



# Le mangrovie

## Un habitat da preservare

Autori: 3F Liceo Scientifico Vittorio Veneto

Simone Borsatto, Riccardo Carrozzo, Matteo Balboni, Giovanni Natale, Mattia Sidoti, Massimo Omodei

### Introduzione

Le foreste di mangrovie, come per le praterie di fanerogame marine, costituiscono uno degli habitat marini più importanti e sono rivali solo alle scogliere coralline per la loro produttività e capacità di fornire una struttura fisica che supporti una biodiversità di animali associati. Questi tre ambienti sono riconosciuti dall'UNEP (United Nation Environment Programme) tra gli habitat marini più importanti.

Sono piante generalmente associate a sistemi terrestri, che mostrano adattamenti unici che consentono la sopravvivenza nel regno marino, in un ambiente tropicale e subtropicale.

Le foreste di mangrovie ospitano un mix unico di animali marini e terrestri, tra cui insetti, uccelli, pesci e soprattutto granchi, le cui attività influenzano pesantemente la produttività. Specie come i saltafango (Subfam. Oxudercinae) mostrano livelli incredibili di adattamento alla vita in questo habitat intertidale (zona del litorale che dipende dalle maree, in quanto è emersa in condizioni di bassa marea e sommersa con l'alta marea).

Le mangrovie non tollerano l'immersione continua e totale nell'acqua di mare, ma si sono adattate ad affrontare i problemi legati all'ambiente marino, come l'abbondanza di sale (sono dette **piante alofite**). Coprono vaste aree dell'interfaccia terra/mare, sviluppandosi prevalentemente lungo coste fangose, su sedimenti molli ed anossici, e svolgono un ruolo chiave sia in termini di funzionamento degli ecosistemi costieri che di fornitura di un habitat strutturale per una vasta gamma di specie. Le mangrovie sono strettamente connesse alle condizioni marine ed estuarine (zone paludose) e ospitano una grande diversità per quanto concerne la fauna associata.

### Descrizione

Le mangrovie sono **alberi legnosi o arbusti** che crescono nella zona intertidale, in regioni costiere tropicali e subtropicali, ma anche negli estuari, e sono radicate in un molle sedimento fangoso. Possono essere suddivise in due categorie: le vere mangrovie, che compaiono solo in questi ambienti, e le mangrovie associate, che si possono trovare anche altrove, ad esempio nelle foreste pluviali. Le foreste possono estendersi per 100-1000 km<sup>2</sup>.

Ci sono tre principali tipi di mangrovie, in base alla morfologia della costa e del sedimento, al regime di salinità delle acque circostanti e alla influenza mareale:

- **Mangrovie fluviali** si formano dove c'è una bassa escursione di marea e una predominanza del flusso di acqua dolce (nei delta fluviali). La maggior parte delle vaste aree di foreste di mangrovie in Asia sono mangrovie fluviali.

- **Mangrovie dominate dalle maree** sono completamente intertidali, spesso nell'acqua di mare in pieno regime e soggetti a un consistente idrodinamismo. Sono mangrovie marginali e sono spesso le prime specie a colonizzare le zone fangose intercotidali.
- **Mangrovie di bacino** si trovano sul lato interno delle mangrovie a frangia, dove sono più limitati il moto ondoso e le correnti di marea .

Il termine mangrovie comprende almeno 80 specie di piante da fiore (Angiosperme), divise in 16 famiglie di piante molto diverse. Le famiglie dominanti sono:

- Il genere *Avicennia* contiene otto specie della mangrovia nera;
- **Rhizophoraceae**, che includono la mangrovia rossa (ne fanno parte diversi generi come la *Rhizophora*, *Bruguiera*, *Ceriops*, *Kandelia*).  
I limiti delle mangrovie rosse sono quelle aree in cui iniziano le gelate mortali, dove vengono rimpiazzate dalle piante delle paludi salmastre. Le foglie delle mangrovie rosse sono spesse, caratteristica che permette di ridurre la perdita di acqua;
- **Combretaceae** (che comprendono la mangrovia bianca, *Laguncularia*);
- **Lythraceae**, che comprendono il genere *Sonneratia* (importante in Australia e nel sud-est asiatico);
- **Arecaceae**, che comprende una specie di palma, *Nypa*. Il polline e i frutti di questa pianta si sono ben fossilizzati e sono un'importante fonte di informazioni circa l'evoluzione delle palme e il cambiamento climatico. Frutti risalenti all'Eocene (circa 60 milioni di anni fa) sono stati ritrovati nel Regno Unito!

## Distribuzione

Sono distribuite in regioni tropicali e subtropicali, come le scogliere coralline, ma anche in luoghi dove queste non si sviluppano, ad esempio nella regione amazzonica del Sud-America. Lo sviluppo si limita alle regioni in cui le acque poco profonde (lagune, estuari e delta dei fiumi) superano i 20 °C e non scendono sotto i 16 °C nel mese più freddo, con correnti calde che estendono la loro distribuzione (ad esempio l'Australia orientale), o correnti fredde che si estendono ai tropici (ad esempio il Sud America occidentale).

La diversità più alta si riscontra nella **regione dell'Indo-Pacifico occidentale** e diminuisce allontanandosi da questa regione, verso Caraibi/Atlantico occidentale (Ellison et al. 1999)<sup>[4]</sup>. Si pensa che ciò sia dovuto a una maggiore diversificazione locale a seguito della deriva dei continenti (evoluzione separata delle specie), e non alla dispersione in altre parti del mondo da un unico centro di origine, come l'Indo-Pacifico occidentale. Le mangrovie si sviluppano ovunque all'interno di questa regione, caratterizzata da coste generalmente fangose e con acque poco profonde, in particolare lagune, estuari e delta dei fiumi.

La **zonazione**, cioè la distribuzione delle specie in una foresta di mangrovie, presenta uno schema fisso e dipende dalla distanza dal mare. Due fattori principali limitano la distribuzione delle piante, aumento dei livelli di sale e sedimenti impregnati d'acqua, sebbene anche altri fattori minori (come i livelli di nutrienti del suolo) possano influire:

- *Rhizophora spp.* (mangrovie rosse): sono alberi pionieri, in grado di colonizzare rapidamente ambienti aperti e ben illuminati sulla costa grazie alle loro radici e fusti. Si trovano vicino alla riva, soprattutto le *Rhizophora mangle* nelle coste della Florida e dei Caraibi: questa collocazione è la meno favorevole e sono necessari adattamenti più significativi, rispetto alle altre specie.
- *Avicennia spp.* e *Laguncularia spp.* (mangrovie nere e bianche) si trovano nella palude centrale in molte regioni come la Florida, con la *Laguncularia* predilige i punti topografici naturali dove i sedimenti sono meno impregnati d'acqua.
- Dietro queste vere mangrovie sono distribuite una serie di mangrovie associate, generalmente piante forestali che sono in grado di tollerare le condizioni che si trovano nella palude alta, ma non quelle in cui si sviluppano i mangrovieti.

## Capacità di adattamento in un ambiente anossico e molto salato

Su una riva con sedimenti molli, alti livelli di salinità e acqua mantenuta all'interno del sedimento sono cruciali per la sopravvivenza di un organismo marino, ma entrambi causano problemi estremi alle piante terrestri abituate a vivere in un terreno asciutto.

L'**impaludamento** (fango denso, con l'acqua presente nei pori del sedimento che è povera di ossigeno), rappresenta un problema chiave, perché le radici degli alberi hanno bisogno di ossigeno per respirare e funzionare.

Le mangrovie, per consentire alle loro radici di assorbire ossigeno nonostante le **condizioni anossiche**, che rallentano l'assorbimento dei nutrienti e favoriscono l'accumulo di tossine, come l'acido solfidrico, il metano e l'anidride carbonica, hanno sviluppato:

- ispessimento dell'epidermide delle radici, che riduce le perdite di ossigeno
- parenchima (tessuto che forma spazi o canali d'aria nelle foglie, nei fusti e nelle radici di alcune piante, che consente lo scambio di gas tra il germoglio e la radice) spugnoso che favorisce il trasporto di ossigeno nella radice
- strutture radicali che fuoriescono dal sedimento permettendo all'aria di essere aspirata attraverso speciali pori (chiamati **lenticelle**), che mantengono la sezione della radice all'interno del sedimento rifornita di ossigeno. Per quanto riguarda le radici, che permettono alla pianta di radicarsi saldamente, ma solo a una profondità superficiale (al di sotto della quale il sedimento è ancora più anossico) sono tre gli adattamenti morfologici principali sviluppati per raccogliere l'ossigeno e trasportarlo ai tessuti sotterranei:
  - *Rhizophora* produce radici aeree "a puntello", che si ergono fino a 2 m dal suolo e poi penetrano nel terreno, dando sostegno all'albero. La sezione aerea è ricca di lenticelle per far "respirare" la pianta, assorbendo ossigeno.
  - Le radici della *Bruguiera* rompono periodicamente la superficie del suolo durante la crescita, producendo "ginocchia" al di sopra della superficie del sedimento.
  - Le radici di *Avicennia* sono caratterizzate da tubi verticali (**pneumatofori**) che emergono ogni 15-30 cm dalle radici orizzontali (un albero alto dai 2 ai 3 m può contenere fino a 10.000 pneumatofori). La punta di ogni tubo ha abbondanti lenticelle per l'assorbimento dell'aria.

L'altro grande problema del sedimento in cui si immettono le radici è legato all'**abbondanza di sale** (è detto strato insaturo). Il livello di sale è molto alto nelle acque dei pori di questo sedimento, ma comunque minore di quello dell'acqua di mare in pieno regime, per via delle precipitazioni:

- L'assorbimento del sale interrompe i meccanismi cellulari ed è fatale per la maggior parte delle piante. Questo può essere affrontato con:
  - elevata tolleranza del sale nei tessuti
  - secrezione del sale in eccesso attraverso la corteccia o le foglie (sono presenti delle ghiandole saline negli strati superficiali del fogliame che secernono il sale)
  - accumulo di sale nelle foglie più vecchie, sul punto di cadere
  - esclusione del sale attraverso membrane radicali specializzate (sistema di ultrafiltrazione: essendoci meno sale nel sistema circolatorio delle mangrovie e un gradiente osmotico da mantenere, accumulando Na<sup>+</sup> nei vacuoli si può ridurre la salinità del sedimento, scambiandolo con H<sup>+</sup>).
- L'acqua salata nel sedimento riduce la differenza osmotica tra la radice e il sedimento, rendendo difficile l'assorbimento dell'acqua (Hogarth 1999)<sup>[2]</sup>. *Rhizophora* prende l'acqua solo dai 50 cm superiori del suolo (l'acqua dolce è meno densa dell'acqua di mare e quindi si trova negli strati superiori del suolo in questi sistemi) e si pensa che *Avicennia* escluda il 90-95% di sale presente sulla superficie delle radici. Per mantenere il potenziale osmotico e d'acqua, possono usare degli **osmoliti**, che hanno funzioni regolatrici. A causa di questa differenza osmotica, le mangrovie necessitano radici molto più grosse rispetto ad altre piante per raggiungere questo obiettivo (la crescita aggiuntiva necessaria per le radici limita quindi l'energia impiegata nella crescita verticale e riproduzione). In Australia, la biomassa delle radici di mangrovie è stata stimata in 125 tonnellate per ettaro, rispetto a 90 per i grandi eucalpti e 32 per l'acacia (Snowden et al. 2000)<sup>[3]</sup>.

La **difficoltà nel prelevare l'acqua** ha ulteriori importanti conseguenze. Normalmente le piante tendono a regolare la temperatura per traspirazione, facendo evaporare l'acqua dalle foglie per raffreddare la pianta; le mangrovie non possono poiché l'acqua è una risorsa limitante, ma per ottenere la massima fotosintesi le foglie devono anche essere mantenute perpendicolari al sole, il che di conseguenza massimizza l'aumento di temperatura. *Rhizophora* tiene le foglie ad angolo rispetto al sole a seconda di quanto è esposta la foglia, quasi sulla verticale (75°), impedendo così il surriscaldamento. La tolleranza del sale varia anche tra le diverse specie di un genere, in base alla loro distribuzione. Per esempio in Australia *Sonneratia alba* tollera maggiormente la salinità rispetto a *Sonneratia lanceolata* ed è di conseguenza ritrovabile più vicino al mare. La seconda prevale sulla prima a salinità più basse, perciò si sviluppa maggiormente in altezza.

Un altro problema è l'**esposizione a batteri decompositori**, che può spiegare l'alta concentrazione di tannini nei tessuti di mangrovia che hanno una funzione di protezione contro l'invasione batterica. Il tannino rende le foglie di mangrovia poco appetibili, pertanto non costituiscono la principale fonte di alimentazione per gli organismi associati.

## Competizione per lo spazio con la vegetazione terrestre

E' probabilmente determinato dalle differenze nella tolleranza al sale e dalla precipitazione ed evaporazione locale. La transizione spaziale tra le mangrovie e le hardwood hammock ("foresta amaca di latifoglie tropicali") è spesso brusca e complessa. Le seconde possono essere generalmente la parte continentale delle mangrovie, ma possono anche consistere di una serie di isole. In Florida queste specie non tollerano la salinità, a differenza degli alberi di mangrovia. Sternberg et al. (2007)<sup>[22]</sup> hanno sostenuto che il confine derivante dalla concorrenza di queste due foreste è instabile e basato sulla **traspirazione**, che consiste nella rimozione dell'acqua dal suolo, con successivo trasporto attraverso il sistema circolatorio dell'albero ed espulsione nell'atmosfera attraverso le foglie. I ricercatori sostengono che l'acqua salina inibisce la traspirazione delle hammock, che vivono più facilmente in acqua dolce. Una siccità o più inondazioni di marea punta il vantaggio verso le mangrovie, che traspirano efficientemente e quindi portano acqua molto salata dalle profondità del terreno nello strato insaturo. Questo processo mantiene i due tipi di specie come gruppi nettamente distinti, anche spazialmente, con le mangrovie dominanti nell'ambiente salino.

## Riproduzione

Tutte le mangrovie producono fiori, che richiedono l'impollinazione. Esiste una vasta gamma di dimensioni dei fiori e metodi di impollinazione, che riflettono la diversità tassonomica delle mangrovie, dai piccoli fiori impollinati dal vento di *Rhizophora* alle grandi e bellissime fioriture di *Sonneratia* e *Bruguiera*, che sono impollinate da pipistrelli, falene, uccelli e farfalle.

Il problema chiave per le mangrovie che vivono in sedimenti marini è la dispersione dei semi, che dovrebbero tollerare l'inondazione e alti livelli di sale, o essere dispersi dal mare. La maggior parte delle mangrovie mostra un grado di **viviparità** (in relazione agli animali sono coloro che fanno crescere il cucciolo che nascerà dentro di sé; nelle piante fa riferimento ai semi che germinano sulla pianta madre fino a diversi mesi, anziché cadere o essere dispersi in un ambiente inospitale). Dopo tale processo, ciò che si ottiene non è un seme o un frutto, ma una piantina completamente sviluppata nota come **propagulo** (generalmente lunga circa 30 cm): le mangrovie impiegano molta energia nella loro produzione. I vivipari più avanzati sono le *Rhizophora*: nel sud-est asiatico, tali piantine possono arrivare fino a 1 m di lunghezza.

Le piantine di *Rhizophora* cadono dalla pianta madre direttamente nell'acqua. A questo punto possono assumere una posizione verticale e conficcarsi nel molle sedimento fangoso, oppure galleggiare orizzontalmente: in questo caso vengono trasportati dalle correnti in nuove località, per poi assumere una posizione verticale dopo circa un mese, quando le radici si sviluppano (entro 40 giorni) e infine radicarsi nel suolo.

La sopravvivenza delle piantine è fortemente influenzata dalla **predazione dei granchi *grapsidae***, che possono causare la mortalità totale dei propaguli. L'estensione della predazione può determinare la composizione delle specie delle singole foreste di mangrovie. Ellison e Farnsworth (1993)<sup>[24]</sup> hanno scoperto che la predazione delle piantine da parte dei granchi era particolarmente alta la chioma delle foreste di mangrovie. Le piantine nelle zone in cui la canopia è stata rimossa sperimentalmente avevano tassi di crescita e di produzione delle foglie

più rapidi e apparentemente superavano una soglia in cui la predazione del granchio non si verificava.

## Organismi associati

Le mangrovie forniscono un habitat strutturale incredibilmente complesso, sia sopra la linea di galleggiamento che sotto di essa attraverso il sistema radicale. L'assemblaggio di organismi associati alle mangrovie è quindi una miscela unica di animali che colonizzano la foresta di mangrovie sia dalla terra che dal mare, dando vita a una comunità associata dinamica e diversificata.

Tra gli organismi terrestri associati troviamo insetti, soprattutto formiche, termiti e zanzare, che danneggiano le foglie delle mangrovie e riducono il potenziale legato al successo dell'insediamento, alla fotosintesi, e alla crescita della pianta stessa o di nuovi propaguli. Sono presenti alcuni anfibi come la rana mangia-granchi (*Fejervarya cancrivora*) o uccelli (gruppo più vario), che qui nidificano, si nutrono e si posano durante l'alta marea, tra cui picchi e *Eudocimus ruber* (ibis scarlatto).

Esempi della stragrande maggioranza dei gruppi marini possono essere trovati associati alle mangrovie o nei sedimenti circostanti; la **fauna sessile** (organismi ancorati a un substrato e incapaci di movimento) attaccata a radici sommerse è particolarmente varia, le radici forniscono un sostegno duro per l'attaccamento che altrimenti sarebbe limitato in un ambiente di sedimenti molli.

Nonostante la dominanza di specie longeve, come spugne e ascidie, in Florida la fauna intorno alle radici delle mangrovie è risultata incredibilmente varia. I detritivori dominano le radici e i sedimenti nella parte marina della foresta di mangrovie e sono abbondanti gli assembramenti sulle singole radici cambiava totalmente in periodi di breve durata, anche nel giro di 1-2 mesi, a causa delle perturbazioni stocastiche (casuali o variabili, quali una forte tempesta), come disturbi fisici causati dalla forte corrente della marea e predazioni: non c'è dunque un equilibrio stabile tra le specie. Questa "incrostazione" sulle mangrovie può avere un impatto a causa dell'effetto soffocante, impedendo ad esempio lo scambio gassoso. A Hong Kong, degli *Aegiceras corniculatum* pieni di crostacei producevano meno fiori, e per far fronte allo stress respiratorio, vi era meno energia e meno risorse per la riproduzione. L'ostrica piatta *Isognomon alatus* si attacca alle radici, così come una varietà di granchi, gamberetti e cirripedi.

Meno specie marine sono associate agli alberi di mangrovia sopra al livello dell'acqua: queste si muovono dalle foglie alle radici, fino al sedimento. Esclusi i molluschi gasteropodi, la maggior parte sono detritivori o "animali da pascolo", che si cibano di alghe epifite (che vivono su altre piante, generalmente non per nutrimento ma per trovare un sostegno fisso).

Le lumache di mangrovia più abbondanti fanno parte del genere *Littoraria* e, come gli uccelli di mangrovia, specie diverse mostrano una netta separazione di nicchia all'interno della foresta di mangrovie e variano la loro alimentazione (durante la loro migrazione verticale su e giù per l'albero incontrano diversi sub-habitat che offrono prede diverse, tra cui anche lo zooplancton). Ad esempio, in Papua Nuova Guinea, *Littoraria pallescens* vive sulle foglie di mangrovie, *Littoraria intermedia* abita la corteccia degli alberi nei torrenti di acqua dolce, mentre *Littoraria scabra* è anche associata alla corteccia degli alberi verso il mare (Hogarth 1999)<sup>[2]</sup>. Questa

specie intraprende quotidianamente una migrazione verticale sull'albero per evitare di essere totalmente sommersa (Alfaro 2008)<sup>[4]</sup>. Poche lumache marine sono in grado di nutrirsi delle foglie di mangrovie, come la *Terebralia palustris*. In questa i giovani si nutrono di detriti, mentre gli adulti "pascolano" direttamente sulle foglie di mangrovie una volta che la loro radula si è sviluppata per penetrare la superficie della foglia.

Alcune specie vivono anche sui tronchi e sulle foglie, compresi i cirripedi e le lumache. Un certo numero di specie di granchi si muovono ciclicamente tra gli alberi e le piane fangose, dove si nutrono con la bassa marea quando i predatori sono assenti. Il granchio caraibico *Aratus pisonii*, si ciba spesso delle foglie di mangrovia, ma è solo un defogliatore sporadico.

Molti organismi marini associati alle mangrovie tendono ad abitare in tane all'interno del fango circostante e, a differenza di quelli delle distese fangose temperate, ad esempio, sono molto più attivi con la bassa marea. Due gruppi sono particolarmente importanti: saltafango e granchi. I **saltafango** sono pesci della regione Indo-pacifica con ottima vista, legati ai ghiozzi (fam. Gobidae) rappresentati da diversi generi come *Periophthalmus*, *Boleophthalmus*, *Scartelaos* e sono eccezionali tra i pesci a causa del loro comportamento anfibio (respirazione cutanea). Vivono in tane piene d'acqua, che emergono quando la marea si ritira, spesso seguendo la marea in entrata e in uscita (Ikebe & Oishi 1996)<sup>[5]</sup> per il foraggio, strisciando sulla superficie del fango utilizzando pinne pelviche e pettorali modificate. La maggior parte sono onnivori, ma alcune specie sono specializzate (ad esempio *Periophthalmodon* si nutre di granchi). I saltafango si sono adattati a questo ciclo di vita anfibio e tollerano significativamente la permanenza nell'ambiente esterno (sebbene debbano tornare periodicamente nelle loro tane): *Periophthalmus cantonensis* può sopravvivere due giorni e mezzo fuori dall'acqua, mentre *Periophthalmus sobrinus* trascorre il 90% del tempo fuori dall'acqua e può perdere il 20% della sua massa corporea continuando a sopravvivere (Gordon et al. 1978)<sup>[6]</sup>.

Le tane dei saltafango sono costruite all'interno di sedimenti altamente anossici: le misurazioni all'interno delle tane hanno dimostrato che l'acqua nelle camere più profonde è praticamente priva di ossigeno (meno del 3% della disponibilità di O<sub>2</sub> in superficie). Ishimatsu et al. (1998)<sup>[7]</sup> notò che camminando vicino alle tane di *Periophthalmodon* venivano rilasciate bolle di gas. Ulteriori studi hanno rivelato come i saltafango ossigenano i loro alloggi: prima di entrare nella tana il pesce riempie la cavità orale con l'aria e la rilascia nella camera di riproduzione, dove sono depositate le uova: qui rimane intrappolata. Così il saltafango crea un serbatoio di ossigeno, che permette anche lo sviluppo di embrioni.

I granchi sono forse il gruppo più importante, abbondante e diversificato dei mangrovi. (forse per la frequente caduta di foglie che aumenta il particolato di materia organica nell'ecosistema); sono sfruttati commercialmente in tutti i tropici. Hanno un forte impatto sull'intero sistema delle mangrovie, in particolare sulla dinamica dei sedimenti, per via della loro attività di scavatura, e sulle dinamiche dei detriti: sono quindi un esempio di **ingegneri di ecosistema**. Due famiglie principali di granchi sono dominanti nelle mangrovie: i **Grapsidae** (es. *Sesarma*), che hanno un ruolo da primario per il funzionamento dell'ecosistema e gli **Ocypodidae** (es. Granchi violinisti come *Uca*).

Le foglie di mangrovie sono eccezionalmente sgradevoli per gli invertebrati a causa degli alti livelli di tannino.(Lee 1998)<sup>[8]</sup>.

I granchi *grapsidae* hanno la rara capacità di utilizzare la lettiera di foglie di mangrovie come fonte primaria di cibo, nonostante la sua scarsa appetibilità per molte specie, per via del tannino. Alcune specie, come *Sesarma messa*, sono in grado di nutrirsi direttamente di materiale

fogliare fresco; *Sesarma leptosoma* è stato anche osservato compiere quotidianamente migrazioni verticali su alberi di mangrovie per pascolare foglie vive (Vannini et al. 1995)<sup>[9]</sup>. Alcune specie immagazzinano le foglie all'interno delle tane, svolgendo un'importante funzione nel trattenere il carbonio all'interno del sistema di mangrovie. Robertson (1986)<sup>[10]</sup> ha concluso che le popolazioni di *Sesarma messa* potrebbero rimuovere o immagazzinare fino al 28% di tutto il fogliame di *Rhizophora*, con importanti implicazioni quali la riduzione dell'esportazione di materia organica.

I granchi grapsidae hanno anche un forte impatto ecologico per via della loro attività di scavatura, detta **bioturbazione**, che può influenzare la composizione chimica dei sedimenti e la conseguente produttività forestale. È stato riscontrato che gli scavi hanno effetti significativi sulla chimica dei sedimenti, con aumenti di solfuri e ammoniaca negli appezzamenti di esclusione dovuti alla mancanza di aerazione da scavo, che normalmente consentirebbe l'ossidazione ai nutrienti più utili alle piante. Ci sono stati anche impatti significativi sulla produttività forestale, con una maggiore crescita (caduta delle stipule) e produzione di propaguli nelle aree che includevano i granchi, in particolare durante la principale stagione di crescita estiva.

Le conclusioni del lavoro svolto in Australia e nel sud-est asiatico sono inequivocabili: l'attività dei granchi è fondamentale per il buon funzionamento delle foreste di mangrovie attraverso il riciclo del materiale organico e la bioturbazione. (Smith et al. 1991)<sup>[11]</sup>

- assorbono nutrienti attraverso l'alimentazione
- frantumano il materiale e aumentano il tasso di riciclo dei nutrienti
- scavano lo strato anossico, modificandone la conformazione
- aumentano la percentuale di ossigeno nel sedimento costruendo delle tane e aumentano lo scambio di nutrienti attraverso l'escrezione

Tuttavia, McIvor e Smith (1995)<sup>[12]</sup> hanno valutato il ruolo ecologico dei granchi nelle foreste di mangrovie della Florida, dove la famiglia degli **Xantidi** è più comune dei *Grapsidae* e presenta caratteristiche diverse: questi granchi non sono infatti in grado di disgregare le foglie, pertanto in America questo ruolo dei granchi nelle mangrovie si va a perdere.

## Funzioni e servizi

Le foreste di mangrovie svolgono una serie di importanti funzioni che influenzano i sistemi costieri circostanti e hanno un impatto sulle attività umane come la pesca:

- Principali produttori in sistemi complessi dove piante più alte generalmente non sarebbero in grado di vivere.
- **Protezione di costa ed entroterra da maree, tempeste e uragani** (barriere verdi, ruolo di "buffer").

Durante il terribile tsunami dell'Oceano Indiano del dicembre 2004, le aree dell'India sud-orientale, dove era stata condotta un'operazione di disboscamento delle foreste di mangrovie, hanno subito più danni rispetto alle coste adiacenti dove erano rimaste le mangrovie (Danielsen et al. 2005)<sup>[13]</sup>.



- **Barriera contro l'erosione della costa:** influenzano il flusso di materiale verso i sistemi costieri, fungendo da tampone per il deflusso della terra. In particolare, le mangrovie riducono la quantità di sedimenti asportati nella regione costiera, che altrimenti impatterebbe negativamente sui reef adiacenti a causa di una maggiore torbidità che riduce la penetrazione della luce (Hogarth 1999)<sup>[2]</sup>; dove le mangrovie sono state rimosse (ad esempio per l'allevamento di gamberetti) ci sono potenziali conseguenze per la salute e la sopravvivenza dei sistemi corallini locali.
- **Filtro per il controllo dell'inquinamento,** mantenendo i nutrienti (azoto e fosforo) disciolti prima che raggiungano l'oceano
- Soprattutto negli Oceani Pacifico e Indiano svolgono anche il ruolo di **nursery**, infatti la maggior parte degli organismi che si muovono tra le insenature delle mangrovie, nelle acque poco profonde, vivono in altri habitat, come le scogliere coralline. Ciò era già stato dedotto (Baran & Hambrey 1998)<sup>[19]</sup> a causa della presenza di giovani pesci di scogliera corallina nei sistemi di mangrovie, ma Mumby et al. (2004)<sup>[20]</sup>, lavorando in Belize, hanno valutato la presenza di pesci presenti su scogliere riprodotte con o senza un ricco popolamento di mangrovie nelle vicinanze. Erano marcate le differenze nelle comunità di pesci di barriera tra i due gruppi di siti e l'estensione delle mangrovie era il fattore dominante che influenzava i raggruppamenti ittici. In particolare, la biomassa di specie ittiche note per utilizzare le mangrovie come nursery è risultata superiore nelle scogliere coralline vicino a foreste di mangrovie.

In particolare questo loro ruolo consiste in:

- **Rifugio per i giovani dai predatori** nelle prime fasi della loro vita, in cui sono più fragili (aumentano la sopravvivenza giovanile, fornendo anche un abbondante approvvigionamento alimentare).
- **Reclutamento di specie di scogliere coralline e altre importanti nel settore della pesca, aumentando la biodiversità.**

Esempi di specie ittiche che sfruttano in questo modo tale habitat:

- Il pesce erbivoro più grande dell'Atlantico, il pesce pappagallo *Scarus guacamaia*, connesso criticamente alle mangrovie, si è estinto localmente dopo la loro rimozione (Mumby et al., 2004).
- La **cernia Goliath, *Epinephelus itajara***, trascorre la maggior parte dei suoi primi 5 anni all'interno delle insenature di mangrovie della Florida ed emigra in acque più aperte quando raggiunge circa 1 m di lunghezza corporea (Koenig et al., 2007)<sup>[23]</sup>.

### **Studi condotti da Robertson e Duke, 1987.**

In habitat di mangrovie e foreste di fanerogame (*Halophila*/Comunità *halodule*) è stata riscontrata la presenza di diverse faune di pesci e crostacei di mangrovia. I pesci post-larvali, giovanili e piccoli adulti catturati con una piccola rete a circuizione (maglie di 3 mm) erano significativamente più abbondanti (da 4 a 10 volte) nell'habitat di mangrovie in tutto il periodo di campionamento. L'abbondanza di pesci di mangrovia varia stagionalmente, con le catture

maggiori registrate nei mesi dell'anno della stagione calda e umida. Alcuni crostacei sarebbero abbondanti nelle mangrovie in tutti i periodi ad eccezione della stagione secca.

I giovanili di due specie importanti dal punto di vista commerciale di gamberi (*Penaeus merguensis* e *Metapenaeus Ensis*) sono molto più abbondanti nell'habitat delle mangrovie.

Le mangrovie possono assumere un ruolo di nursery per i pesci importanti nel settore della pesca del sud-est asiatico, ma non nel nord dell'Australia.

- Assorbimento dall'atmosfera mediante il processo di fotosintesi e **accumulo di carbonio** in foglie morte, rami e radici immerse nell'acqua mareale: l'ambiente anossico favorisce una lenta decomposizione dei materiali e dunque l'accumulo di C (solo una parte verrà nuovamente ceduta all'atmosfera col processo di respirazione).

Nonostante il lavoro dei granchi, molto materiale detritico relativo viene esportato dalla palude ai sistemi circostanti, in particolare dalle mangrovie marginali (Robertson et al. 1992)<sup>[13]</sup>, fornendo una potenziale fonte di cibo significativa. Jennerjahn e Ittekkot (2002)<sup>[14]</sup> hanno stimato che ogni anno circa 46 milioni di tonnellate di carbonio passano dalle mangrovie all'oceano, rappresentando l'11% di tutto il carbonio terrestre che entra nell'ambiente marino.

Schwamborn et al. (2002)<sup>[15]</sup> hanno studiato l'assorbimento di diverse fonti di carbonio da parte di larve di crostacei in un estuario tropicale verso il quale veniva esportata una grande quantità di detriti dalle mangrovie. I risultati hanno evidenziato che il carbonio non è una fonte di alimentazione per questi organismi associati.

La lettiera di mangrovie non sembra nemmeno essere preziosa in habitat poveri di nutrienti, e Lee (1999)<sup>[17]</sup> ha dimostrato che l'aggiunta di detriti di mangrovie a substrati sabbiosi non ha migliorato la comunità bentonica marina, forse a causa degli alti livelli di tannino associati. Sembra quindi che il carbonio delle mangrovie sia raramente utilizzato direttamente dagli organismi marini, il carbonio che probabilmente entra nella rete alimentare a seguito della decomposizione e del riciclaggio batterici.

- Fonte di legname
- Fonte di cibo e risorse medicinali
- Luogo di attività ricreative, di svago e importante dal punto di vista turistico

## Minacce

Più della metà dell'habitat mondiale di mangrovie è stato eliminato (il 35% solo nell'ultimo decennio) per diverse ragioni:

- **Attività antropologiche: sviluppo del litorale, modificazione della costa** (come la maggior parte della vegetazione costiera, le mangrovie sono state rimosse per far posto a strutture artificiali, soprattutto abitazioni), **attività industriali**.
- **Processi naturali:**
  - Riscaldamento globale

- Aumento del livello del mare e della siccità: l'interazione di questi due fattori velocizza il declino delle foreste nella Costa del Golfo della Florida (Desantis et al., 2007)<sup>[26]</sup>
  - Uragani e tempeste
  - Acidificazione dell'oceano
  - Riduzione delle precipitazioni nell'area tropicale e conseguente aumento della salinità, che raggiungerebbe livelli insostenibili
- **Allevamenti di gamberetti:** è la fonte più significativa di perdita di mangrovie. Gli alberi di mangrovia sono stati rimossi su larga scala e sono stati scavati e trasformati in bacini per gli allevamenti di gamberetti.

Conseguenze dirette:

- Perdita di mangrovie e della relativa biodiversità
- Perdita di aree di alimentazione per gli uccelli migratori
- Perdita di cibo (organismi invertebrati) per i pesci
- Salinizzazione di acque prima dolci
- Accumulo di materia organica che causa anossia.

Conseguenze indirette:

- Cambiamenti nell'idrologia e nella sedimentazione
- Immissione di acqua salata, che causa danni alle aree adiacenti, come campi di coltivazione del riso
- Diffusione di malattie nel mare
- Alto accumulo di materiale organico e fertilizzanti
- Alto accumulo di antibiotici, poi rilasciati nelle acque costiere

La deforestazione delle mangrovie sta contribuendo fortemente al declino della pesca costiera, che è stato documentato in Thailandia, una delle principali località di allevamenti di gamberetti (Barbier e Strand, 1998)<sup>[25]</sup>. È anche un grave problema nelle Americhe. A causa delle condizioni di affollamento, la malattia è una delle principali fonti di mortalità dei gamberetti, e gli agricoltori rispondono utilizzando alte concentrazioni di antibiotici. Anche questi vengono rilasciati ai canali d'acqua dolce e alle acque costiere.

## Bibliografia

### FONTI DIVULGATIVE

FILE 1 - *"Mangrove Forests and Seagrass Meadows"*

FILE 2 - *"Salt-Marsh Plants & Mangroves"*

FILE 3 - *"Mangroves\_Marine Biology\_Function, Biodiversity, Ecology"*

FILE 4 - *"Australia Mangroves as nursery sites"*

FILE 5 - *"Davide Seveso\_Mangrove Forests.pdf"*

### FONTI SCIENTIFICHE

1. Ellison, A. M., Farnsworth, E. J., & Merkt, R. E. (1999). Origins of mangrove ecosystems and the mangrove biodiversity anomaly. *Global Ecology and Biogeography*, 8(2), 95-115.
2. Hogarth, P. J. (1999). *The biology of mangroves*. Oxford University Press (OUP).
3. Clayton, D. A., & Snowden, R. (2000). Surface activity in the mudskipper, *Periophthalmus waltoni* Koumans 1941 in relation to prey activity and environmental factors. *Tropical Zoology*, 13(2), 239-249.
4. Alfaro, A. C. (2008). Diet of *Littoraria scabra*, while vertically migrating on mangrove trees: Gut content, fatty acid, and stable isotope analyses. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 79(4), 718-726.
5. Ikebe, Y., & Oishi, T. (1996). Correlation between environmental parameters and behaviour during high tides in *Periophthalmus modestus*. *Journal of Fish Biology*, 49(1), 139-147.
6. Gordon, M. S., Ng, W. S., & Yip, A. W. (1978). Aspects of the physiology of terrestrial life in amphibious fishes. III. The Chinese mudskipper *Periophthalmus cantonensis*.
7. Ishimatsu, A., Hishida, Y., Takita, T., Kanda, T., Oikawa, S., Takeda, T., & Huat, K. K. (1998). Mudskippers store air in their burrows. *Nature*, 391(6664), 237-238.
8. Lee, S. Y. (1998). Ecological role of grapsid crabs in mangrove ecosystems: a review. *Marine and freshwater research*, 49(4), 335-343.
9. Vannini, M., Cannicci, S., & Ruwa, K. (1995). Effect of light intensity on vertical migrations of the tree crab, *Sesarma leptosoma* Hilgendorf (Decapoda, Grapsidae). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 185(2), 181-189.
9. Vannini, M., & Cannicci, S. (1995). Homing behaviour and possible cognitive maps in crustacean decapods. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 193(1-2), 67-91.
10. Robertson, A. I. (1986). Leaf-burying crabs: their influence on energy flow and export from mixed mangrove forests (*Rhizophora* spp.) in northeastern Australia. *Journal of experimental marine biology and ecology*, 102(2-3), 237-248.
11. Smith III, T. J., Boto, K. G., Frusher, S. D., & Giddins, R. L. (1991). Keystone species and mangrove forest dynamics: the influence of burrowing by crabs on soil nutrient status and forest productivity. *Estuarine, coastal and shelf science*, 33(5), 419-432.
12. McIvor, C. C., & Smith, T. J. (1995). Differences in the crab fauna of mangrove areas at a southwest Florida and a northeast Australia location: implications for leaf litter processing. *Estuaries*, 18(4), 591-597.
13. Woodroffe, C., Robertson, A., & Alongi, D. (1992). Mangrove sediments and geomorphology. *Tropical mangrove ecosystems. Coastal and estuarine studies*, 41.
14. Jennerjahn, T. C., & Ittekkot, V. (2002). Relevance of mangroves for the production and deposition of organic matter along tropical continental margins. *Naturwissenschaften*, 89(1), 23-30.
15. Schwamborn, R., Ekau, W., Voss, M., & Saint-Paul, U. (2002). How important are mangroves as a carbon source for decapod crustacean larvae in a tropical estuary?. *Marine Ecology Progress Series*, 229, 195-205.
16. Loneragan, N. R., Bunn, S. E., & Kellaway, D. M. (1997). Are mangroves and seagrasses sources of organic carbon for penaeid prawns in a tropical Australian estuary? A multiple stable-isotope study. *Marine Biology*, 130(2), 289-300.
17. Lee, S. Y. (1999). The effect of mangrove leaf litter enrichment on macrobenthic colonization of defaunated sandy substrates. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 49(5), 703-712.
18. Danielsen, F., Sørensen, M. K., Olwig, M. F., Selvam, V., Parish, F., Burgess, N. D., ... & Suryadiputra, N. (2005). The Asian tsunami: a protective role for coastal vegetation. *Science*, 310(5748), 643-643.
19. Baran, E., & Hambrey, J. (1999). Mangrove conservation and coastal management in southeast Asia: What impact on fishery resources?. *Marine Pollution Bulletin*, 37(8-12), 431-440.
20. Mumby, P. J., Edwards, A. J., Arias-González, J. E., Lindeman, K. C., Blackwell, P. G., Gall, A., ... & Llewellyn, G. (2004). Mangroves enhance the biomass of coral reef fish communities in the Caribbean. *Nature*, 427(6974), 533-536.
21. Farnsworth, E. J., & Ellison, A. M. (1993). Dynamics of herbivory in Belizean mangal. *Journal of Tropical Ecology*, 435-453.
22. Sternberg, L. D. S. L., Teh, S. Y., Ewe, S. M., Miralles-Wilhelm, F., & DeAngelis, D. L. (2007). Competition between hardwood hammocks and mangroves. *Ecosystems*, 10(4), 648-660.

23. Koenig, C. C., Coleman, F. C., Eklund, A. M., Schull, J., & Ueland, J. (2007). Mangroves as essential nursery habitat for goliath grouper (*Epinephelus itajara*). *Bulletin of Marine Science*, 80(3), 567-585.
24. Lugendo, B. R., Nagelkerken, I., Kruitwagen, G., Van Der Velde, G., & Mgaya, Y. D. (2007). Relative importance of mangroves as feeding habitats for fishes: a comparison between mangrove habitats with different settings. *Bulletin of Marine Science*, 80(3), 497-512.
25. Barbier, E. B., & Strand, I. (1998). Valuing mangrove-fishery linkages—a case study of Campeche, Mexico. *Environmental and resource economics*, 12(2), 151-166.
26. Desantis, L. R., Bhotika, S., Williams, K., & Putz, F. E. (2007). Sea-level rise and drought interactions accelerate forest decline on the Gulf Coast of Florida, USA. *Global Change Biology*, 13(11), 2349-2360.