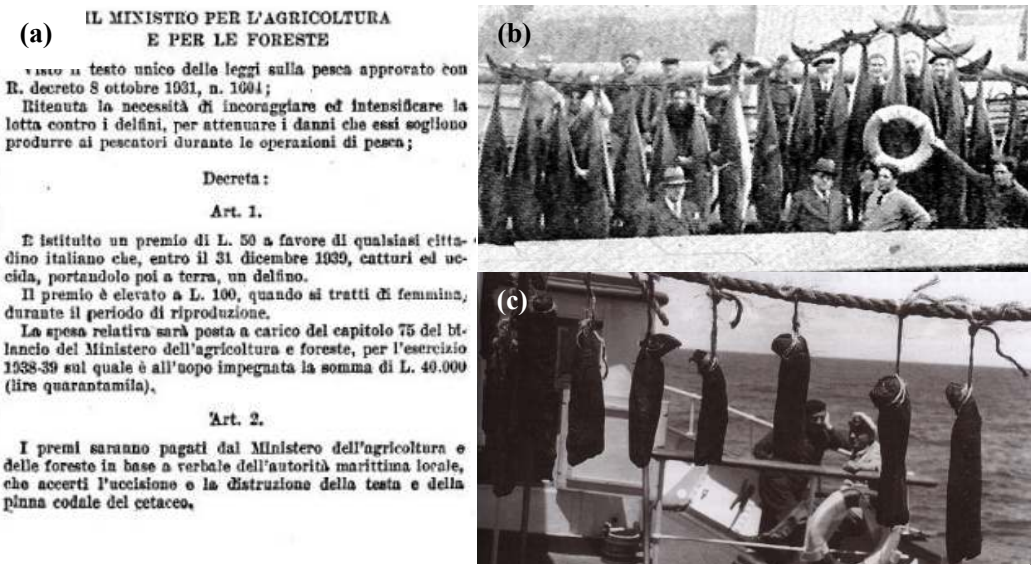


Fig. 10 | (a) estratto della campagna lanciata dal Sindacato della pesca nel 1914; (b) cattura di delfini nelle acque dell'Isola d'Elba (anni '30); (c) essiccatura del musciamme.

venisse consumato dagli insetti, e forniva un pasto sostanzioso per i marinai delle navi a vela transoceaniche di inizio '900.

Da ucciderle per mangiarle ad ammirarle nel loro ambiente naturale

Il "*Whale watching*" è la pratica di osservare cetacei nel loro habitat naturale. L'osservazione delle balene è principalmente un'attività ricreativa, ma può anche servire a scopi scientifici e/o educativi. L'osservazione delle balene genera 2,1 miliardi di dollari all'anno di entrate turistiche in tutto il mondo, impiegando circa 13.000 lavoratori. Le dimensioni e la rapida crescita dell'industria hanno portato dibattiti complessi e continui con l'industria della caccia alle balene sul miglior uso di questi animali come risorsa naturale.

Interazioni tra i cetacei e la pesca

Qualsiasi attrezzo da pesca presente in mare può rappresentare un problema per i cetacei che possono interagire con esso principalmente in due diversi modi:

- **Interazioni positive/attive**: il cetaceo interagisce con l'attività di pesca per sua volontà e gioca quindi un ruolo attivo (es. depredazione);
- **Interazioni negative/passive**: il cetaceo interagisce con l'attività/attrezzo da pesca involontariamente e gioca quindi un ruolo passivo (es. intrappolamento/ammagliamento).

Non esistono attrezzi da pesca appositamente disegnati per la cattura dei cetacei (ad eccezione dell'arpione), ma qualsiasi attrezzo da pesca in mare ha la possibilità di catturare qualcosa e le catture involontarie, il cosiddetto *by-catch*, sono all'ordine del giorno. La sua capacità di pesca dipende da vari fattori a seconda di come è stato progettato/disegnato/armato, sempre tenendo conto della/e specie bersaglio.

Principali categorie di attrezzi da pesca:

Pesca costiera	**Pesca d'altura ai grandi pelagici (pescespada, tonno, altri tunnidi)**
Piccoli pelagici: cianciolo, piccole derivanti	Tonnara volante, palangaro, FADs, reti derivanti
Grandi pelagici: tonnara fissa	
Pesca demersale: strascico, reti fisse, palangaro da fondale, altri attrezzi	

Tra questi, i principali con i quali si verificano delle interazioni coi cetacei in Mediterraneo sono:

1) I **tramagli** impiegati nelle **reti derivanti** e **reti da posta fisse** possono rappresentare un pericolo per alcuni cetacei con il nuoto lento e una scarsa motilità, talvolta anche di grosse dimensioni, come globicefali, grampi, capodogli e balene, che possono o infilarvisi dentro e rimanere intrappolati, o liberarsi con lembi di rete che rimangono impigliati attorno alla coda, compromettendo le performance natatorie dell'animale. In quest'ultimo caso si è visto che spesso la presenza di residui di rete attorno alla coda degli animali, anche se questi non rappresentano un grosso impedimento fisico al nuoto, causa una sorta di condizionamento

psicologico per l'animale che gli impedisce di immergersi in cerca di cibo a maggiori profondità. Alcuni piccoli odontoceti invece, primi tra tutti i tursiopi, hanno sviluppato la capacità di andare a catturare il pesce dalle reti e questa capacità pare essere tramandata culturalmente di madre in figlio. Questo causa un duplice danno per i pescatori ai quali viene sottratto il pescato e spesso distrutto o rovinato l'attrezzo. Le contromisure per questo problema purtroppo sono spesso ancora drastiche e si risolvono con l'abbattimento dell'animale. Una delle possibili soluzioni proposte riguarda l'utilizzo di **pingers**, dei deterrenti acustici che vanno installati sulle reti o sulle imbarcazioni con lo scopo di spaventare gli animali o comunque di rendere la zona meno ospitale e quindi di evitare la depredazione. Il successo di questi strumenti è ancora dubbio: alcuni studi sembrano che il loro utilizzo possa essere positivo e che i delfini si spaventino, altri però evidenziano come dopo un po' gli animali tendono ad associare il suono del pinger alla presenza di pesci, sortendo quindi l'effetto opposto (effetto "*dinner-bell*"). Alcuni pinger di ultima generazione sono attivati dai click emessi dai delfini. Vi sono però anche diversi svantaggi legati all'uso dei pinger tra cui il fatto che l'uso di questi dispositivi può determinare variazioni, positive o negative, del comportamento dei cetacei e inoltre crea molto disturbo acustico in mare. È impensabile pensare all'installazione di un pinger su tutte le reti, se così fosse in mare ci sarebbe un disturbo acustico enorme. Non sempre però la depredazione si risolve a vantaggio del cetaceo, sono stati documentati casi di asfissia per strangolamento dovuta all'ingestione di pezzi di reti, le dinamiche possono essere diverse (es. pezzo di rete incastrato attorno alla glottide, rigurgito di componente già digerita che provoca l'otturazione dell'esofago, etc.) o casi in cui le reti si impigliano alla coda dell'animale.

2) Alcune popolazioni di tursiopi hanno anche imparato ad andare a rubare il pesce durante le battute di **pesca a strascico**, principalmente in due modi: andando a catturare i pesci concentrati in corrispondenza della bocca della rete o catturando quelli che sfuggono da dietro la rete. In entrambi i casi si tratta di catture facilitate per il delfino e questo potrebbe avere delle ripercussioni sul comportamento degli animali che vivono in aree dove lo strascico è praticato con frequenza, disabituandoli a cacciare. Inoltre, per i delfini che si avventurano alla bocca delle reti a strascico, basta poco perché possano finirci dentro pure loro, per questi sono stati ideati **sistemi di uscita facilitata** per questi animali. L'impatto sui delfini della pesca a strascico tuttavia non è enorme, si è stimato che in media rimangono uccisi 12.6 esemplari ogni 1000 cale effettuate.
3) La **pesca a circuizione a chiusura meccanizzata** è rivolta prevalentemente a piccoli e grandi pelagici che si muovono in banchi, che vengono attirati in specifici punti con le lampare, localizzati da aerei o tramite scandaglio, dopodiché una nave cede un capo di una rete a una barca più piccola e compie un cerchio nel più breve tempo possibile, intrappolando tutto ciò che rimane in mezzo. Questo può attirare cetacei, prevalentemente delfini, che approfittano di questa situazione di insolita abbondanza di prede e possono rimanere anch'essi intrappolati nella rete. Una volta intrappolati i delfini non hanno la possibilità di saltare fuori dalle reti perché i loro ecoscandagli fanno percepire la rete come un ostacolo insormontabile che prosegue pure fuori dall'acqua, quindi è necessario l'intervento di subacquei per liberarli. Questa tecnica di pesca può risultare estremamente meno selettiva e più efficace quando viene combinata all'utilizzo di **FADs (*Fish Aggregating Devices*)**, ovvero oggetti galleggianti di varia natura, che possono essere costruiti in materiale naturale, ma ormai spesso sono soppiantati dalla plastica, che grazie al cono d'ombra prodotto fungono da fulcri di attrazione di animali pelagici, dai livelli più bassi a quelli più alti delle reti trofiche, compresi i cetacei. L'utilizzo di questi strumenti rappresenta uno dei maggiori impatti non solo per i cetacei, ma anche per le risorse da pesca in generale. Le flotte spagnole, francesi e portoghesi rilasciano centinaia di migliaia di FADs in Atlantico, Indiano e Pacifico, per catturare soprattutto il tonno pinna gialla (*Thunnus albacares*), il tonnetto striato (*Katswuonus pelamis*) e il tonno occhio grosso (*Thunnus obesus*). In Italia è autorizzato l'utilizzo di cannizzi per la pesca della lampuga, che non sono altro che una versione "ridotta" dei FADs.
4) Il **traino pelagico**, quindi la pesca a mezz'acqua è la tecnica che comporta le minori catture di cetacei, sono più quelle di altre specie accessorie (come elasmobranchi e tartarughe).

Sono diverse le tecniche di mitigazione messe in atto per minimizzare gli impatti negativi di queste interazioni tra i cetacei e l'attività di pesca condotta dall'uomo. Tra queste l'utilizzo di dissuasori acustici per allontanare i cetacei dalle reti, l'installazione di meccanismi di uscita facilitata sulle reti a strascico, l'intervento di subacquei specializzati per liberare i delfini rimasti intrappolati nelle reti nella pesca a circuizione. Prendere tali precauzioni comporta dei costi aggiuntivi per i pescatori che possono talvolta essere ricaricati sui consumatori mediante l'utilizzo di **marchi "*Dolphin safe*"** che guidano ad una scelta consapevole, giustificando il prezzo maggiore

rispetto a quello di altri prodotti. Per quanto riguarda il Mediterraneo, va messo in evidenza come dal 2002 quando sono state eliminate le reti derivanti, le catture accidentali di cetacei si sono ridotte di circa il 90%. I francesi hanno proposto l'utilizzo della Thonnaille, una sorta di rete derivante rivisitata con maglia di circa 22-24 cm, attiva dal 2000, tuttavia dal 2005 la Francia per questo è entrata in procedura di infrazione presso la UE e nel 2009 la Corete Europea ha vietato alla Francia l'utilizzo di questo attrezzo.

Epidemie in Mediterraneo

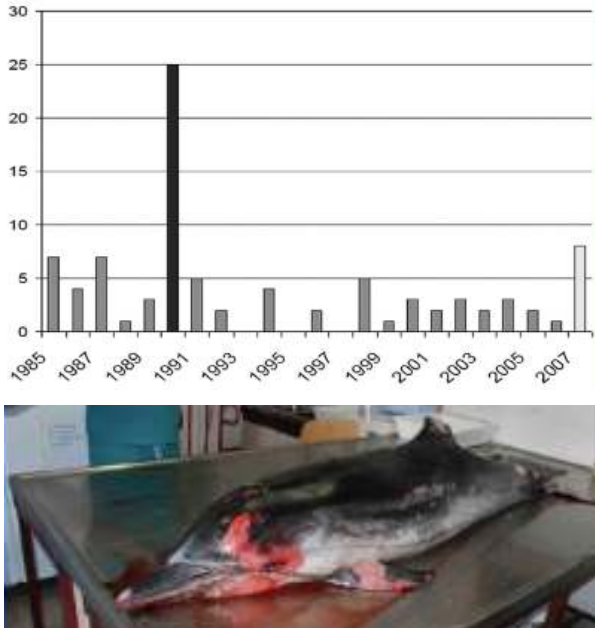


Fig. 11 | (a) numero di esemplari *di Stenella coeruleoalba* trovati spiaggiati nella provincia di Imperia tra il 1985 e il 2007; (b) necroscopia di una stenella trovata spiaggiata il 19-11-2007.

Una delle principali cause di morte dei cetacei sono le epidemie virali o causate da altri agenti patogeni. Nel periodo 1990-1992, un'epidemia di *Morbillivirus* si diffuse in tutto il Mediterraneo, provocando la morte di alcune migliaia di individui, soprattutto stenelle (vedi Fig. 2, pag. 1). L'infezione venne diagnosticata dapprima in Spagna, successivamente in Italia e Grecia. Una recrudescenza dell'infezione virale registrata all'inizio del 2007, con la comparsa di nuovi casi in Spagna, ha portato ad una maggiore attenzione per la possibile espansione geografica dell'epidemia analoga a quella precedente, in senso ovest-est. Considerata la sua posizione geografica, la provincia di Imperia, come la Sardegna, è una delle zone candidate a registrare i primi casi per le acque italiane. In tale settore, la fattiva collaborazione tra numerosi enti e gruppi di ricerca ed il Centro Studi Cetacei fa si che, da diversi anni, vi sia un'efficace rete di segnalazione, intervento, recupero e successivo esame dei cetacei rinvenuti spiaggiati o morti in mare. In seguito a questi due eventi di morie si incominciò ad approfondire gli studi in materia di epidemie dei cetacei, e si effettuarono necroscopie a tutti gli esemplari spiaggiati. Si è scoperto successivamente che la causa delle epidemie non era il solo *Morbillivirus*, ma era dovuta anche ad un altro agente patogeno, il *Toxoplasma gondii*. Nel 2013 si verifica una terza ondata dell'epidemia, con un picco di casi di animali spiaggiati nel periodo tra gennaio e aprile, si osserva sempre di più un'espansione verso il Tirreno.

Inquinamento acustico e impatti sui mammiferi marini

Il fatto che l'uomo produca dei suoni che vanno a modificare il panorama acustico all'interno dei mari è un tema che da diversi decenni sta tornando sui tavoli di discussione delle politiche di gestione delle attività umane legate al mare.

Le principali sorgenti di inquinamento acustico di origine antropica:

- **Traffico navale**: si tratta di una fonte costante e inesauribile di inquinamento acustico, spesso i traghetti e le navi commerciali percorrono delle rotte fisse e costanti che generano una sorta di costante muro acustico concentrato in componenti di frequenza (< 1000 Hz) che interferiscono con le attività di tipo biologico; le zone di costa, in cui si concentra la maggior parte della ricchezza biologica dei nostri mari, sono quelle più interessate da questo fenomeno.
- Le **attività di estrazione degli idrocarburi** presentano anche un grosso problema legato alla ricerca di giacimenti, infatti per sapere dove perforare devono essere effettuate delle **prospezioni geofisiche**, ovvero delle rilevazioni che vengono effettuate per la caratterizzazione del fondale marino e della struttura e composizione del substrato al fine di ottenere immagini tridimensionali che rivelino la possibile presenza di sacche di gas naturale o di petrolio. Queste rilevazioni vengono effettuate mediante l'utilizzo di strumenti detti ***air-gun***, che generano uno scoppio che produce energia acustica a bassa frequenza che si propaga nell'ambiente circostante e viaggia nell'acqua fino a raggiungere il substrato e ritorna poi in superficie sotto forma di eco di ritorno. Degli appositi sistemi acustici rilevano le onde di ritorno e con degli algoritmi vengono interpretate queste onde di ritorno ed è quindi possibile costruire delle mappe spaziali tridimensionali della tipologia di rocce che caratterizzano il substrato. Questo sistema è detto **sismica a riflessione.**

- Un altro grande problema riguarda l'utilizzo dei cosiddetti ***Mid-Frequency Active Sonar*** **(MFA)**, degli impulsi acustici prodotti dalle imbarcazioni militari che hanno lo scopo di esplorare l'ambiente marino con l'obiettivo di localizzare ambienti strategici o la presenza di sottomarini. L'energia acustica emessa è a media frequenza, compresa in un range medio tra i 2000-3000 Hz. Questo rumore risulta estremamente impattante e può causare lo spiaggiamento di *deep-divers* come lo zifio.

Un approccio possibile per valutare gli effetti dell'inquinamento acustico sulla fauna marina è quello di considerare quelle che vengono definite le **zone di influenza**. Supponendo di immettere in ambiente marino una certa quantità di rumore, questo avrà una cera intensità alla sorgente, ma pian piano che ci si allontana dalla sorgente l'energia acustica degraderà progressivamente fino a non risultare più percepibile ad una certa distanza. È possibile a tal proposito cercare di capire qual è l'influenza di una certa sorgente acustica sulla base della distanza alla quale questa impatta sulla fauna. A tal proposito vengono individuate 3 zone di influenza:

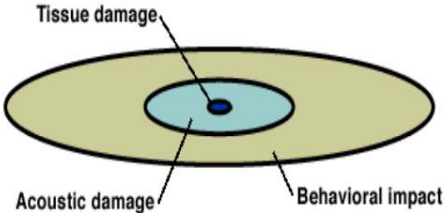


Fig. 12 | le tre principali zone di influenza dell'inquinamento acustico sugli animali marini.

1. **Zona di udibilità**: zona in cui una determinata specie è in grado di percepire il suono e quindi questo può avere un effetto avverso di *masking*, ovvero di interferenza con i suoni prodotti dalla stessa specie per comunicare.
2. **Zona di *responsiveness***: zona in cui il suono viene percepito in maniera più intensa dalla fauna marina ed evoca nelle specie marine delle vere e proprie risposte comportamentali, gli animali esibiscono dei comportamenti che sono una risposta tangibile allo stimolo acustico.
3. **Zona di perdita dell'udito**: zona in cui l'emissione dell'energia acustica è di un'entità così elevata che questo determina dei veri e propri danni fisiologici agli animali.

Lo zifio è un *deep-diver*, il foraggiamento può avvenire fino a 2500-3000 m di profondità. In genere questi animali hanno un profilo di immersione caratterizzato da un'alternanza di immersioni e riemersioni che permettono loro di ossigenare i tessuti. Dopo circa 15-20 minuti effettuano le immersioni profonde, in cui spariscono per diversi minuti e si spostano anche per diverse miglia nautiche in cerca di cibo sul fondale. Dopodiché risalgono progressivamente verso la superficie ed effettuano una serie di emersioni decompressive (atte ad eliminare l'accumulo di azoto nei loro tessuti). Tuttavia, se mentre si trovano ad una certa profondità viene rilasciata sulla loro testa una batteria di *air-guns*, o vengono utilizzati sonar a medio-bassa frequenza, essi interrompono drasticamente l'immersione, non rispettando il tempo di decompressione e non effettuando le emersioni decompressive, si allontanano il più velocemente possibile dalla fonte di rumore. Questo causa la formazione di emboli di grasso e di bolle di gas nei tessuti e ciò provoca il loro spiaggiamento nell'arco di alcune ore.

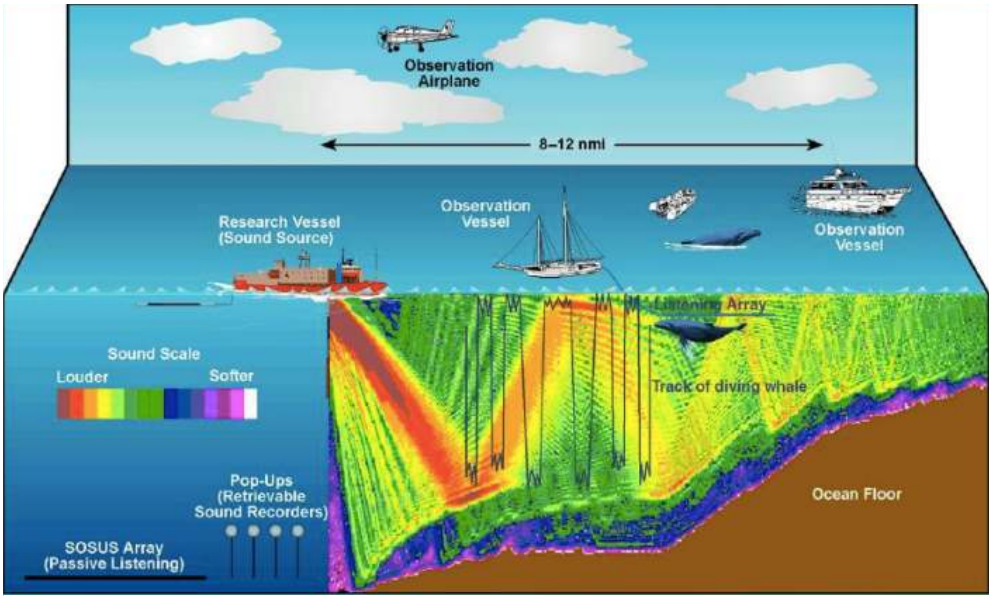


Fig. 13 | panoramica delle principali sorgenti di inquinamento acustico in ambiente marino.

I cetacei del santuario

Le specie di cetacei presenti in Mediterraneo sono parecchie, alcune presenti stabilmente (in rosso), altre invece la cui presenza è segnalata solo occasionalmente (in nero):

Nome comune:	Nome scientifico:	Distribuzione:
Stenella striata	***Senella coeruleoalba***	Mediterraneo
Delfino dal naso a bottiglia o tursiope	***Tursiops truncatus***	Mediterraneo e Mar Nero
Delfino comune	***Delphinus delphis***	Mediterraneo e Mar Nero
Focena	*Phocoena phocoena relicta*	Mar Nero
Grampo	***Grampus griseus***	Mediterraneo
Steno	*Steno bredanensis*	Mediterraneo orientale
Globicefalo	***Globicephalus melas***	Mediterraneo
Zifio	***Ziphius cavirostris***	Mediterraneo
Orca	*Orcinus orca*	Mediterraneo occidentale (Stretto di Gibilterra)
Capodoglio	***Physeter macrocephalus***	Mediterraneo
Balenottera comune	***Balenoptera physalus***	Mediterraneo
Pseudorca	*Pseudorca crassidens*	Spagna, Francia, Italia, Malta, Croazia, Grecia, Turchia, Egitto, Siria, Israele
Balenottera minore	*Balenoptera acutorostrata*	Spagna, Marocco, Francia, Italia, Tunisia, Grecia, Israele
Megattera o Balena di Humpback	*Megaptera novaengliae*	Spagna, Francia, Italia, Tunisia, Slovenia, Grecia, Siria
Balenottera boreale	*Balenoptera borealis*	Spagna, Francia
Balena franca nordatlantica	*Eubalaena glacialis*	Algeria, Italia
Balena grigia	*Eschrichtius robustus*	Israele, Spagna
Cogia di Owen	*Kogia sima*	Italia
Iperodonte boreale	*Hyperodon ampullatus*	Spagna, Francia
Mesoplodonte di De Blainville	*Mesoplodon denirostris*	Spagna
Mesoplodonte di Gervais	*Mesoplodon europaeus*	Italia

Principali specie di odontoceti presenti in Mediterraneo:

Appartengono a 3 famiglie:

Delphinidae: *Tursiops truncatus, Stenella coeruleoalba, Delphinus Delphinus, Grampus griseus, Globicephala melas.*

Ziphiidae: *Ziphius cavirostris*.

Physeteridae: *Physeter macrocephalus*.

***Tursiops truncatus* – tursiope**



Nome scientifico:	*Tursiops truncatus* (Montagu, 1821)
Classificazione:	
Ordine	Cetacea
Famiglia	Delphinidae
Genere	*Turiops*
Specie	*T. truncatus*

Distribuzione: È presente nelle acque di tutto il mondo, eccetto che ai poli. È presente in Mediterraneo e sfrutta tipicamente habitat costieri di piattaforma oceanica (fino a 800 m di profondità) dove si nutre di specie tipicamente costiere. Ci sono anche delle popolazioni pelagiche che secondo alcuni studi presenterebbero un certo grado di differenziazione genetica da quelle più strettamente costiere (la maggior parte). All'interno del santuario questa specie è molto più abbondante verso Levante e la Toscana dove la piattaforma oceanica è più estesa, anche se negli ultimi 5 anni si è registrato un aumento delle presenze anche verso ponente. Pochi gruppi familiari sono presenti in Mar Ligure (soprattutto a Genova e verso Levante), in Corsica, nell'Arcipelago Toscano, all'isola della Maddalena e all'Asinara (forse si tratta dello stesso gruppo).

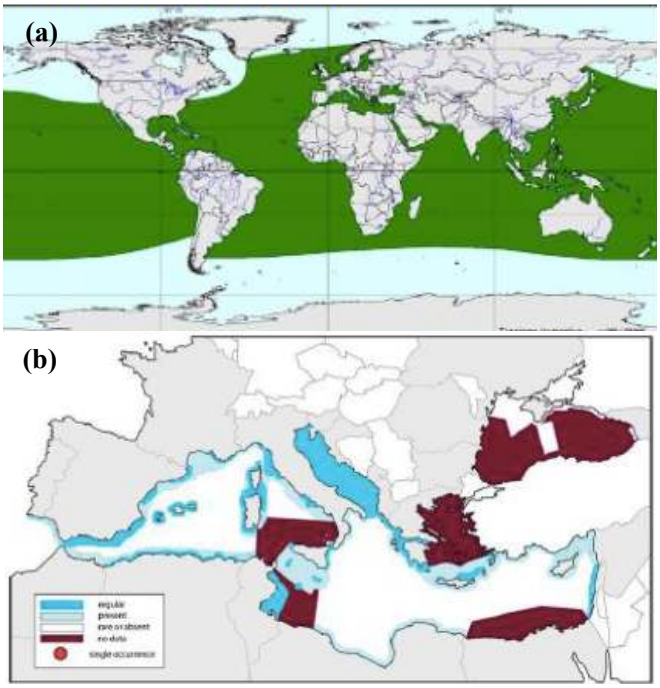


Fig. 14 | distribuzione globale di *T. truncatus* (a) e distribuzione in Mediterraneo (b).

Dimensioni: Questi animali raggiungono una lunghezza massima di 2,5 – 3,5 m, in generale i maschi sono più grossi delle femmine. Il peso di un esemplare adulto è compreso tra 270-350 kg.

Caratteri morfologici: La colorazione è grigia con varie sfumature sul dorso e bianca sul ventre. Sul capo è presente un melone pronunciato e la mascella e la mandibola allungate formano un rostro corto e tozzo, che sembra troncato (da cui il nome *truncatus*).

Distribuzione batimetrica: Come già visto è presente soprattutto vicino alla costa (a volte si spinge anche nei fiumi per brevi tratti), raramente si spinge in mare aperto. È in grado di compiere immersioni anche profonde (circa 600 m) ma poco prolungate (in media di 8 min).

Riproduzione: La maturità sessuale è raggiunta attorno ai 10-13 anni per i maschi e 9-10 anni per le femmine.

Dinamiche sociali: Vivono generalmente in branchi formati dalle femmine e dai piccoli, mentre i maschi possono formare delle associazioni chiamate "alleanze".

Accrescimento ed età: La determinazione dell'età nei cetacei odontoceti si effettua su sezioni dei denti, dove si va ad effettuare un conteggio delle bande di dentina. A seguito di ciò è possibile costruire le curve di crescita dell'animale, come nella maggior parte dei casi osservati finora si tratta di animali che hanno un accrescimento abbastanza rapido nei primi anni di vita che poi rallenta in seguito. L'età media raggiunta è di 25-30, ma alcuni esemplari vivono anche di più.

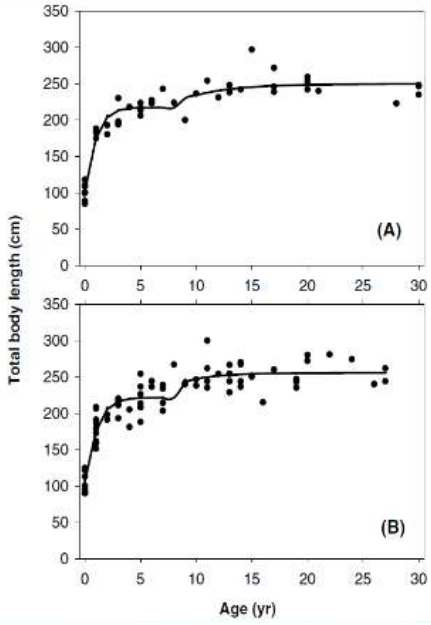
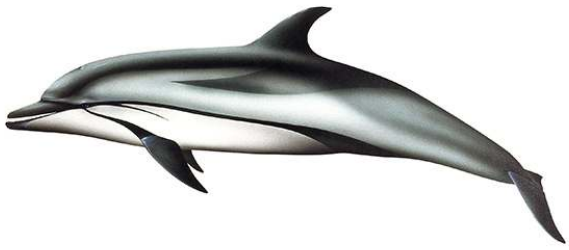


Fig. 15 | curve di crescita in diversi esemplari di *T. truncatus.*

Alimentazione: Dai contenuti gastrici esaminati negli animali in Mar Ligure è emersa la presenza di pesci e cefalopodi, principalmente seppie e calamari, si tratta perlopiù di specie commerciali. Questo pone i tursiopi in competizione diretta con i pescatori per le stesse risorse ed è stato motivo dei conflitti tra questo animale e l'uomo in passato e talvolta ancora adesso. I tursiopi hanno sviluppato una notevole abilità nell'andare a catturare il pesce dalle reti da pesca e si pensa che questa capacità venga tramandata culturalmente di madre in figlio, tuttavia non sempre la depredazione si risolve a vantaggio dell'animale.

Rapporti con l'uomo: È una delle poche specie di delfini che sopportano la cattività, anche a causa di ciò è una delle specie più studiate e più comuni nei delfinari. Gli spiaggiamenti sono abbastanza rari, sono frequenti invece gli avvistamenti. È ormai diventata celebre la storia del delfino Filippo, un tursiope maschio che dal 1998 si era stabilito nel porto do Manfredonia in Puglia. L'animale mostrava un comportamento amichevole verso gli uomini e allontanandosi dal suo branco iniziò a condurre una vita inconsueta per un delfino vivendo lontano dai suoi simili, in compagnia dell'uomo. Filippo è stato oggetto di studi scientifici effettuati per meglio comprendere il suo comportamento anomalo. È stato trovato morto nell'agosto del 2004, dall'autopsia sono stati rilevati segni di esplosivo.

Stenella coeruleoalba – stenella striata



Nome scientifico:	*Stenella coeruleoalba* (Meyen, 1833)
Classificazione:	
Ordine	Cetacea
Famiglia	Delphinidae
Genere	*Stenella*
Specie	*S. coeruleoalba*

Distribuzione: È presente nelle acque di tutto il mondo eccetto che nelle acque del Pacifico sud-orientale. A differenza del tursiope è una specie tipicamente pelagica, la distribuzione di queste due specie in Mediterraneo è praticamente complementare. È la specie di cetaceo più abbondante in assoluto in Mediterraneo e all'interno del santuario, si ha una stima dell'abbondanza della popolazione nel santuario di circa 14.000 esemplari, in tutto il Mediterraneo occidentale di circa 200.000 (tuttavia sono dati da prendere con cautela). Per questo motivo è anche la specie di cui sono più frequenti gli spiaggiamenti.

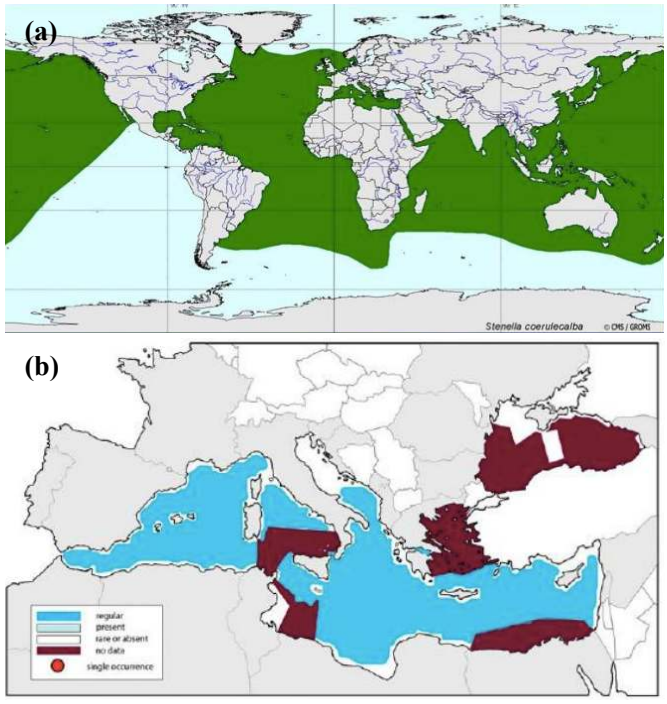


Fig. 16 | distribuzione globale di *S. coeruleoalba* (a) e distribuzione in Mediterraneo (b).

Dimensioni: I maschi raggiungono una lunghezza massima di 2,50 m, mentre le femmine di circa 2,0 m, ma le taglie realmente osservate sono inferiori. Il peso è compreso tra gli 80 e i 120 kg.

Caratteri morfologici: Colorazione bianca sul ventre, grigia sui fianchi e blu sul dorso. I fianchi sono attraversati da striature longitudinali che partono dall'orecchio e raggiungono l'ano. Altre striature partono dall'occhio e raggiungono le pinne pettorali.

Distribuzione batimetrica: Questo animale è presente soprattutto in mare aperto, anche se è possibile osservarlo anche vicino alla costa, in prossimità della scarpata. Ha delle scarse capacità di immersione, compie delle immersioni non molto profonde e poco prolungate.

Dinamiche sociali: Le stenelle formano gruppi numerosi, in genere separati in adulti con cuccioli e giovani. Le relazioni sociali sono molto intense. Spesso negli esemplari spiaggiati si possono osservare i segni sulla pelle lasciati dai denti degli altri individui del gruppo. È stato documentato un caso di stenella spiaggiata con addosso i segni lasciati dai denti di un tursiope, si pensa sia stata uccisa da quest'ultimo.

Accrescimento ed età: Le curve di crescita mostrano, come nel caso del tursiope, che si tratta di animali che hanno un accrescimento abbastanza rapido nei primi anni di vita che poi rallenta in seguito. L'età media raggiunta è di 25-30. La taglia media alla nascita è di circa 90-100 cm.

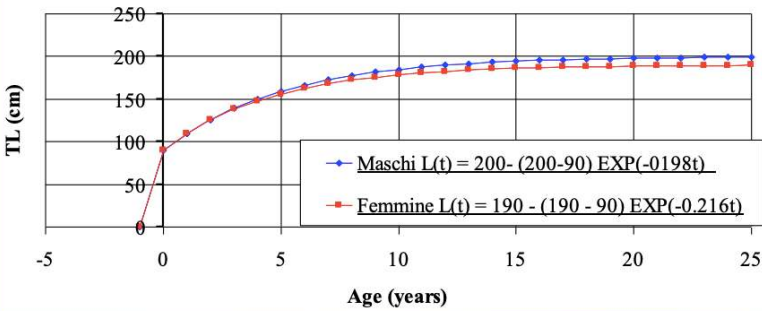


Fig. 17 | curve di crescita separate per sesso per la popolazione del Mar Ligure di *S. coeruleoalba.*

Alimentazione: La dieta della stenella è estremamente varia, composta da pesci sia pelagici che mesopelagici, crostacei e cefalopodi sia ammoniacali che muscolari, di cui solo 3 specie commerciali (*Totarodes saggitatus, Illex coindetii, Totaropsis eblanae*), per questo la competizione con l'uomo è limitata rispetto al caso del tursiope. La dieta della stenella è quasi identica a quella del pesce spada, c'è una parziale sovrapposizione di nicchia tra questi due animali, con la sola differenza che la stenella non raggiunge le stesse profondità del pesce spada (500 m).

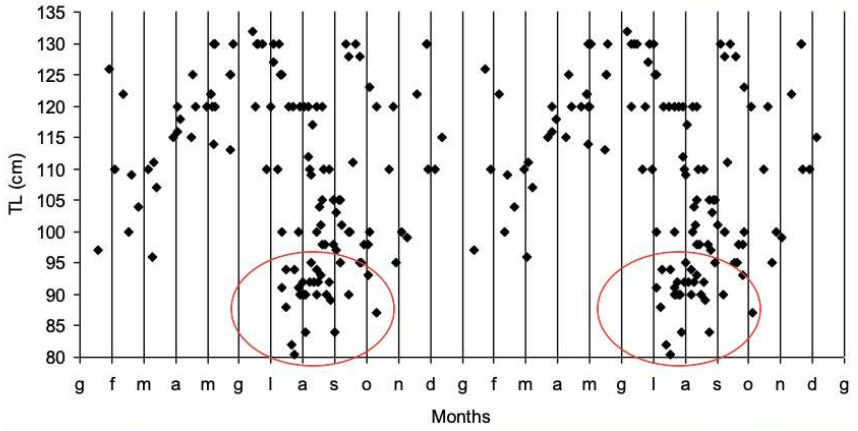
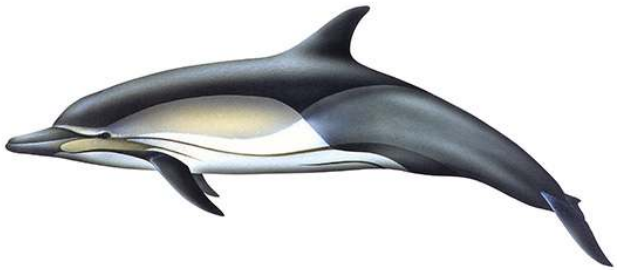


Fig. 18 | distribuzione mensile degli spiaggiamenti dei giovanili di Stenella in Mar Ligure in relazione alla taglia di ciascun individuo.

Rapporti con l'uomo: È la specie di cui sono più frequenti gli spiaggiamenti nel santuario, la maggior parte degli esemplari spiaggiati sono adulti di taglia compresa tra 180-200 cm. Dall'analisi della distribuzione mensile degli spiaggiamenti dei giovanili di stenella in Mar Ligure in relazione alla taglia di ciascun individuo, è possibile osservare che il picco degli spiaggiamenti di neonati è collocato in estate, tra i mesi di luglio, agosto e settembre, periodo delle nascite. Anche gli avvistamenti a bordo di questi animali sono frequenti. Le interazioni con la pesca sono comuni, tuttavia le stenelle sono meno abili dei tursiopi a depredare le reti dei pescatori, possono talvolta essere catture accessorie della pesca a circuizione.

Impatti: Una delle principali cause di morte per le stenelle sono le epidemie virali o causate da altri agenti patogeni. Grandi quantità di PCB e altre sostanze inquinanti prodotte dall'uomo si accumulano nei tessuti di questi animali (nel pannicolo adiposo) e le loro difese immunitarie di conseguenza si abbassano andando ad aggravare le condizioni negli esemplari ammalati.

***Delphinus delphis* – delfino comune**



Nome scientifico:	*Delphinus delphis* (Linnaeus, 1758)
Classificazione:	
Ordine	Cetacea
Famiglia	Delphinidae
Genere	*Delphinus*
Specie	*D. delphis*

Distribuzione: Questa specie è diffusa nelle acque temperate e tropicali di tutto il mondo, la si trova con maggiore frequenza nell'Oceano Atlantico, nel Mar Rosso e nel Mar Nero, mentre nel Mar Mediterraneo dove era assai abbondante in passato, sembra che il suo areale si sia ristretto, si trova con relativa frequenza solo nei mari Tirreno, Ionio, Egeo e nei pressi dello Stretto di Gibilterra. Attualmente è presente in gruppi "puri" nella Grecia Ionica, nel Canale di Sicilia e nel Mare di Alboran, nelle altre aree si trova in associazione con la stenella e il tursiope. In Mar Nero, ricercatori russi in passato hanno descritto una sottospecie, *Delphinus delphis ponticus*, sulla base di differenze craniometriche, ma occorrono ulteriori studi per confermare l'ipotesi. Il suo ambiente d'elezione, a differenza della stenella, è la piattaforma continentale dove tende a restare quasi sempre nei pressi delle coste. Le popolazioni di questa specie in Mediterraneo sembrano essere in declino, a differenza di quelle della stenella e del tursiope che sono invece in crescita.

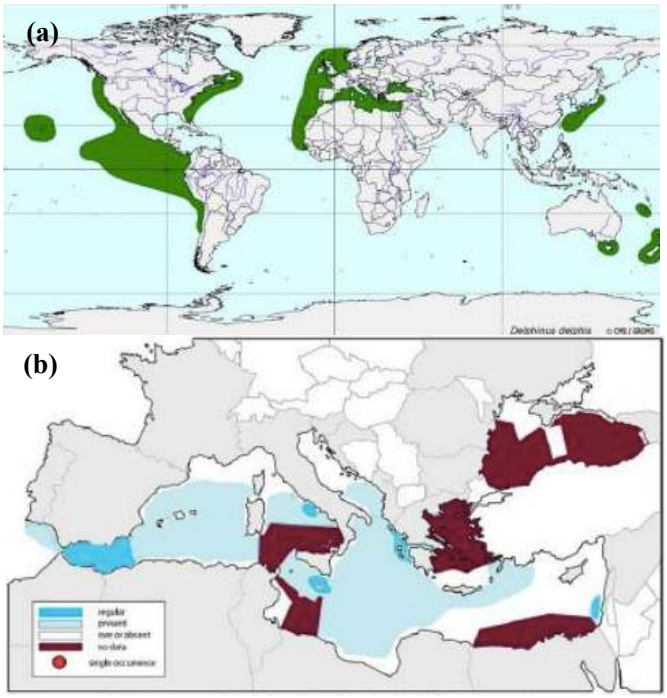


Fig. 19 | distribuzione globale di *D. delphis* (a) e distribuzione in Mediterraneo (b).

Dimensioni: I maschi raggiungono una lunghezza massima di circa 2,20 m, mentre le femmine di circa 2,08 m. Il peso è compreso tra gli 80 e i 100 kg.

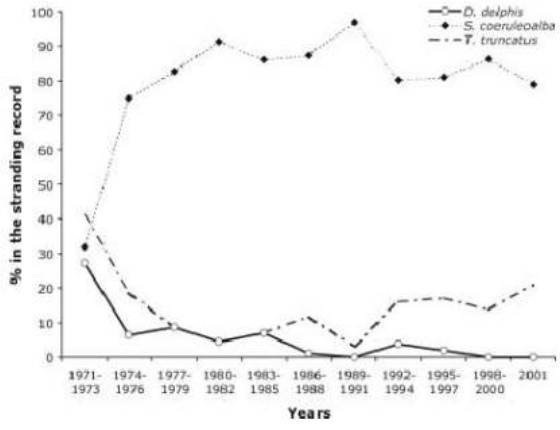


Fig. 20 | stima dell'andamento delle popolazioni delle 3 diverse specie di delfini (*D. delphis, T. truncatus* e *S. coeruleoalba*) ottenuta dal conteggio di esemplari incagliati nelle reti dei pescatori.

Caratteri morfologici: Il dorso è di colore grigio mentre il ventre tende al bianco (contro-illuminazione), lungo i fianchi possiede una caratteristica macchia a forma di clessidra. Si differenzia dalla stenella principalmente per due caratteri: la presenza di un drappo scuro sul dorso in corrispondenza della pinna dorsale e un segno nero sul muso che si collega agli occhi circondandoli.

Distribuzione batimetrica: È presente soprattutto vicino alla costa dove divide il proprio habitat con il tursiope, raramente si spinge in mare aperto. Compie delle immersioni non molto profonde (circa 300 m) e poco prolungate (in media 8 minuti).

Alimentazione: Sono pochi i dati sui contenuti gastrici di questa specie per quanto riguarda la dieta in Mar Ligure, probabilmente è simile a quella della stenella, quindi molto varia, che comprende pesci sia pelagici che mesopelagici,

crostacei e cefalopodi sia ammoniacali che muscolari. Ci sono maggiori informazioni relative alla dieta del delfino comune in Atlantico, al largo delle coste portoghesi.

Rapporti con l'uomo: Come la stenella, per via delle sue abitudini alimentari, anche il delfino comune si ritrova in competizione diretta coi pescatori, per questo motivo in passato a chi portava una testa di delfino veniva corrisposto un premio, che raddoppiava se la testa era di una femmina gravida. Inoltre questa specie in Mar Ligure era anche sfruttata per la produzione di "musciamme", ovvero il filetto di delfino salato ed essiccato, che veniva preparato direttamente a bordo delle navi e poi spartito tra l'equipaggio sulle navi a vela transoceaniche fin dagli inizi del '900. Gli avvistamenti, così come gli spiaggiamenti di questa specie nel santuario sono abbastanza rari.

***Grampus griseus* – grampo**



Nome scientifico:	*Grampus griseus* (Cuvier, 1812)
Classificazione:	
Ordine	Cetacea
Famiglia	Delphinidae
Genere	*Grampus*
Specie	*G. griseus*

Distribuzione: È una specie circumpolare pelagica e di mare profondo, ma non è raro incontrarlo vicino a costa. È frequente nei mari tropicali e temperati di tutto il mondo, in estate si spinge anche in acque più fredde. Nel Mar Mediterraneo è piuttosto comune, soprattutto in Mar Ligure, nell'Arcipelago Toscano e a nord della Sicilia, è presente in abbondanza nel golfo di Taranto. È invece ridotta la sua presenza nel Mediterraneo orientale. Per quanto riguarda la loro presenza nel santuario, recenti stime indicavano in circa 300-350 individui la popolazione del Mar Ligure occidentale, negli ultimi anni però gli avvistamenti si sono ridotti fortemente. Nell'ultimo anno sono stati avvistati poche volte davanti a Genova e nella Riviera di Levante, pochissimo a ponente. Non ha un habitat strettamente pelagico, predilige piuttosto gli ambienti di scarpata continentale, dove trova in abbondanza i cefalopodi di cui si nutre.

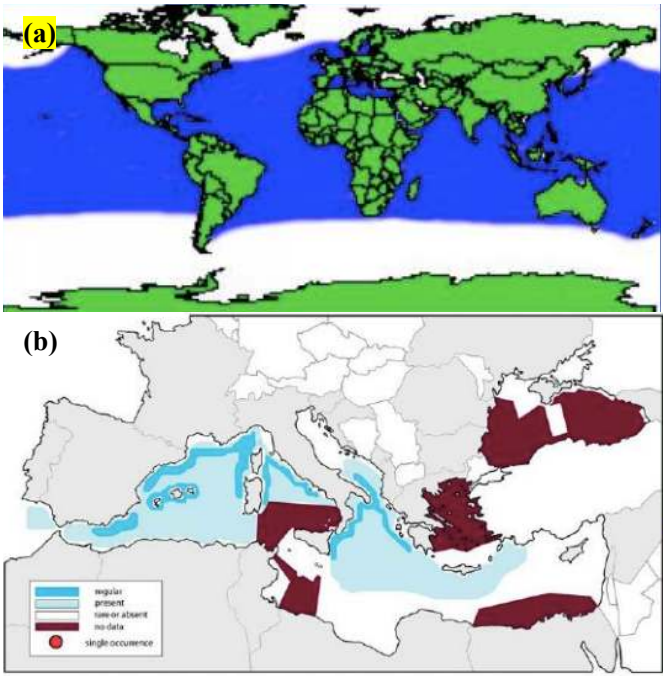


Fig. 21 | distribuzione globale di *G. griseus* (a) e distribuzione in Mediterraneo (b).

Dimensioni: Raggiungono una lunghezza massima di circa 4 m nei maschi e circa 3,5 m nelle femmine. Il peso è compreso attorno ai 500 kg negli esemplari adulti.

Caratteri morfologici: Il capo è senza rostro, la fronte bombata ma non globosa, la mascella superiore sporge leggermente. La livrea è caratteristica: i neonati sono grigio chiarissimo uniforme, ma crescendo diventano prima color brunastro e poi grigio ardesia da adulti. Col passare degli anni il corpo viene ricoperto da numerosissime ed estese graffiature chiare che finiscono col fargli assumere una colorazione quasi bianca. Tali segni sono l'effetto delle interazioni sociali, sono lasciati dai denti di altri esemplari, la pelle di questi animali non si rimargina.



Fig. 22 | immagine di un grampo che mangia un cefalopode.

Dinamiche sociali: Le interazioni sociali in questa specie sono notevoli, come testimoniato dai segni sul corpo. Di solito vive in gruppi di 5-10 esemplari (ma a volte si raggruppano fino a 100 animali) che spesso si sparpagliano in cerca di cibo. Lo si può vedere anche insieme ad altre specie di cetacei, soprattutto globicefali, dai quali è possibile distinguerlo per alcuni connotati comportamentali (es. staziona in superficie con la coda fuori dall'acqua, mentre il globicefalo tiene tipicamente la testa fuori).

Alimentazione: È una specie prevalentemente teutofaga, ma non disdegna in alcuni casi certe specie di pesci. Tra i cefalopodi che consuma figurano principalmente Decapodi pelagici (Histioteuthidae, Ommastrephidae) ma anche Ottopodi pelagici (*Argonauta argo*) e Ottopodi bento-pelagici e bentonici (polpi, seppioline). Si tratta principalmente di cefalopodi ammoniacali, per questo non è in competizione con l'uomo per questa risorsa.

Rapporti con l'uomo: Le catture accidentali di questi animali con attrezzi da pesca in generale non sono numerose, tuttavia i grampi hanno imparato ad andare a mangiare le esche attaccate agli ami dei palangari (aspetto legato alla cultura tramandata nei singoli gruppi familiari). Per questo motivo si sono osservate catture accidentali con palangaro di superficie di un certo numero di grampi nella zona delle Baleari in Spagna, anche in Sicilia a volte si verifica questo problema, non si hanno dati su intrappolamenti di cetacei di grandi dimensioni in Mar Ligure invece. In alcune aree del mondo, come in Giappone, si praticano catture intenzionali. Gli spiaggiamenti e gli avvistamenti nel santuario sono relativamente frequenti.

***Globicephala melas* – globicefalo**



Nome scientifico:	*Globicephala melas* (Traill, 1809)
Classificazione:	
Ordine	Cetacea
Famiglia	Delphinidae
Genere	*Globicephala*
Specie	*G. melas*

Distribuzione: È una specie che predilige le acque temperato-fredde, in generale non ama il caldo. Vive in mare aperto, è tipicamente pelagico, quando arriva sotto costa lo fa in grossi branchi e si verificano spiaggiamenti massivi. In Mediterraneo sono presenti diverse popolazioni, le quattro principali si trovano alle Baleari, nel Mare di Alboran, nel Golfo del Leone e in Mar Ligure. È inoltre possibile distinguere la presenza di una popolazione stanziale in corrispondenza dello Stretto di Gibilterra, che si differenzia da quelle mediterranee dal punto di vista genetico e, come confermato dagli studi con tag satellitari, gli individui di questa popolazione tendono a non spingersi più di tanto all'interno del bacino.



Fig. 23 | distribuzione globale di *G. melas.*

Dimensioni: Raggiungono una lunghezza massima di 6,3 m nei maschi e di 5,5 m nelle femmine. Il peso può arrivare a circa 1,75 t per i maschi e 1 t per le femmine.

Caratteri morfologici: Ha un corpo massiccio dotato di due lunghe pinne pettorali a forma di mezzaluna. La testa è grossa e globosa e termina con un brevissimo rostro. La pinna dorsale è arrotondata e posta indietro sul dorso. La pelle è nera, biancastra solamente in un'area del corpo tra il petto e il ventre.

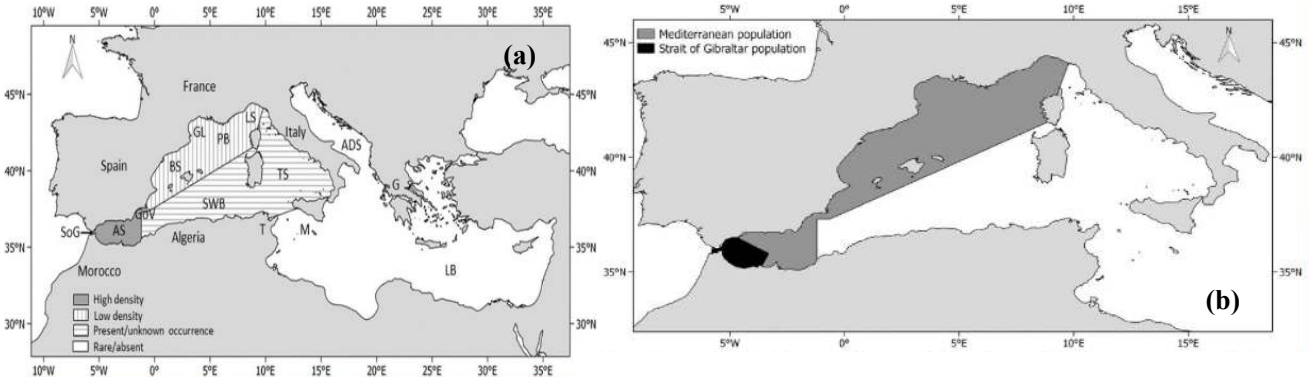


Fig. 24 | distribuzione in Mediterraneo di *G. melas* (a) e presunta distribuzione della popolazione di Gibilterra (b).

Distribuzione batimetrica: Si tratta di un animale tipicamente oceanico, che occasionalmente si porta sotto costa. Compie delle immersioni profonde, raggiunge fino a 800-900 m di profondità (in media 400-600 m), ma non troppo prolungate. A causa del suo particolare comportamento in immersione il globicefalo viene anche definito "ghepardo del mare", in quanto effettua immersioni abbastanza profonde, ma estremamente brevi, di durata non superiore ai 30 minuti. Nel profilo di immersione sono rappresentate in scala colorimetrica le diverse velocità di nuoto in immersione, in rosso sono rappresentate delle accelerate che vengono definite sprint, in cui l'animale si lancia all'inseguimento delle prede. Come si osserva dai contenuti stomacali infatti, la percentuale di cefalopodi muscolari (che hanno una migliore capacità di fuga) rispetto a quelli ammoniacali è maggiore rispetto che nella dieta dello zifio e del capodoglio. Con i circoletti sono rappresentati i treni di click (anche detti *buzzes*) emessi dall'animale per eco-localizzare le prede, dalla loro distribuzione si evince che l'attività di predazione è praticata sia in superficie che in profondità. Le immersioni più corte sono dovute al fatto che questo tipo di attività, con improvvise accelerazioni, implica un elevato dispendio energetico per l'animale, che va in uno stato di apnea prolungata. Immersioni così veloci espongono anche l'animale al rischio che l'aria presente nei polmoni si decomprima, per questo è presente a livello della trachea un ispessimento che impedisce il passaggio di azoto dalle vie aeree al circolo sanguigno, inoltre questi animali non contano tanto sull'aria immagazzinata nei polmoni per rimanere in apnea, quanto piuttosto sull'ossigeno stoccato nei muscoli nelle molecole di mioglobina.

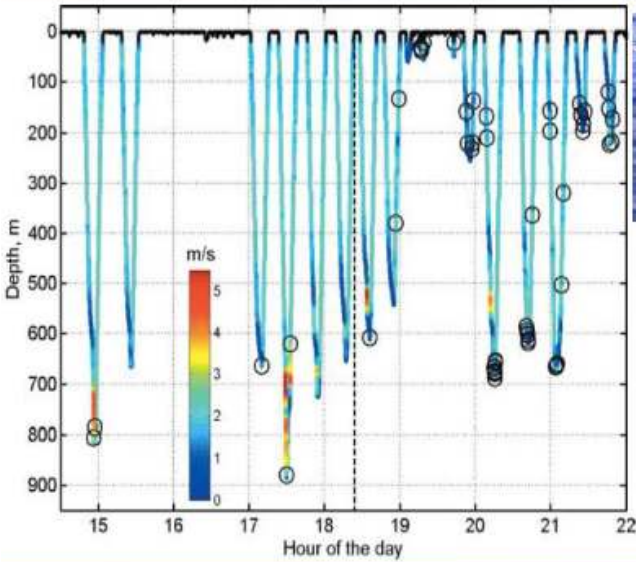


Fig. 25 | profilo di immersione tipico di *G. melas.*

Riproduzione: La maturità sessuale in questa specie è raggiunta a 15-20 nel maschio e molto prima, a 6-10 anni, nella femmina. La gestazione dura circa 14-15 mesi e le nascite avvengono nei mesi più caldi, ma sono abbastanza diluite nel tempo. La lunghezza del piccolo alla nascita è di 1,7-1,8 m e il peso di 70-80 kg. Lo svezzamento è tardivo: le femmine continuano ad allattare i piccoli fino a 20-22 mesi dalla nascita.

Dinamiche sociali: Le interazioni sociali di questa specie sono notevoli, forma grandi gruppi, molto numerosi, in cui ci sono dei maschi dominanti che guidano il gruppo (da cui il nome di "balene pilota"), il resto degli individui li segue. Se il maschio alla guida del gruppo si ammala o si disorienta e si dirige verso una spiaggia o verso una rete da pesca, il resto del gruppo lo segue andando a condividere con lui la stessa sorte, questo è uno dei motivi per cui sono frequenti gli spiaggiamenti di massa di questi animali.

Alimentazione: Il globicefalo è prevalentemente teutofago e in particolare predilige i cefalopodi muscolari, soprattutto totani, che insegue compiendo accelerate improvvise anche a elevate profondità.

Rapporti con l'uomo: Le catture accidentali di questi animali con attrezzi da pesca erano abbastanza fino a quando c'erano ancora le reti derivanti spadare in Mediterraneo, soprattutto per via del fatto che si muovono in gruppi

numerosi guidati da pochi maschi, se questi incontrano una rete sul loro cammino, la stessa sorte tocca anche al resto del gruppo. Sono comuni anche le collisioni di questi animali con le imbarcazioni. Gli spiaggiamenti in Mediterraneo e in Mar Ligure sono abbastanza rari, sono invece più frequenti in acque oceaniche e talvolta possono coinvolgere numerosi individui, proprio per via del fatto che questi animali si muovono in gruppi. Questa specie in particolare, insieme alle focene, è oggetto di caccia specifica alle isole FaerOer in Danimarca.

***Ziphius cavirostris* – zifio**



Nome scientifico:	*Ziphius cavirostris* (Cuvier, 1823)
Classificazione:	
Ordine	Cetacea
Famiglia	Ziphidae
Genere	*Ziphius*
Specie	*Z. cavirostris*

Distribuzione: È presente nelle acque temperato-calde di tutto il mondo. Si tratta di animali abbastanza schivi, difficili da avvistare, che trascorrono la maggior parte del loro tempo in immersione. In Mediterraneo sono state identificate due popolazioni di zifi, una in Mar Ligure, che conta circa 100 esemplari ed una nel Mare di Alboran che ne conta circa 429. Probabilmente tra queste due popolazioni c'è una scarsa comunicazione. In Mar Ligure, si è osservato che la maggior parte degli avvistamenti di questi animali è stata effettuata nell'area tra Capo Mele e Capo Noli, dove sono presenti i canyons sottomarini del Polcevera e del Bisagno. Gli zifi probabilmente sfruttano i vantaggi in termini di abbondanza di prede derivanti dalla conformazione geo-morfologica del fondale in questa zona.



Fig. 26 | distribuzione globale di *Z. cavirostris.*

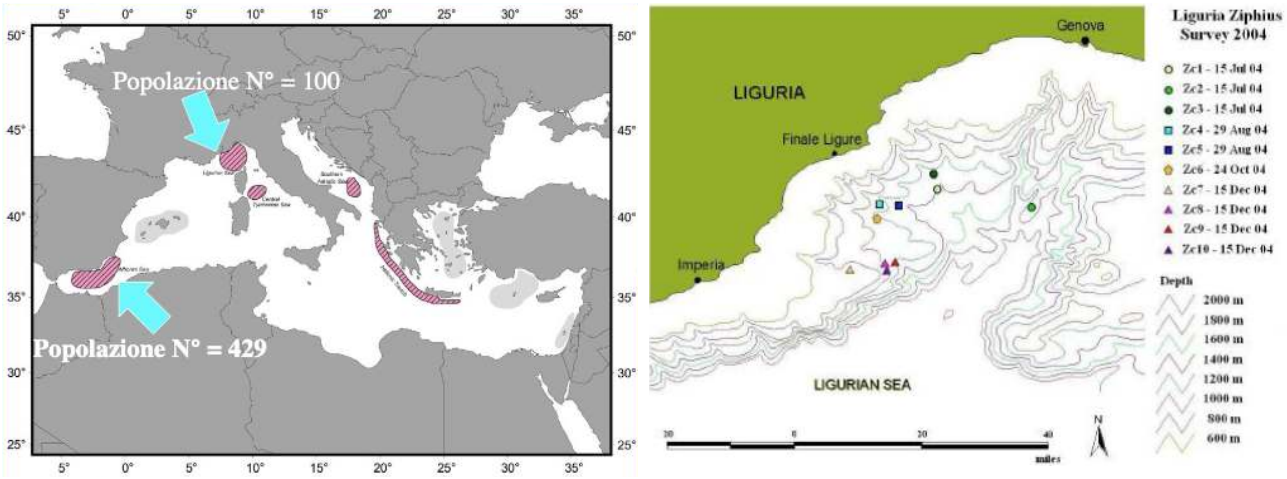


Fig. 27 | distribuzione in Mediterraneo di *Z. cavirostris* (a) e avvistamenti in prossimità dei canyons sottomarini.

Dimensioni: Raggiungono una lunghezza massima di 7 m nei maschi e di 7,5 m nelle femmine. Il peso è di circa 3-4 t.

Caratteri morfologici: Hanno un corpo siluriforme, piuttosto tozzo e un capo piccolo, lateralmente compresso, leggermente convesso superiormente per via della presenza di un piccolo melone, il rostro è molto corto e la mandibola protrunde rispetto ad esso.

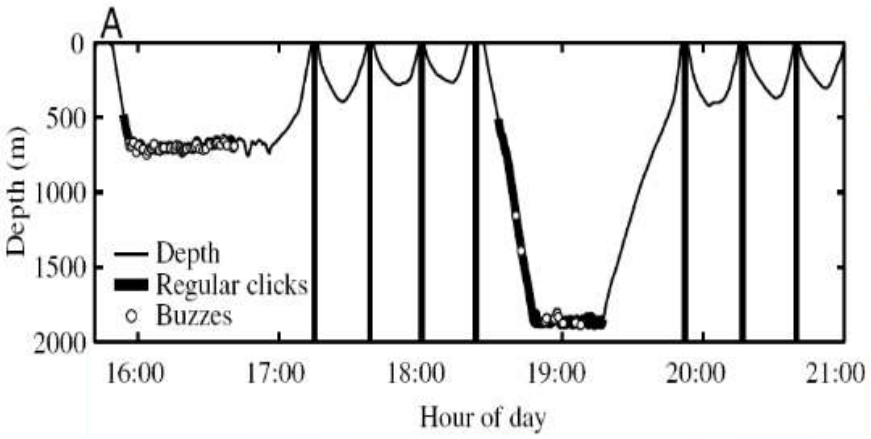


Fig. 28 | profilo di immersione tipico di *Z. cavirostris.*

Distribuzione batimetrica: Gli zifi vivono su batimetriche molto profonde, sempre però nei pressi della scarpata, dove le prede sono più abbondanti. Compiono immersioni da record sia per le profondità raggiunte, in Mar Ligure fino a 1990 m, che per la durata, che può essere superiore ai 90 minuti. Il comportamento in immersione di questi animali è completamente diverso rispetto a quello osservato per il globicefalo, in questo caso, dagli studi effettuati con l'applicazione di D-tag sugli animali, è emerso che la discesa è molto lenta e avviene in silenzio, ovvero gli animali non emettono click finché non raggiungono la profondità alla quale si alimentano (tra 500 e 1900 m). A questo punto inizia una serie di click regolari a frequenza aumentata (*buzzes*), che corrispondono agli atti di predazione. La generale lentezza di questi animali in immersione è provata da un regime alimentare diametralmente opposto rispetto a quello del globicefalo, che prevede principalmente il consumo di cefalopodi ammoniacali con capacità di fuga limitate, la cui assunzione quindi non prevede un inseguimento attivo. Una volta alimentatosi l'animale torna in superficie lentamente e compie una serie di emersioni decompressive, portandosi in superficie e poi a profondità progressivamente minori per alcune volte, questo comportamento è atto ad eliminare l'accumulo di azoto nei tessuti. Questo comportamento di immersione rende gli zifi particolarmente vulnerabili agli impatti acustici in mare (in particolare ad air-guns e sonar) in quanto, se mentre gli animali si trovano ad una certa profondità vengono emesse onde acustiche a bassa frequenza, questi interrompono drasticamente l'immersione, senza rispettare i tempi di decompressione e senza effettuare le emersioni decompressive, allontanandosi il più velocemente possibile dalla fonte di rumore. Questo causa la formazione di emboli di grasso e di bolle di gas nei tessuti e ciò provoca la morte dell'animale.

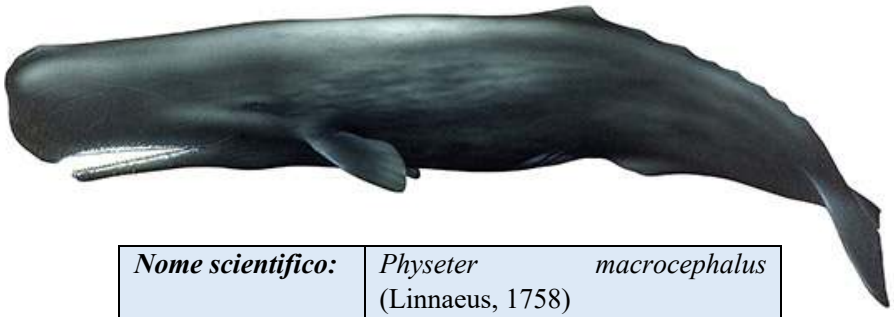
Riproduzione: La maturità sessuale è raggiunta a dimensioni di circa 5,5 m per i maschi e di circa 6 m per le femmine. La gestazione dura 12 mesi. Le nascite avvengono in arda estate – inizio autunno e la lunghezza dei piccoli alla nascita è di circa 2,5-3 m.

Dinamiche sociali: Gli zifi sono animali piuttosto schivi, gli avvistamenti sono abbastanza rari. La maggior parte delle osservazioni riguarda esemplari isolati o in piccoli gruppi di 2-4 esemplari. Il branco più grande di cui si ha notizia era costituito da 25 esemplari.

Alimentazione: Gli zifi sono quasi esclusivamente teutofagi, soprattutto si cibano di totani pelagici e mesopelagici, occasionalmente anche di pesci. Tra i cefalopodi predilige quelli ammoniacali, le cui capacità di sottrarsi alla predazione sono limitate e quindi non devono essere inseguiti. Dall'analisi dei contenuti gastrici emerge che tra le specie assunte con maggiore frequenza in Mediterraneo figurano l'*Histioteuthis* bonellii, ma soprattutto un gran numero di *Octopotehuthis* spp., questi ultimi si trovano a maggiori profondità rispetto ad *H. bonellii*, dove gli zifi non sono in competizione con i capodogli, che raggiungono profondità massime di 700-900 m.

Rapporti con l'uomo: Questi animali sono molto rari da avvistare, in quanto si adoperano per tenersi alla larga dalle imbarcazioni e dalle attività umane, tuttavia proprio dagli spiaggiamenti sappiamo che lo zifio non è poi così raro come si potrebbe supporre dall'esiguità degli avvistamenti, infatti gli spiaggiamenti sono frequenti e tipicamente riguardano singoli individui. Talvolta sono stati documentati casi di spiaggiamenti di massa, in Liguria, nel maggio del 1963, nel giro di pochi giorni si spiaggiarono, lungo un arco di costa di alcune decine di chilometri nei pressi di Cogoleto, ben 15 esemplari. Si è osservato che molti degli spiaggiamenti collettivi di zifio che si sono verificati sulle coste di tutto il mondo, sono avvenuti proprio in concomitanza di esercitazioni navali militari (ultimi casi accertati: 11-16 maggio 1996, Grecia; 15 maro 2000, Bahamas, 24 settembre 2002 e 2004, Canarie; novembre-dicembre 2011, Ionio; 2022 coste corse e liguri). In seguito alle autopsie in tutti gli esemplari spiaggiati è stata rilevata la presenza di emboli di grasso e bolle di gas nei tessuti. Nonostante ciò, la principale causa di mortalità per lo zifio in Mediterraneo sono state con ogni probabilità in passato le catture accidentali in reti pelagiche derivanti.

***Physeter macrocephalus* – capodoglio**



Nome scientifico:	*Physeter macrocephalus* (Linnaeus, 1758)
Classificazione:	
Ordine	Cetacea
Famiglia	Physeteridae
Genere	*Physeter*
Specie	*P. macrocephalus*

Distribuzione: I capodogli popolano le acque dei mari di tutto il mondo, ad eccezione di quelle polari. Esiste una segregazione sessuale per cui solo i maschi adulti si trovano al di sopra dei 45° di latitudine in entrambi gli emisferi, le femmine invece rimangono in acque più clade, dove formano dei gruppi matriarcali. In Mediterraneo sono stati effettuati diversi studi (sia con metodi visivi che acustici) per stimare l'abbondanza della popolazione, e si ritiene che questa conti meno di 1000 individui, tuttavia si tratta probabilmente di una popolazione in ripresa dopo l'intenso sfruttamento a cui è stata soggetta negli ultimi due secoli (come testimoniato anche da alcuni recenti avvistamenti: 24 esemplari in Mar Ligure nell'ottobre 2022).

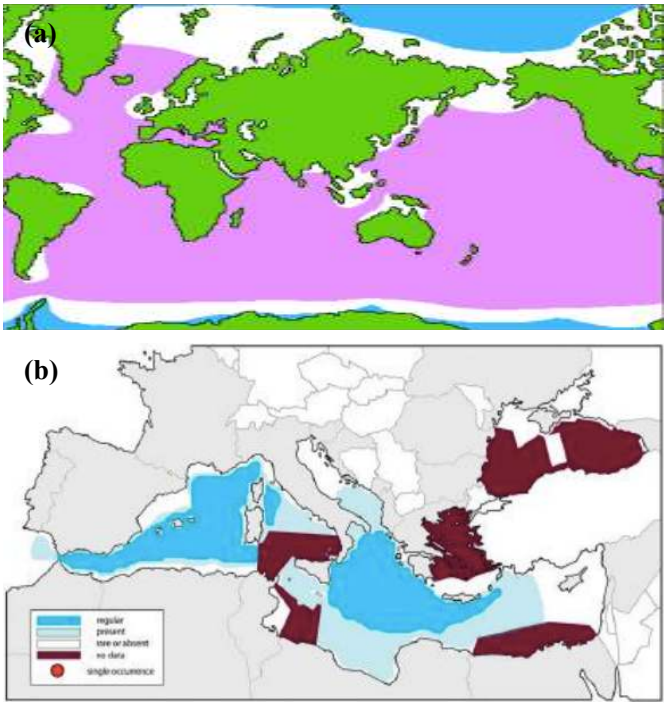


Fig. 29 | distribuzione globale di *P.macrocephalus* (a) e distribuzione in Mediterraneo (b).

Dimensioni: I capodogli possono raggiungere una lunghezza massima di 20 m per i maschi e 13 per le femmine, tuttavia sono rari i casi in cui un esemplare arriva a raggiungere tali dimensioni e in media i maschi arrivano a raggiungere circa 15-16 m e le femmine circa 11 m di lunghezza. Il peso può raggiungere fino a 50 t per i maschi e 20 t per le femmine. I capodogli mediterranei sono in generale più piccoli in quanto hanno accesso a delle risorse alimentari limitate rispetto a quelli che si cibano di calamari del genere *Architeuthis* nelle acque antartiche.

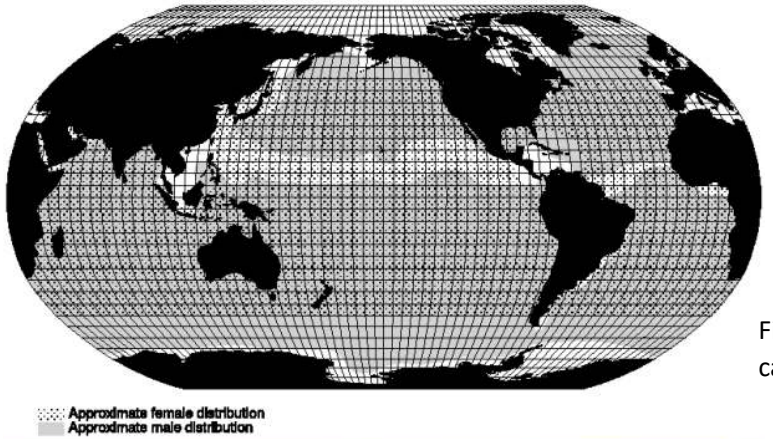


Fig. 30 | segregazione sessuale dei capodogli a livello globale.

Caratteri morfologici e anatomia: Il capodoglio è caratterizzato dalla presenza di una testa molto grande, soprattutto nei maschi, che occupa normalmente un terzo della lunghezza dell'animale. La pelle del dorso è solitamente piena di protuberanze, la colorazione è grigio uniforme, ma sono stati osservati anche esemplari albini bianchi (da cui è stata ispirata la storia di Moby Dick). Il capodoglio possiede il cervello più grande esistente sulla terra, dal peso di 7 kg in media in un maschio adulto, nonostante ciò il cervello non risulta così grande se rapportato alle dimensioni corporee. Non ha una vera e propria pinna dorsale, ma sono presenti una serie di escrescenze sul terzo caudale del dorso, anche la coda è triangolare ed è molto sottile. Lo spermaceti è la sostanza cerosa semiliquida che si trova nella testa del capodoglio, letteralmente significa "sperma di balena", non si tratta tuttavia del seme della balena, ma è stato scambiato per esso dai primi balenieri. Lo spermaceti si trova nell'organo dello spermaceti, posto davanti e sopra al cranio del capodoglio. Lo spermaceti costituisce tra i. 25 ed il 33% della massa corporea dell'animale. Alle due estremità (distale e frontale) di quest'organo sono presenti i sacchi aeriferi, lo sfiatatoio è situato molto vicino alla parte frontale della testa ed è spostato sul lato sinistro dell'animale, è rimasto il solo passaggio nasale di sinistra che porta aria ai polmoni, mentre quello di destra mette in comunicazione i due sacchi aeriferi, quello frontale (posteriore – così chiamato perché si appoggia sull'osso frontale dell'animale) e quello distale, garantendo un interscambio di aria tra i due sacchi. Il melone è localizzato sotto all'organo dello spermaceti. L'organo dello spermaceti svolge molteplici funzioni: in primo luogo è coinvolto nella produzione di suoni (click) nell'ecolocalizzazione. I click sono prodotti a livello del sacco distale, che si contre producendo degli schiocchi, il suono si propaga attraverso l'organo dello spermaceti verso la porzione posteriore del capo dell'animale, dove si trova l'osso frontale, qui rimbalza e quindi attraversa il melone che funge da lente di focalizzazione del suono verso le prede. A seconda del tempo di percorrenza del suono lungo questo tragitto è possibile risalire alle dimensioni dell'animale. Il muscolo che circonda l'organo dello spermaceti può contrarsi e rilassarsi, favorendo in questo modo la modulazione del suono. L'organo dello spermaceti funziona anche "da GAV", infatti quando l'animale si trova in superficie la sostanza cerosa semiliquida presente all'interno dell'organo risulta più densa e fredda e questo favorisce l'affondamento, mentre quando il capodoglio si trova in profondità, in seguito ad una modifica della circolazione che determina un maggiore flusso sanguigno nella zona limitrofa all'organo dello spermaceti, può indurre il riscaldamento dell'organo, in questo modo la sostanza cerosa diventa meno densa e più calda e questo favorisce il galleggiamento dell'animale e quindi il suo ritorno verso la superficie.

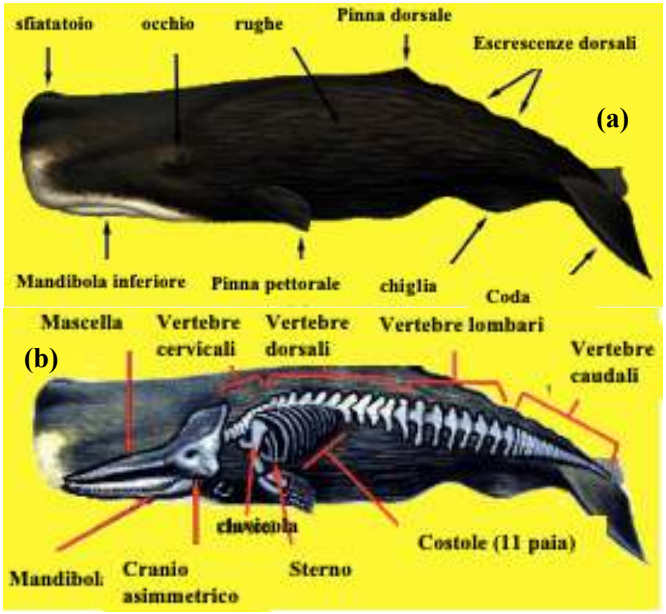


Fig. 31 | morfologia esterna (a) e apparato scheletrico di capodoglio.

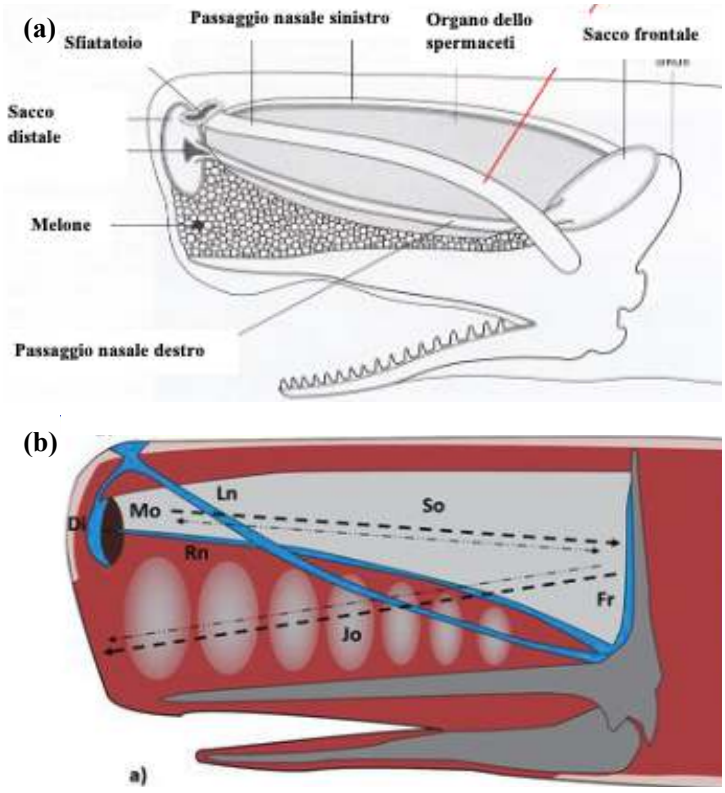


Fig. 32 | anatomia del capo (a) e schema di produzione di click (b) nei capodogli.

Distribuzione batimetrica: I capodogli vivono su grandi profondità, tipicamente vicino a costa, dove la piattaforma continentale è molto stretta. Compiono immersioni profonde, sono in grado di raggiungere fino a 2500 m di profondità, e lunghe fino a 90 minuti, in media durano tra 40 min e 1 ora. I capodogli in Mediterraneo compiono una serie di immersioni (anche dette tuffi) ad intervalli regolari durante l'intera giornata, ciascun tuffo è caratterizzato da una fase di discesa della durata di circa 15-20 minuti, durante la quale l'animale emette click regolari per localizzare le prede. Una volta raggiunta la profondità dove viene svolta l'attività di predazione, in genere tra i 600 e i 900 m, l'animale aumenta la frequenza dei click, emettendo i cosiddetti *buzzes*, ogniqualvolta si imbatte in una preda. Questo aspetto è particolarmente importante perché permette di comprendere esattamente quando l'animale si alimenta dal profilo acustico dell'immersione. Terminata la fase di alimentazione, inizia la risalita verso la superficie, anch'essa della durata di circa 15, in cui l'animale smette di produrre suoni. È stato osservato che in Mediterraneo, i capodogli dedicano in media circa l'80% della loro giornata alla ricerca di cibo, le singole immersioni durano circa 55 minuti e ne vengono effettuate circa 17-20 al giorno. Durante ciascun tuffo vengono svolte in media tra le 20 e le 25 attività di predazione e vengono consumate circa 300 prede al giorno per ciascun esemplare. Questo discorso è valido solamente per i capodogli del Mediterraneo che trovano prede di dimensioni modeste, in altre aree del mondo tuttavia, sono presenti cefalopodi molto più grandi, come l'*Architeuthis dux* che ha una distribuzione geografica prevalentemente a latitudini temperato-fredde, sia nell'Atlantico che nel Pacifico, non è presente in Mediterraneo, o il *Mesonychoteuthis hamiltoni*, con distribuzione circumpolare. In queste zone i capodogli possono permettersi di investire meno energie nella ricerca delle prede in quanto, quando si imbattono in una di queste prede, il loro fabbisogno alimentare è ampiamente soddisfatto per lungo tempo, quindi la frequenza delle immersioni sarà minore. Questo spiega anche la differenza dimensionale tra i capodogli del Mediterraneo e quelli che vivono negli oceani, con questi ultimi mediamente più grossi.

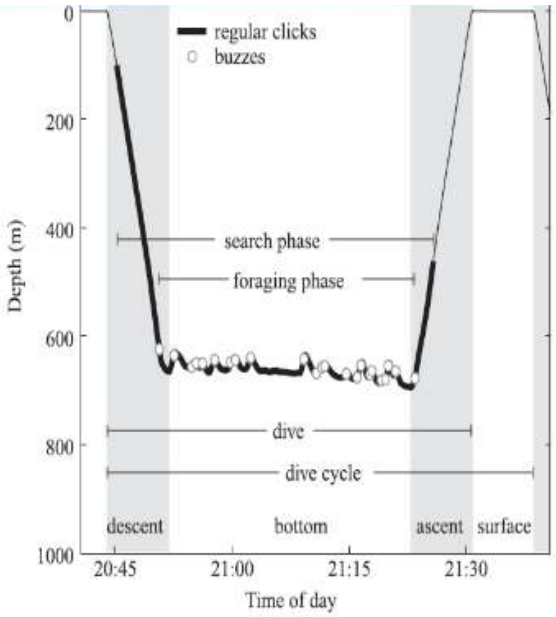


Fig. 33 | profilo di immersione tipico di *P. macrocephalus.*

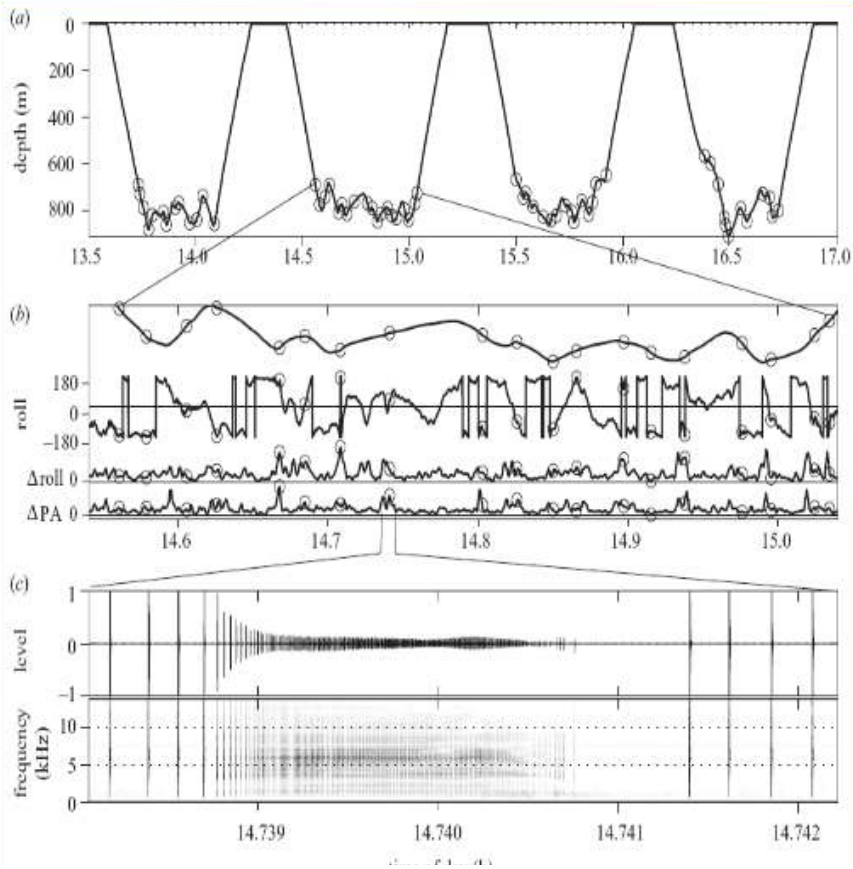


Fig. 34 | comportamento di immersione tipico dei capodogli mediterranei nell'arco della giornata.

I capodogli presentano una serie di adattamenti che permettono loro di compiere immersioni così lunghe e durature, i principali sono:

1) Quando la pressione idrostatica aumenta, l'aria all'interno dei polmoni viene compressa e in parte ritorna verso la trachea, dove sono presenti degli ispessimenti che impediscono che i gas presenti nella miscela respiratoria (in particolare l'azoto) passino al circolo sanguigno, prevenendo la formazione di emboli.

2) Regolazione della fluidità della sostanza cerosa nell'organo dello spermaceti per agevolare la discesa e la risalita dell'animale: quando l'animale si trova in superficie i passaggi nasali sono riempiti di acqua fredda, questo rende più densa e fredda la sostanza cerosa aiutando il capodoglio nella discesa, mentre quando si trova in profondità l'animale espelle l'acqua dai passaggi nasali, in questo modo permette alla temperatura corporea di riscaldare la sostanza cerosa che diventa meno densa e questo agevola la risalita del capodoglio.
3) Possibilità di chiudere la circolazione sanguigna in determinati distretti corporei grazie alla presenza di apposite valvole (vasocostrizione selettiva), questo sistema permette che parte della circolazione periferica durante l'immersione venga interrotta e che vengano irrorati solo alcuni organi fondamentali per la caccia o per la risalita (come lo spermaceti e il cervello).
4) Presenza di una rete mirabile toraco-spinale che intercetta e filtra le eventuali bolle di azoto che si formano, scongiurando che si verifichino embolie.
5) Un battito cardiaco rallentato (bradicardia) ed un metabolismo in generale più basso.
6) Presenza di mioglobina nei muscoli, una proteina che immagazzina grandi quantitativi di ossigeno che possono essere utilizzati per il nuoto.
7) Elevata efficienza di immagazzinamento dell'ossigeno nel sangue, con elevate concentrazioni di emoglobina ed eritrociti e un ampio volume dei vasi sanguigni che trasportano un elevato volume di sangue dal corpo al cervello dell'animale.
8) Ampio strato di grasso isolante, per evitare lo sbalzo termico.

Riproduzione: La maturità sessuale è raggiunta a 7-12 anni nelle femmine e a 18-19 anni per il maschio. Le femmine hanno una gestazione di circa 14 mesi. Le nascite avvengono in primavera o in estate e la taglia del piccolo alla nascita è di circa 4 m. L'allattamento è molto lungo, può durare da un anno e mezzo fino a 3-4 anni. Per capodogli e balenottere il sito di nascita principale in Mediterraneo è rappresentato dal Mar Ligure, che è una delle zone maggiormente produttive dell'intero bacino.

Dinamiche sociali: I capodogli hanno un'organizzazione sociale molto complessa, formano dei gruppi in cui l'unità base è la famiglia formata dalle femmine con i piccoli di varie età. I maschi che hanno raggiunto la pubertà si riuniscono in gruppi isolati. Una volta diventati adulti tenteranno di affermare la loro supremazia nei confronti degli altri maschi dominanti, con lotte anche molto veementi.

Accrescimento ed età: La determinazione dell'età nei cetacei odontoceti si effettua su sezioni dei denti, dove si va ad effettuare un conteggio delle bande di dentina. I capodogli hanno 20-26 paia di denti in avorio a forma di cono nella mandibola inferiore, lunghi ognuno 8-20 cm. Quelli dei maschi sono più grossi di quelli delle femmine e possono raggiungere fino a 1 kg di peso ciascuno, per questo hanno un certo valore e spesso quando questi animali spiaggiano vengono presto depredati. I denti sono cavi all'interno e con la crescita la cavità si riduce in seguito all'apposizione di strati di dentina. Le curve di crescita dell'animale, come nella maggior parte dei casi osservati finora mostrano un accrescimento abbastanza rapido nei primi anni di vita che poi rallenta in seguito.

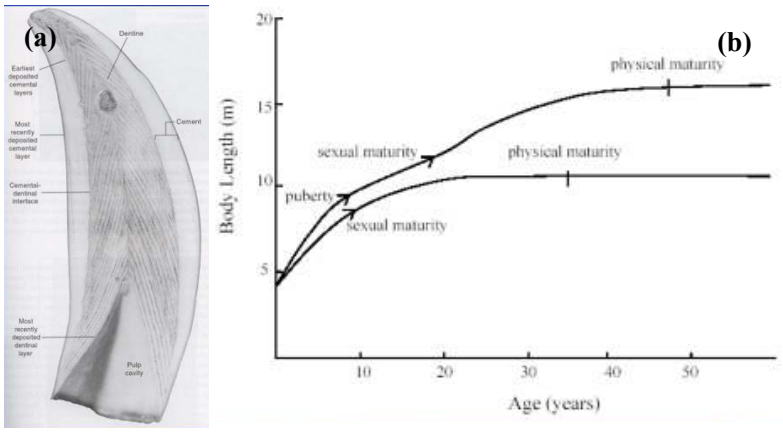


Fig. 35 | sezione del dente di un capodoglio (a) e curve di crescita per maschi e femmine di *P. macrocephalus* (b).

Alimentazione: Mentre i capodogli presenti nel resto del mondo si cibano principalmente di cefalopodi di grosse dimensioni (*Architeuthis dux, Mesonychoteuthis hamiltoni*), dall'analisi dei contenuti gastrici di quelli del Mediterraneo è emerso che i principali cefalopodi che costituiscono la loro dieta sono: *Histioteuthis bonnellii, Galiteuthis armata, Octopoteuthus sicula*, quindi cefalopodi ammoniacali di piccole dimensioni. Questo implica che per soddisfare il proprio fabbisogno alimentare, i capodogli mediterranei, debbano dedicare molto più tempo alla ricerca del cibo rispetto che nel resto del mondo, e questo molto probabilmente è anche uno dei motivi per cui i capodogli mediterranei sono molto più piccoli rispetto agli altri. Nelle analisi dei contenuti gastrici dei capodogli mediterranei, si trovano principalmente becchi di cefalopodi, che formano degli ammassi, ed è proprio grazie a

questi che è possibile risalire alla dieta dell'animale. Talvolta possono essere presenti anche macro-plastiche ingerite accidentalmente.

Rapporti con l'uomo: Dopo l'intenso sfruttamento degli ultimi due secoli le popolazioni di capodoglio mediterranee si stanno lentamente riprendendo. Fino a poco tempo fa era rimasta la sola caccia effettuata alle Azzorre con strumenti tradizionali, ma ora è stata fermata e si è capito che piuttosto che ucciderli è meglio portare i turisti con le barche a vederli, sviluppando forme di ecoturismo. Un'altra possibile interazione tra questi animali e l'uomo riguarda il fatto che essendo molto lenti, possono talvolta infilarsi dentro le reti derivanti spadare (il cui utilizzo è attualmente bandito in Mediterraneo, anche se in alcune aree vengono ancora impiegate illegalmente) e rimanere intrappolati. I capodogli sono particolarmente sensibili a questo impatto, tanto che si è osservato che è sufficiente che a un esemplare rimangano dei lembi di rete o una cima impigliati attorno alla coda, perché questo risenta di una sorta di condizionamento psicologico per cui smette di immergersi, e questo va a condizionare la fitness dell'animale, rendendo soprattutto difficoltosa la ricerca del cibo. Gli spiaggiamenti in Mediterraneo sono relativamente rari, mentre in altre aree del mondo avvengono spiaggiamenti di massa, dovuti probabilmente a perdita dell'orientamento. La maggior parte degli spiaggiamenti di questi animali a livello di bacino si concentra nel Mar Adriatico, che a causa della conformazione geo-morfologica dei fondali rappresenta una vera e propria trappola per i capodogli che vi entrano. In particolare più o meno all'altezza del tacco dello stivale italico si verifica un rapido passaggio da batimetriche di circa 1000 m a fondali non più profondi di 200 m che costituiscono un ambiente di piattaforma continentale che si estende fino alle coste venete. In questo ambiente i capodogli non trovano più le proprie prede, dopo essere entrati seguendo la corrente, in particolare seguendo il flusso delle acque levantine (LIW) che subiscono una deflessione dovuta alla conformazione della linea di costa e una parte di esse entra nell'Adriatico attraverso il canale di Otranto scorrendo lungo le coste orientali del bacino, queste poi tendono a raffreddarsi e sprofondare dando origine alle ADW (*Adriatic Deep Water*) che fuoriescono dal bacino adriatico per riunirsi alle LIW in direzione ovest. In questo modo il tacco dello stivale tende ad intercettare i capodogli durante il loro percorso di uscita e probabilmente è questa la causa della così alta frequenza di spiaggiamenti in questa zona. Uno dei più celebri eventi di spiaggiamento di massa di capodogli in Italia è avvenuto nel 2009 nei pressi della laguna di Varano, dove sono stati ritrovati 7 maschi. Nel 2014, poco lontano, nella località di Vasto sono state ritrovate 7 femmine spiaggiate, di cui 4 sono state salvate, 3 no e di queste ultime solo una presentava plastica nei contenuti gastrici, 2 settimane dopo è stato ritrovato un individuo in avanzato stato di decomposizione a Polignano.

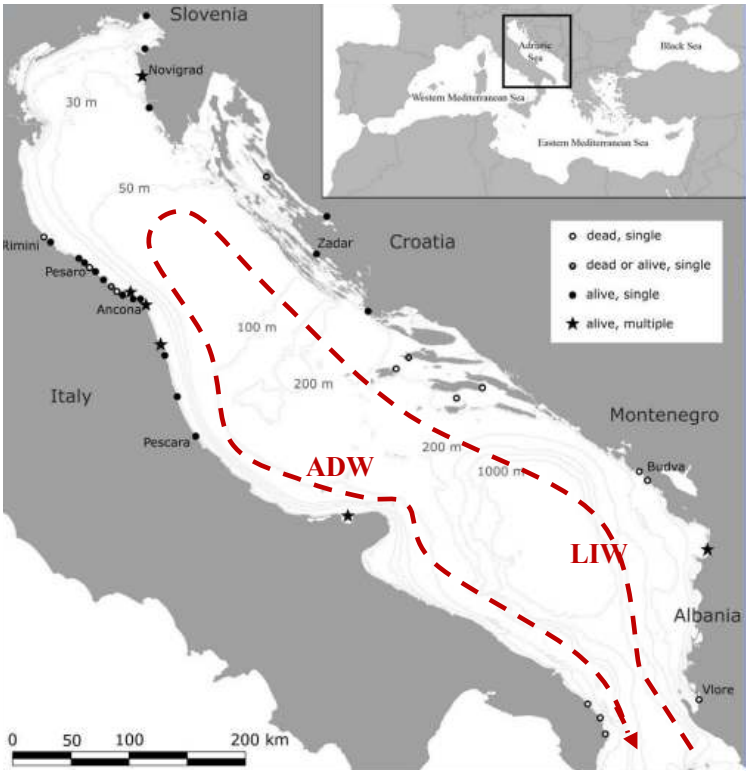
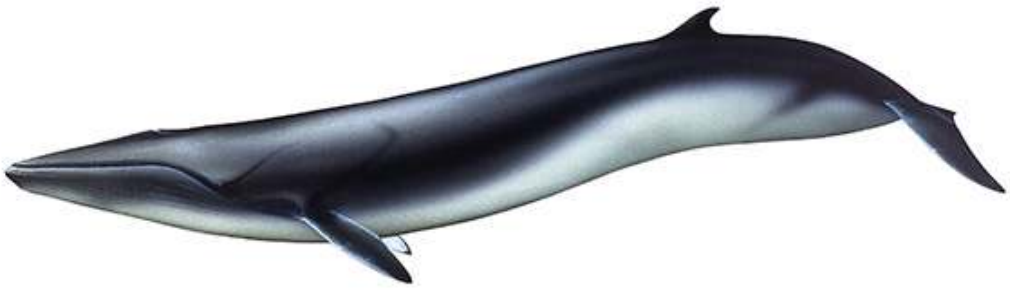


Fig. 36 | conformazione del bacino adriatico che funge da trappola impedendo il rientro in Mediterraneo dei capodogli, coi pallini sono segnalati gli spiaggiamenti.

Principali specie di misticeti presenti in Mediterraneo:

L'unico cetaceo misticeto presente stabilmente in Mediterraneo è la *Balenoptera physalus*, appartenente alla famiglia Balenopteridae, di altre specie è stata segnalata solo una sporadica presenza nel bacino, anche se in alcuni casi, come per la megattera, la frequenza delle segnalazioni è in aumento negli ultimi anni.

***Balenoptera physalus* – balenottera comune**



Nome scientifico:	*Balenoptera physalus* (Linnaeus, 1758)
Classificazione:	
Ordine	Cetartiodactyla
Famiglia	Balenopteridae
Genere	*Balenoptera*
Specie	*B. physalus*

Distribuzione: La balenottera comune popola le acque dei mari di tutto il mondo, ad eccezione di quelle polari. In Mediterraneo all'inizio degli anni Novanta si contavano più di 3.500 esemplari, questo numero è andato diminuendo nel corso del secolo fino a toccare una cifra di circa 800 individui e si ritiene che attualmente la popolazione ne conti meno di 1000, a testimonianza di una ripresa dopo l'intenso sfruttamento a cui è stata soggetta.

Dimensioni: È la seconda specie di balena più grande sulla Terra dopo la balenottera azzurra (*B. musculus*), le dimensioni massime che questa specie può raggiungere sono di 24 m di lunghezza e 30-89 tonnellate di peso, tuttavia gli esemplari presenti in Mediterraneo sono più piccoli, con dimensioni complessive comprese tra i 15-20 m. la taglia alla nascita è di circa 4,5-5 m.

Caratteri morfologici: La balenottera comune ha una figura fine e slanciata, un elemento essenziale per riconoscerla a distanza ravvicinata è la pigmentazione asimmetrica della testa: sul lato destro, il labbro inferiore, la cavità orale e alcuni dei fanoni sono bianchi, mentre il lato sinistro è grigio uniforme.

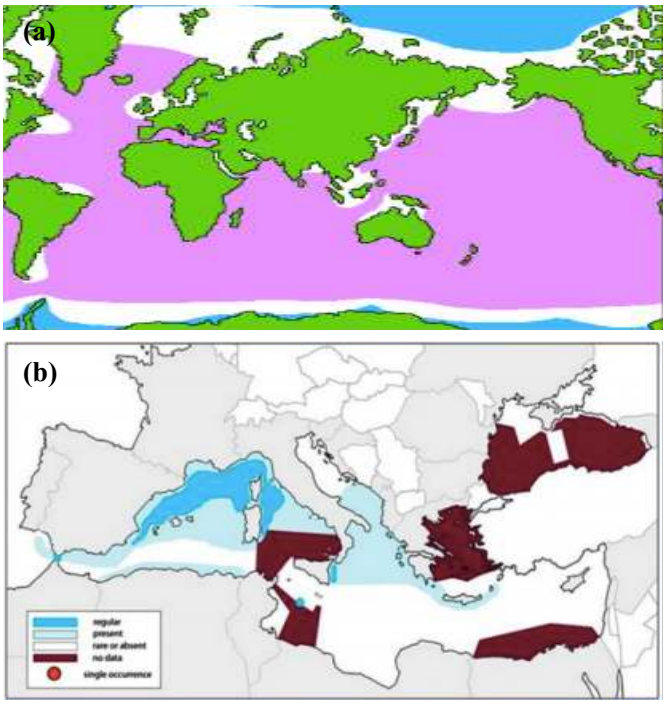


Fig. 37 | distribuzione globale di *B. physalus* (a) e distribuzione in Mediterraneo (b).

Distribuzione batimetrica: Il comportamento di immersione degli esemplari di balenottera comune della popolazione mediterranea è differente da quello degli esemplari della stessa specie in altre aree del pianeta. In particolare, questi animali effettuano delle immersioni non particolarmente prolungate, che arrivano a durare circa 15 minuti, poi risalgono. Le discese avvengono tipicamente verso sera e gli animali scendono fino a circa 500 m di profondità, dove, in questo momento della giornata, trovano gli sciami di krill compatti, più tardi questi risalgono e si disperdono.

Migrazioni orizzontali: Le balenottere compiono delle grandi migrazioni all'interno del bacino, in cui tendono a seguire sempre gli stessi percorsi. È possibile monitorare questi spostamenti grazie a degli appositi tag che vengono

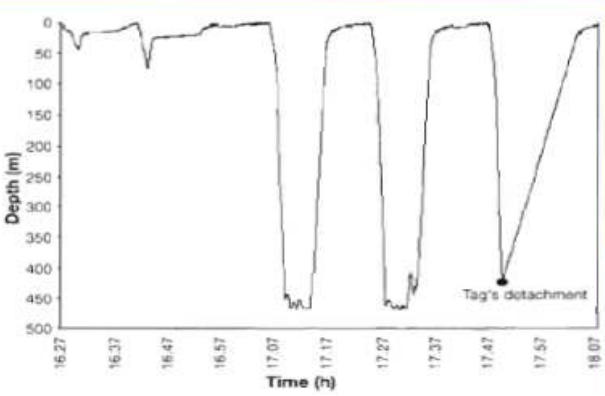


Fig. 38 | profilo di immersione tipico di *B. physalus.*

applicati sull'animale, sono provvisti di punte che penetrano nel tessuto adiposo e si infilano nel muscolo. È possibile individuare uno spostamento stagionale di questi animali. Durante l'estate le balenottere tendono a rimanere nei pressi del Golfo del Leone-Golfo di Genova, in Mar Ligure, che rappresenta per loro una *feeding area* per via dell'elevata produttività primaria di questa zona (i picchi stagionali di fitoplancton attirano zooplancton che a sua volta attira le balene), in questo periodo dell'anno hanno una distribuzione tipicamente pelagica (oltre la batimetrica dei 2000 m), in queste aree compiono le immersioni con cui vanno a cacciare i banchi di *M. norvegica*. Durante l'inverno gli animali si spostano a sud del Mediterraneo, nelle zone di Lampedusa, dove le temperature dell'acqua sono maggiori, qui rimangono molto più vicine alla costa e si alimentano di un'altra specie di krill, la *Meganychtiphanes conchii*, che si trova più in superficie. In genere questo spostamento da nord verso sud-est è abbastanza rapido, si realizza nell'arco di 1-2 giorni.

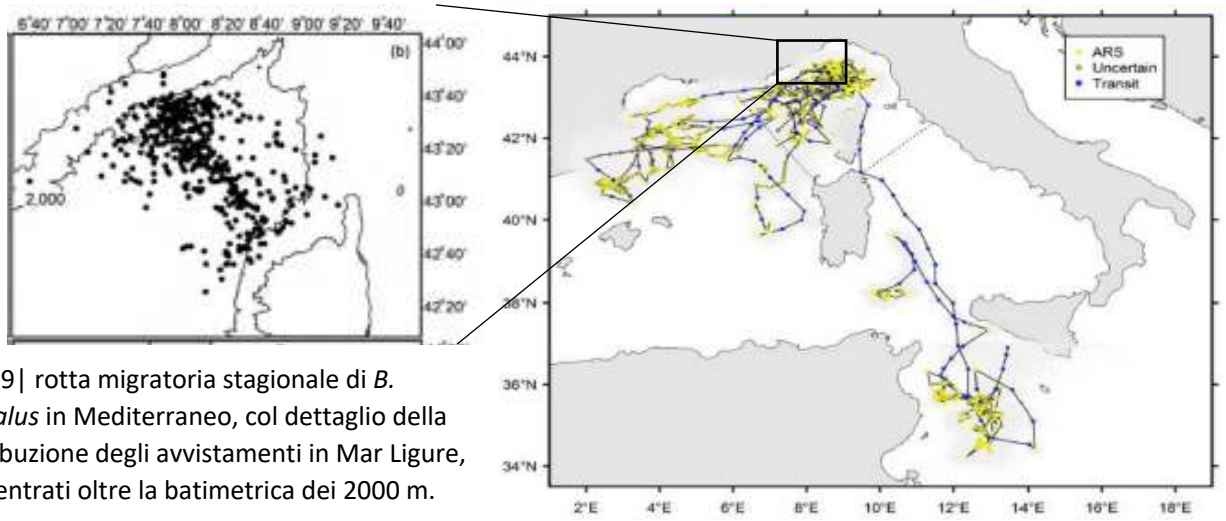


Fig. 39| rotta migratoria stagionale di *B. physalus* in Mediterraneo, col dettaglio della distribuzione degli avvistamenti in Mar Ligure, concentrati oltre la batimetrica dei 2000 m.

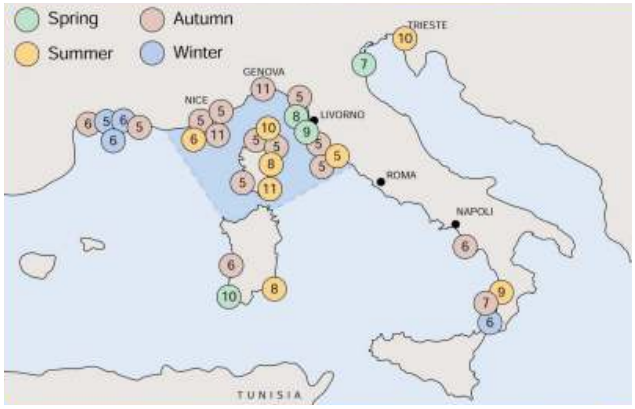


Fig. 40 | spiaggiamenti in Mar Ligure, nella maggior parte dei casi si tratta di neonati (5-6 m).

Riproduzione: Il periodo riproduttivo delle balenottere in Mediterraneo è strettamente correlato con il loro ciclo migratorio stagionale, questi animali danno alla luce i piccoli in autunno e inverno, tra i mesi di ottobre e gennaio. Questo è dovuto al fatto che le balenottere in questo modo riescono ad alimentarsi fino ad autunno inoltrato, approfittando dei bloom fitoplanctonici, accumulando le energie necessarie per affrontare il parto. La maggior parte degli spiaggiamenti di neonati (4-5 m di lunghezza) in Mediterraneo avviene proprio all'interno del Santuario, questo ha fatto pensare che il Mar Ligure possa rappresentare per questa specie un'area di *nursery*.

Accrescimento ed età: Le balenottere raggiungono la maturità fisica attorno ai 25 anni e vivono fino a circa 90 anni. Per la determinazione dell'età di questi animali non si usano i denti come nei capodogli, dal momento che ne sono privi. Tutti i cetacei presentano ancora un residuo vestigiale del meato acustico, il canale che collega l'orecchio interno con la parte esterna e comunica all'esterno per mezzo di un piccolo forellino, questo canale presenta all'interno un tappo di cerume, che può essere sfruttato per risalire all'età dell'animale. In particolare si va a leggere

la sezione di questa struttura, in cui è possibile individuare una banda neonatale, che corrisponde al momento in cui inizia la deposizione di cerume, dopodiché la lettura è abbastanza lineare: ad ogni banda corrisponde un anno di vita dell'animale. È possibile tuttavia distinguere due regioni del tappo di cerume a cui corrispondono diversi ritmi di crescita dell'animale: la regione compresa tra la banda neonatale e la cosiddetta linea di transizione (da destra verso sinistra), presenta delle bande molto più ampie, che corrispondono ad una crescita molto più veloce, nei primi anni di vita; oltre la linea di transizione le bande diventano più fitte e si osserva una crescita stabile. Come mostrato dalle curve di crescita di questi animali la maturità sessuale è raggiunta attorno ai 6-7 anni nei maschi e tra i 7 e i 12 nelle femmine, a cui corrisponde una lunghezza di circa 20 m dell'animale.

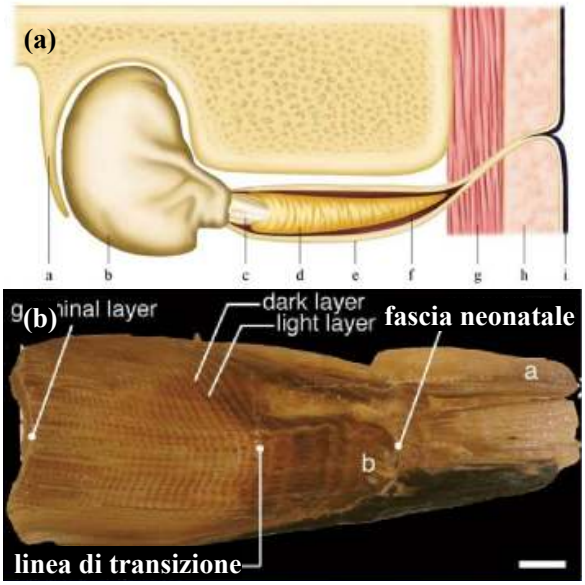


Fig. 41 | formazione del tappo di cerume (a) e schema della sua sezione (b).

Genetica di popolazione: Le balenottere comuni presenti in Mediterraneo, appartengono principalmente a 2 popolazioni: una strettamente mediterranea e una atlantica, nelle zone oltre al Mare di Alboran, a ridosso delle coste spagnole e francesi, si registra una certa sovrapposizione tra le due popolazioni. Questa differenziazione è stata evidenziata sia dagli studi con gli isotopi stabili nei tessuti, che hanno mostrato che la maggior parte delle balenottere del Mediterraneo presenta una composizione isotopica simile a quella della *Meganychtiphanes norvegica* mediterranea, mentre solo una minoranza presenta una composizione isotopica simile a quella della *Meganychtiphanes* atlantica, sia dalle analisi del DNA mitocondriale che hanno confermato la separazione della popolazione mediterranea da quella atlantica. Queste scoperte hanno portato a pensare che il Mediterraneo possa rappresentare una sorta di "culla calda" principalmente per le femmine atlantiche che tendono a rimanervi per dare alla luce i piccoli nel Mare di Alboran, ogni tanto qualche maschio atlantico entra contribuendo a preservare la segregazione genetica di questa popolazione. In conclusione, le balenottere del Mediterraneo, sia che nascano nel Mare di Alboran, sia in Mar Ligure, hanno rapporti con quelle atlantiche. Infatti con la genetica si può constatare che Gibilterra non è un confine filogeografico come riscontrabile per le altre specie di grandi pelagici.

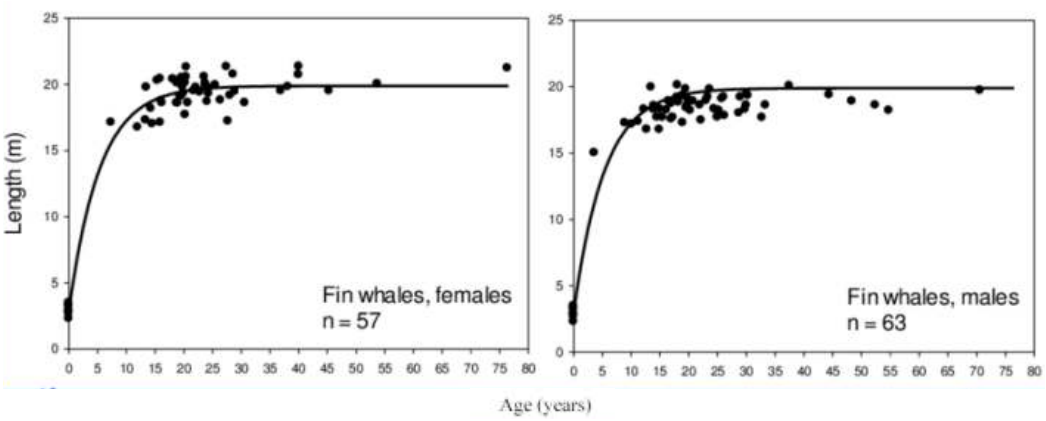


Fig. 42| curve di crescita per femmine e maschi di *B. physalus*.

Dinamiche sociali: Le balenottere, come molti cetacei misticeti, hanno un sistema di comunicazione complesso basato sull'emissione di suoni. Le frequenze dei suoni emessi possono differire in maniera significativa tra le varie popolazioni, tanto che si parla di veri e propri "dialetti". Anche gli studi di bioacustica hanno evidenziato la differenziazione tra la popolazione mediterranea e quella atlantica, che hanno dialetti completamente diversi tra loro.

Alimentazione: La balenottera comune è un animale filtratore che si nutre principalmente di krill. La preda prediletta dagli esemplari della popolazione mediterranea è la *Meganychtiphanes norvegica*. Nelle balene si possono distinguere due tipologie di alimentazione: alcune specie scremano l'acqua andando in giro con la bocca aperta, altre riempiono la bocca di acqua che contiene krill, accumulando anche grandi quantitativi di acqua nella gola che si espande enormemente, dopodiché sputano fuori l'acqua trattenendo il krill coi fanoni. La balenottera comune

adotta questa seconda strategia, che risulta maggiormente efficiente quando gli animali localizzano grossi sciami di krill compatti. L'individuazione degli sciami di krill è resa possibile dalla particolare conformazione del cranio di questo animale, che funge da padiglione acustico ed è capace di intercettare i rumori emessi dai banchi di krill (questo sistema di ricezione dei suoni è utilizzato anche per la comunicazione tra individui).

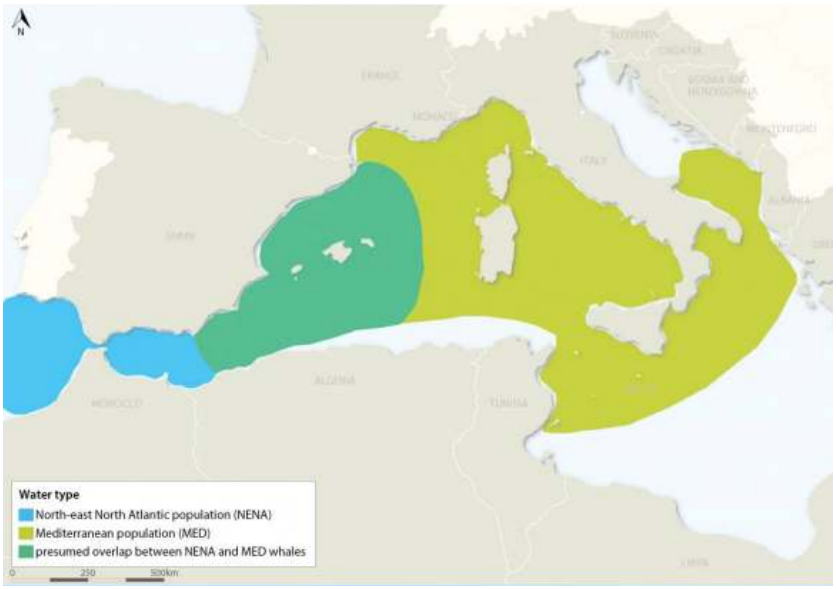


Fig. 43 | Distribuzione della popolazione atlantica e di quella mediterranea e zona di sovrapposizione tra le due.

Rapporti con l'uomo: Lo spiaggiamento di questi animali è un fenomeno abbastanza frequente in Mediterraneo. In media gli esemplari spiaggiati hanno dimensioni di 13-15 m, come già visto in Mar Ligure si registra un gran numero di spiaggiamenti di neonati. Oltre agli spiaggiamenti e agli avvistamenti, si possono verificare altre interazioni, dirette o indirette, tra questi animali e l'uomo, che spesso si traducono in impatti a carico della balena. Le collisioni sono un fenomeno abbastanza frequente perché le balenottere, come altri cetacei, fanno dormire un emisfero cerebrale per volta, facendo riposare l'occhio opposto, in questo modo vedono solo da un lato e quando dormono stanno in superficie. Le collisioni con le imbarcazioni possono risolversi con la mutilazione dell'animale o nel peggiore dei casi con la sua morte. Talvolta si possono verificare delle dinamiche particolari legate al fatto che questi animali mostrano una scarsa manovrabilità del nuoto, come nel caso della balenottera rimasta incastrata nei tubi del porto di Savona nel 2011. L'inquinamento da microplastiche è un grosso problema per questi animali che essendo dei filtratori, ingeriscono microplastiche che si accumulano nei loro tessuti, ciò rappresenta una minaccia importante se si considera che le maggiori concentrazioni di microplastiche in Mediterraneo si trovano proprio in corrispondenza del Golfo di Genova e del Golfo del Leone, zone costiere dove sfociano la maggior parte dei fiumi.

Altre specie occasionali in Mediterraneo:

***Balenoptera acutorostrata* – balenottera minore**



Nome scientifico:	*Balenoptera acutorostrata* (Lacépéde, 1804)
Classificazione:	
Ordine	Cetartiodactyla
Famiglia	Balenopteridae
Genere	*Balenoptera*
Specie	*B. acutorostrata*

Diffusa in tutti i mari dell'emisfero nord, è segnalata solo nel bacino occidentale del Mediterraneo. Avvistata raramente nel Santuario, in pochi casi trovata spiaggiata. È di taglia molto più piccola rispetto alla balenottera

comune (lungh. 7m-9m). Si riconosce per la presenza di una striscia bianca sulla superficie dorsale della pinna pettorale e di una cresta sul capo, per il muso più appuntito e per il profilo di emersione, per cui si vedono contemporaneamente sfiatatoio e dorsale. La maturità sessuale è raggiunta a 7-8 anni, la gestazione dura circa 10-11 mesi, la lunghezza alla nascita è di circa 3m. Per questa specie è concessa ancora la caccia a Giappone, Islanda e Norvegia di un numero limitato di esemplari. La presenza di questa specie è stata segnalata in più occasioni in Mediterraneo.

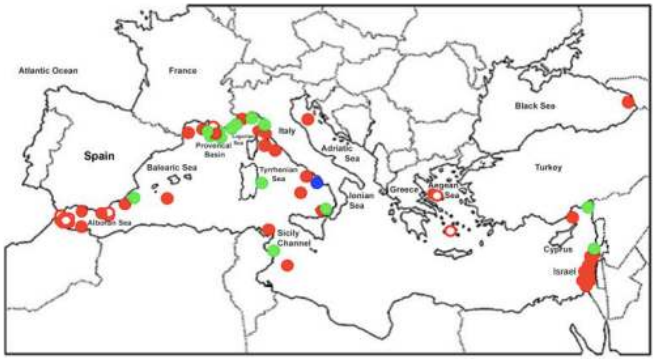


Fig. 44| Avvistamenti di *B. acutorostrata* in Mediterraneo.

***Eubalena glacialis* – balena franca nordatlantica**



Nome scientifico:	*Eubalena glacialis* (Muller, 1776)
Classificazione:	
Ordine	Cetartiodactyla
Famiglia	Balenidae
Genere	*Eubalena*
Specie	*E. glacialis*

Sono solo 2 le segnalazioni di questa specie in Mediterraneo entrambe risalenti al XIX secolo, una ad Algeri (1888) ed una a Taranto (1877). Lo scheletro di un esemplare è montato nel Museo Zoologico dell'Università di Napoli.

***Balenoptera borealis* – balenottera boreale**



Nome scientifico:	*Balenoptera borealis* (Lesson, 1828)
Classificazione:	
Ordine	Cetartiodactyla
Famiglia	Balenopteridae
Genere	*Balenoptera*
Specie	*B. borealis*

In Mediterraneo sono stati segnalati solo 5 avvistamenti di questa specie sulle coste di Francia e Spagna.

***Eschirichtius robustus* – balena grigia della California**



Nome scientifico:	*Eschirichtius robustus* (Lilljeborg, 1861)
Classificazione:	
Ordine	Cetartiodactyla
Famiglia	Eschirichtidae
Genere	*Eschirichtius*
Specie	*E. robustus*

C'è stata una recente segnalazione della presenza di questa specie in Mediterraneo in Israele (8 maggio 2010) e in Spagna (6 giugno 2010), presumibilmente si trattava dello stesso esemplare. All'inizio di marzo 2021 è entrato in Mediterraneo un esemplare di circa 7,7 m a cui è stato assegnato il nome di Wally, il suo passaggio è stato segnalato in diverse zone ed è morto dopo aver effettuato un giro quasi completo del Mediterraneo occidentale. Probabilmente la balena è arrivata dal Pacifico attraverso l'Alaska e i passaggi da nord per lo scioglimento dei ghiacci. Un altro esemplare è stato rinvenuto qualche mese prima spiaggiato sulle coste francesi dell'Atlantico.



Fig. 45 | Tragitto seguito dalla balena Wally nel Mediterraneo occidentale, l'ultima parte della tratta (in rosso) è stata solo ipotizzata, dopodiché non ci sono più state segnalazioni.

***Megaptera novaengliae* – megattera**



Nome scientifico:	*Megaptera novaengliae* (Borowski, 1781)
Classificazione:	
Ordine	Cetartiodactyla
Famiglia	Balenopteridae
Genere	*Megaptera*
Specie	*M. novengliae*

Sono stati segnalati alcuni rari avvistamenti in Mediterraneo e all'interno del Santuario fino al 2010, negli anni successivi sono diventati un fenomeno sempre più frequente. Probabilmente si tratta di esemplari non in ottime condizioni che sbagliano rotta e finiscono in Mediterraneo, che funge da "trappola".

LE TARTARUGHE MARINE DEL SANTUARIO

Generalità: inquadramento sistematico

Le cosiddette tartarughe di mare appartengono alla superfamiglia **Chelonioidea** che fa parte dell'ordine **Testudines**, e si sono adattate alla vita marina. Sono tra i più antichi tetrapodi della Terra. Si tratta di rettili perfettamente adattati alla vita marina, grazie alla forma allungata del loro corpo, ricoperto da un robusto carapace, ed alla presenza di "zampe" trasformate in pinne.

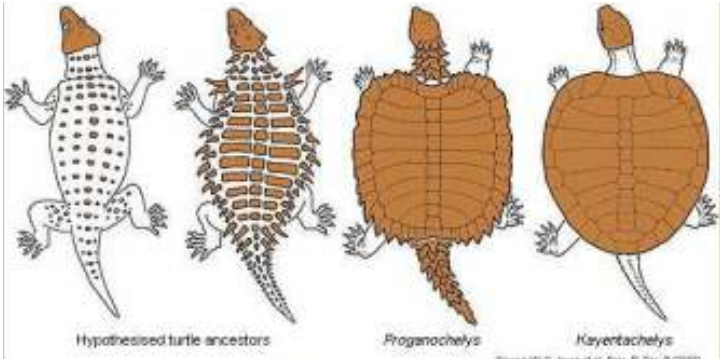


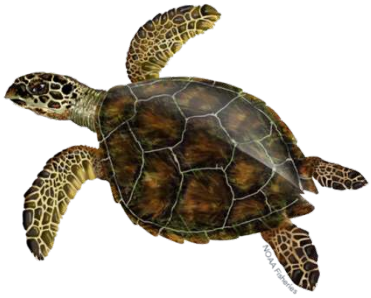
Fig. 1 | presunta evoluzione del carapace delle tartarughe a partire da un ipotetico progenitore comune.

Tartarughe marine nel mondo e in Mediterraneo

Al mondo sono conosciute 7 specie di tartarughe marine, appartenenti a due famiglie. La famiglia **Dermatochelydae** include la sola *Dermatochelys coriacea*, la cosiddetta tartaruga liuto, nota per essere la tartaruga più grande del mondo. Le restanti 6 specie fanno parte della famiglia **Cheloniidae**, e sono la tartaruga *Caretta caretta*, la più comune, seguita dalla tartaruga verde *Chelonia mydas*, queste sono anche le uniche due specie che nidificano in Mediterraneo. La più rara tartaruga di Kemp's Ridely, *Lepidochelys kempii* e la tartaruga embricata *Eretmochelys imbricata* sono state osservate per solo poche volte nel Mediterraneo finora. Nel 2014, una tartaruga spiaggiata è stata formalmente identificata in Spagna, si trattava della tartaruga olivastra *Lepidochelys olivacea*. Infine la tartaruga marina australiana a dorso piatto *Natator depressus* è una specie endemica delle spiagge sabbiose e delle acque costiere poco profonde della piattaforma continentale australiana.

Le tre principali specie presenti stabilmente in Mediterraneo sono:

***Caretta caretta* – tartaruga caretta**

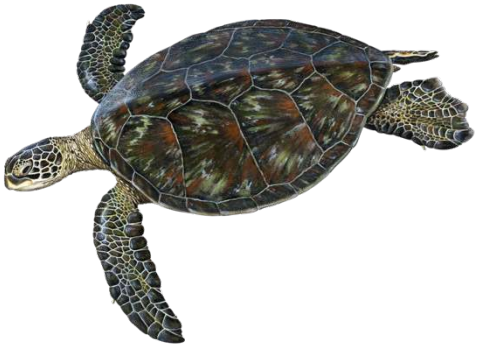


Nome scientifico:	*Caretta caretta* (Linnaeus, 1758)
Classificazione:	
Ordine	Testudines
Famiglia	Cheloniidae
Genere	*Caretta*
Specie	*C. caretta*

Si trova in tutto il Mediterraneo, gli esemplari sono più piccoli rispetto a quelli delle popolazioni presenti in Atlantico. La taglia media è compresa tra 85-100 cm e pesano circa 135 kg. La lunghezza massima conosciuta è di 213 cm 453 kg di in Atlantico. Questi animali raggiungono la maturità sessuale a 20-24 anni di età. I maschi hanno un guscio più largo, una lunga coda che si estende ben oltre il bordo del guscio e un artiglio ricurvo su ciascun arto anteriore.

La nidificazione è concentrata nel Mediterraneo orientale, con il maggior numero di nidi in Grecia, Turchia e Cipro. Probabilmente delle buone aree di nidificazione si trovano anche in Libia ed Egitto, ma non ci sono informazioni recenti disponibili. Le nidificazioni in Mediterraneo occidentale sono molto meno numerose. Si stimano in totale più di 8.000 nidi ogni anno, con una frequenza di 2 nidi per femmina per stagione, ciò corrisponde a circa 1.822 femmine nidificanti all'anno. In media si hanno 110 uova per nido e il successo della schiusa è di circa il 56-86%.

***Chelonia mydas* – tartaruga verde**

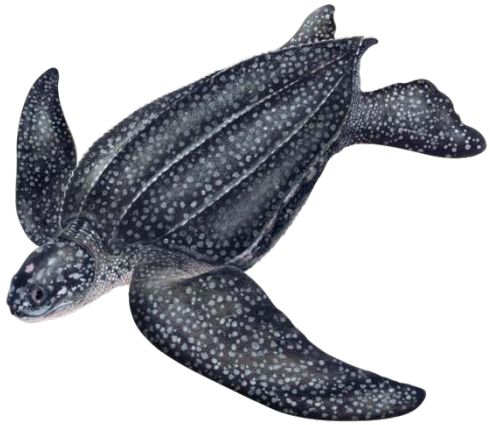


Nome scientifico:	*Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758)
Classificazione:	
Ordine	Testudines
Famiglia	Cheloniidae
Genere	*Chelonia*
Specie	*C. mydas*

Si trova solo nel Mediterraneo orientale e molto raramente in quello occidentale. Gli adulti raggiungono una taglia massima compresa tra 75-150 cm di lunghezza in Mediterraneo, in Atlantico sono presenti esemplari più grossi. La maturità sessuale viene raggiunta attorno ai 15-24 anni di età. I maschi hanno un carapace più lungo e più stretto rispetto alle femmine, una lunga coda prensile con un'unghia piatta sulla punta e un artiglio ricurvo allargato sulla pinna anteriore. La coda di una femmina raggiunge a malapena il bordo del guscio.

Le popolazioni di tartarughe verdi in Mediterraneo sono in gran parte geneticamente isolate tra loro, sebbene potrebbe esserci una connessione con altre popolazioni attraverso il movimento di maschi. La maggior parte delle nidificazioni si verificano a Cipro, in Siria e Turchia, con numeri minori in Egitto, Israele, Libano e c'è un'attività di nidificazione sporadica a Creta. Si stima che ogni anno vengano deposte da 1.164 a 2.674 uova. Le popolazioni di tartarughe verdi mediterranee sono drasticamente diminuite negli ultimi decenni. In media in ogni nido vengono deposte 114 uova e il successo della schiusa è di circa il 70-77%.

***Dermatochelys coriiacea* – tartaruga liuto**



Nome scientifico:	*Dermatochelys coriacea* (Vandelli, 1761)
Classificazione:	
Ordine	Testudines
Famiglia	Dermatochelyidae
Genere	*Dermatochelys*
Specie	*D. coriacea*

È talvolta presente come "ospite" in Mediterraneo, dove non si riproduce. Si tratta della più grande tartaruga esistente sulla faccia della Terra, gli adulti in media misurano da 122 a 244 cm di carapace e pesano fino ad 1 tonnellata. Il carapace allungato e triangolare è costituito da una sorta di pelle liscia e coriacea, con 7 chiglie longitudinali prominenti. I maschi hanno il piastrone concavo.

Nidificazioni in Mediterraneo

Nel Mediterraneo ogni anno si contano oltre 7 mila nidi di tartarughe marine e in Italia il numero di deposizioni sta crescendo sempre di più. La *Caretta caretta* è la specie più ampiamente diffusa a livello di bacino, le nidificazioni di questa specie avvengono lungo le coste di tutto il Mediterraneo, con una maggiore concentrazione nella parte orientale. Rappresentano un'eccezione le coste francesi e italiane a nord del Mediterraneo occidentale, dove le nidificazioni sono sporadiche, anche se negli ultimi anni si è registrato un sensibile aumento di questo fenomeno. Per quanto riguarda la *Chelonia mydas* la sua distribuzione in Mediterraneo è molto più localizzata e limitata ad alcune aree nereitiche del Mediterraneo orientale. Le nidificazioni si verificano principalmente a Cipro, in Siria e

Turchia, con numeri minori anche in Egitto, Israele e Libano ed è stata registrata un'attività di nidificazione sporadica pure a Creta.

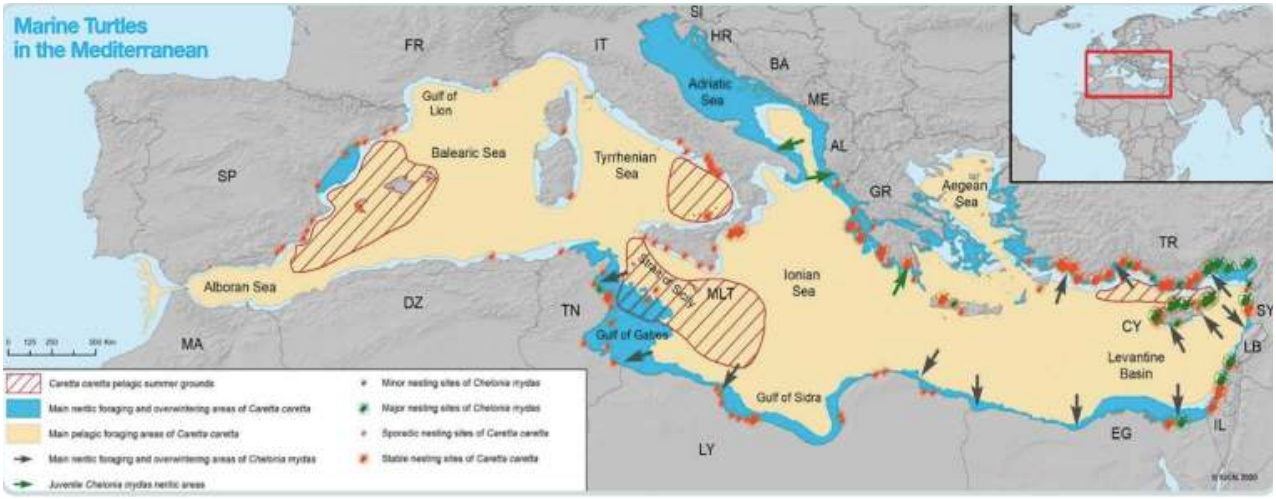


Fig. 2 | distribuzione di *Caretta caretta* e *Chelonia mydas* in Mediterraneo a seconda delle stagioni e dell'età.

Migrazioni e tecniche di monitoraggio

È possibile seguire le tartarughe nelle loro migrazioni principalmente tramite marcatura degli animali. La marcatura tradizionale viene effettuata con anelli o graffe di metallo (o di plastica) che vengono inseriti nelle pinne degli animali. Un metodo alternativo è quello della marcatura satellitare, in questo caso vengono applicati dei trasmettitori sul carapace della tartaruga che trasmettono dati al satellite ogniqualvolta l'animale esce dall'acqua per respirare. Infatti, poiché le tartarughe marine sono rettili che respirano aria, hanno bisogno di emergere per respirare. Possono trattenere il respiro per diverse ore, a seconda del livello di attività e della stagione, una tartaruga che riposa o dorme può rimanere sott'acqua anche per 4-7 ore. Tuttavia, una tartaruga stressata, ad esempio impigliata negli attrezzi da pesca, consuma rapidamente l'ossigeno immagazzinato nel suo corpo e può annegare in pochi minuti. Le tartarughe liuto possono immergersi fino a una profondità di oltre 1.000 m, le specie dal guscio duro si immergono a profondità inferiori, in genere fino a 200 m sebbene siano stati registrati casi di caretta a oltre 300 m. Grazie alle marcature satellitari è stato possibile tracciare le migrazioni di singoli esemplari su scala di bacino, le zone più frequentate sono quelle del Mediterraneo sud-orientale. Sono stati documentati anche casi di esemplari che sono usciti dallo Stretto di Gibilterra, attraversando l'Oceano Atlantico.

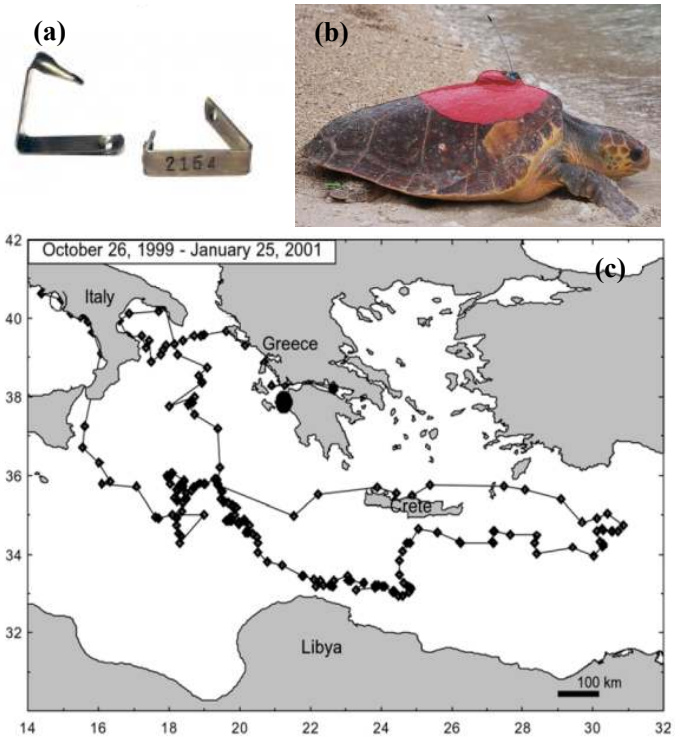


Fig. 3 | (a) anelli metallici da marcatura; (b) marcatura satellitare; (c) percorso di un esemplare in Mediterraneo orientale rilevato mediante marcatura satellitare.

Alimentazione

In acque costiere l'alimentazione delle tartarughe marine è basata su diversi gruppi di prede, da molluschi bivalvi, a gasteropodi, piccoli crostacei, piccoli pesci e anche spugne e alghe, oppure residui vegetali trovati in acqua. Quando si trovano lontano dalle coste, in acque profonde il plancton è la loro principale fonte di cibo, in particolare

il plancton gelatinoso (meduse, ctenofori, salpe, etc.). Una categoria ecologica di organismi particolarmente apprezzata dalle tartarughe marine è quella del pleuston, ovvero tuti quegli organismi che si sono adattati ad una vita pelagica all'interfaccia aria-acqua, evolvendo particolari sistemi di galleggiamento e di protezione dai raggi UV, tra questi principalmente idrozoi sifonofori (*Velella velella*, spesso presente in grossi banchi), molluschi gasteropodi (*Janthina* spp.) e eteropodi (*Carinaria* spp.).

Le tartarughe come mezzo di trasporto per altri animali

Le tartarughe costituiscono un ottimo mezzo di trasporto o riparo per diversi organismi. Tra questi gli esemplari adulti di *Naucrates ductor*, il cosiddetto pesce pilota, sono soliti seguire le tartarughe marine e spostarsi con esse, l'associazione con questi pesci è vantaggiosa per le tartarughe in quanto questi si cibano dei parassiti, degli avanzi di cibo e anche degli escrementi del rettile, fornendo una sorta di "servizio" di pulizia. Inoltre, vengono definiti "hitchhikers" (= autostoppisti) del mare, tutti quegli organismi bentonici che sono soliti associarsi ad altri animali natanti. Rientrano in questa categoria alcuni Cirripedi lepadiformi, come *Lepas anatifera*, nota anche come lepade pelagica, che si trova tipicamente associata ad oggetti galleggianti di varia natura e talvolta possono stabilirsi su organismi con capacità motorie limitate come le tartarughe, o balaniformi, come la *Chelonibia testudinaria*, una specie di balano esclusivamente associata ad organismi marini natanti, in particolare tartarughe marine. Può essere infestante e causare disturbo all'ospite. Un'altra specie bentonica che si trova tipicamente associata alle tartarughe marine è il *Planes minutus*, unico granchio pelagico conosciuto, ha un carapace di circa 1 cm, generalmente si trova all'interno dei banchi di sargassi, quando le tartarughe marine visitano il banco, può nuotare sopra il rettile e va a posizionarsi sotto il carapace, dietro la coda, dove può rimanere anche per lunghi periodi, svolgendo attività da pulitore e facendosi trasportare in altri banchi di sargassi.

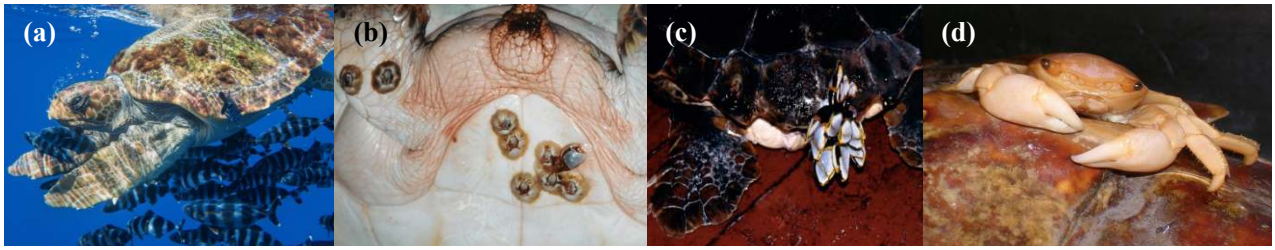


Fig. 4 | (a) *Naucrates ductor*; (b) *Chelonibia testudinaria*; (c) *Lepas anatifera*; (d) *Planes minutus.*

Problematiche di conservazione e minacce

Le tartarughe marine hanno pochissimi nemici naturali, ma sono vulnerabili a una grande varietà di impatti antropici che possono interferire con l'ecologia di questi animali. Tra le principali minacce per le tartarughe marine vi sono:

- La **pesca**: è in generale uno dei principali impatti che grava su questi animali nelle diverse forme in cui viene praticata, in particolare:
  a) **Pesca a strascico**: negli ultimi dieci anni, la pesca a strascico è diventata la pesca con il maggiore impatto sulle tartarughe marine, registrando circa 51.000 eventi di cattura, di cui si stima che circa 9.000 siano i morti, in gran parte questi sono concentrati sulle piattaforme continentali dell'Adriatico settentrionale, soprattutto durante l'inverno, in Tunisia, Egitto e Turchia.
  b) **Palangari**: in tutto il Mediterraneo, i palangari derivanti superficiale da pesca al pesce spada o al tonno sono responsabili delle catture accessorie di circa 27.000 tartarughe, con una stima di circa 5.300 morti soprattutto nel Mediterraneo occidentale e centrale; i palangari mesopelagici invece si stima che catturino circa 1.200 tartarughe marine ogni anno, provocando la morte di circa 2.600 individui morti, con il Mediterraneo orientale e centro-meridionale le aree di maggiore interesse. Quando è possibile gli animali vengono liberati dall'amo e rilasciati.
  c) **Catture accidentali con tramagli della piccola pesca artigianale costiera**: si stima che questi attrezzi provochino la cattura di circa 31.000 tartarughe, con circa 16.000 morti ogni anno.
- L'**inquinamento**: le macroplastiche, sempre più abbondanti in mare, sono spesso confuse dalle tartarughe con i loro alimenti abituali, in particolare con vegetali e plancton gelatinoso, la loro ingestione può provocare danni di varia entità all'animale.
- Il **traffico navale**: rappresenta un impatto significativo soprattutto in estate quando è più intenso, le collisioni con gli scafi o le ferite da elica possono provocare danni e nel peggiore dei casi la morte degli animali.

- Il **disturbo antropico sulle spiagge dove avvengono le nidificazioni**: è uno degli impatti più importanti su questi animali, soprattutto considerando il fatto che le spiagge sono un habitat soggetto ad una forte pressione antropica
- Le **catture mirate e** la **commercializzazione**: le tartarughe marine sono oggetto di pesca mirata per fortuna solamente in aree limitate del Mediterraneo (specialmente a sud) e questa pratica è illegale.

Il primo nido in Liguria? Il caso di Finale Ligure

Il 6 settembre 2021 è stata segnalata per la prima volta in Liguria, sulla spiaggia di Capo San Donato, a Finale Ligure (SV), una piccola tartaruga marina della specie *Caretta caretta*, si è trattato di un evento eccezionale, diventato il primo caso documentato di nidificazione di tartaruga marina sulle coste liguri. In seguito all'avvistamento sono stati contattati Guardia Costiera e Acquario di Genova ed è stata delimitata l'area dove presumibilmente poteva trovarsi il nido, è stato attivato un monitoraggio 24 ore su 24 da parte di volontari. Il 15 luglio 2022 è stata avvistata per la seconda volta una tartaruga marina della specie *Caretta caretta* che ha nidificato sulla spiaggia libera di Levanto (SP), in questo caso alcuni testimoni hanno assistito alla deposizione delle uova, senza disturbare lo straordinario evento. Anche in questo caso l'evento è stato segnalato alla Guardia Costiera e il nido è stato monitorato da volontari. Questi due eventi confermano la tesi secondo la quale le tartarughe marine stanno ampliando e modificando i loro areali di nidificazione, espandendoli sempre più a nord, probabilmente come conseguenza del cambiamento climatico.