





AMBIENTE

Blu come il carbonio

Una parte importante dell'anidride carbonica presente
in atmosfera è assorbita da ecosistemi costieri
che tuttavia sono a rischio a causa delle attività umane

di Jacopo Pasotti

Jacopo Pasotti ha un passato da geologo e un presente da comunicatore scientifico e giornalista. Ha vissuto in Australia e in Israele. Ora è in Svizzera, ma lavora principalmente in Italia. Nel 2011 ha ricevuto il premio Piero Piazzano per il giornalismo scientifico. Per Codice Edizioni è autore di *La scienza in vetta* e *La scienza in valigia*.



Forse perché sono tanto vasti, o forse perché essendo noi animali terrestri li abbiamo sopravvalutati. Oceani e mari sono stati a lungo considerati inattaccabili, risorse inesauribili nel tempo, nello spazio, nelle più oscure profondità. Un mondo acquoso perenne fonte di nutrimento e, da quando i cicli globali del carbonio sono oggetto di studio, un serbatoio capace di assorbire e immagazzinare ingenti quantità di CO₂. Anche, e soprattutto, quella generata dalle attività umane.

L'ambiente marino è difficile da studiare. È spesso inaccessibile, e addirittura insidioso. Eppure sarebbe importante conoscerlo meglio, perché di tutto il carbonio catturato dalla attività biologica terrestre più della metà è assorbito dagli organismi marini. Della gigantesca riserva di carbonio marino molta è fissata dal plancton e, in parte, sprofonda negli abissi.

È soprattutto l'importanza degli ecosistemi costieri ad aver attratto l'attenzione degli scienziati negli ultimi dieci anni: il 50 per cento della riserva di carbonio marino (fino al 70 per cento secondo lo United Nations Environment Programme, UNEP) è catturato e immagazzinato dagli ecosistemi marini costieri, in particolare da mangrovie aree paludose salmastre e piante e praterie sottomarine. Tanto che ora ecologi e biologi gli hanno riservato una nuova nomenclatura: si parla infatti di «carbonio blu». Si tratta di una sottile cintura verde che circonda le coste continentali, meno dello 0,5 per cento dei fondi marini. Insomma, è perfino difficile da visualizzare su una carta.

Chiaro, quindi, che l'incredibile potenziale del carbonio blu potesse a lungo sfuggire all'attenzione di scienziati e decisori politici. Ma ora si sa che foreste di mangrovie, estuari e zone umide possono catturare tra 235 milioni e 450 milioni di tonnellate di carbonio all'anno (un milione di tonnellate equivale a 18.000 container). Dunque l'attenzione su questi ecosistemi è aumentata: non è poca cosa catturare nel terreno da un quinto alla metà delle emissioni globali dell'intero settore dei trasporti (circa 1000 milioni di tonnellate l'anno, secondo stime UNEP).

Ecosistemi, questi, che essendo lontani, perché in mare, ma anche vicini, perché lungo le coste abitate, sono tra i più deteriorati della Terra. Sono ad alto rischio di scomparire, di diventa-

re funzionalmente inutili sia come risorse per le comunità umane costiere sia per lo stoccaggio della CO₂. Eppure raramente raggiungono i mezzi di comunicazione, o hanno il ruolo che gli spetterebbe nelle negoziazioni climatiche.

Il potere delle mangrovie

Se molti associano paludi e mangrovie tropicali a saghe piratesche e avventurose dello scrittore Emilio Salgari o a fumetti di esploratori dall'animo naturalista in fuga dalla civiltà urbana, per ecologi, biologi e climatologi le mangrovie sono un'opportunità enorme. Tra paludi salmastre, praterie sottomarine e foreste di mangrovie, a svolgere il ruolo principale sono proprio queste ultime perché immagazzinano la maggior quantità di carbonio.

Purtroppo però il carbonio blu costiero è un attore giovane nel teatro delle discussioni su mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici. «Le mangrovie sono entrate nella scena climatica internazionale nel 2013 quando sono state riconosciute dalla Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici», spiega Linwood Pendleton, direttore del Dipartimento di politiche degli oceani e delle coste della statunitense Duke University. «Un primo documento della convenzione citava le stime di un nostro studio pubblicato l'anno prima su "PLoS One". Presentavamo dati sul carbonio rimesso in circolo a causa della distruzione degli habitat negli ecosistemi costieri. Ma già da tempo organizzazioni come Unione internazionale per la conservazione della natura e Conservation International erano attive nella promozione del carbonio blu costiero come potenziale pozzo per la CO₂ atmosferica, sottolineando come questi ecosistemi fornivano allo stesso tempo importanti benefici alle comunità costiere», racconta.

IN BREVE

Carbonio blu (blue carbon) è il termine usato per indicare l'anidride carbonica atmosferica – prodotta anche dalle attività umane – catturata e immagazzinata dagli oceani e dagli ecosistemi costieri del mondo.

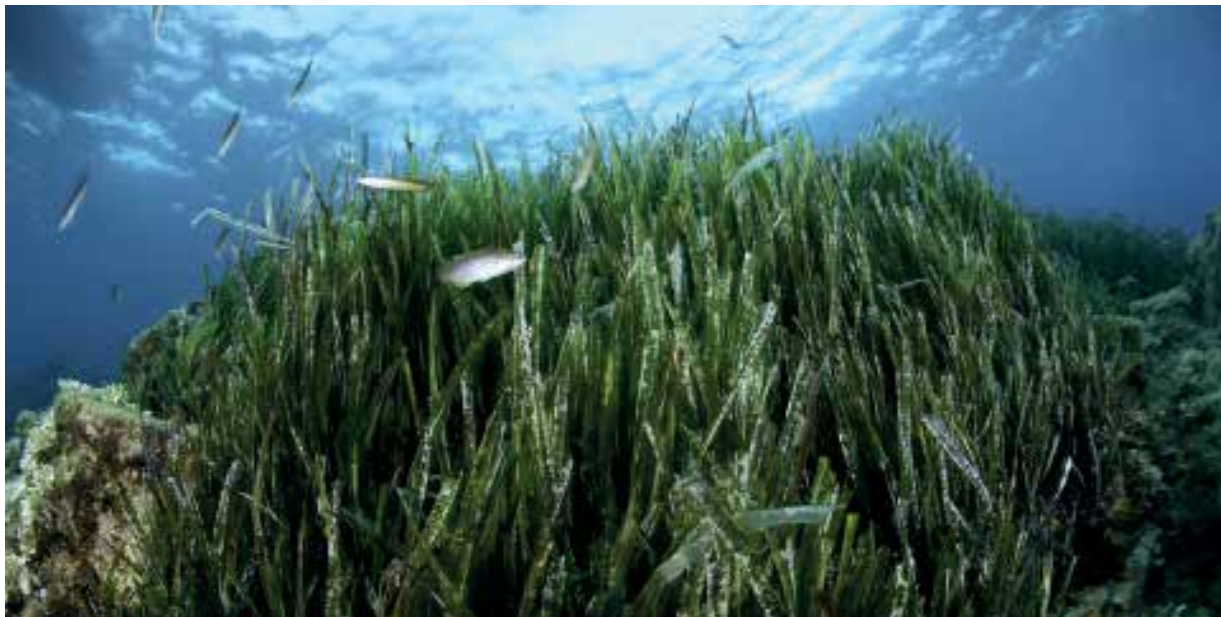
Negli ultimi decenni si è scoperto che la maggior parte di questa gigante riserva di carbonio marino è trattenuta dalle mangrovie, dalle aree paludose salmastre e da piante e praterie sottomarine. **Nonostante il loro ruolo cruciale** nella lotta al

riscaldamento globale, questi ecosistemi costieri sono poco tutelati e sono sotto pressione per la crescita della popolazione lungo le coste, per le attività agricole, come la coltivazione di riso, e per l'acquacoltura.

Praterie in fondo al mare

Per praterie sottomarine si intendono comunità di piante acquatiche note come fanerogame marine. Vivono lungo i litorali di ogni continente (a eccezione dell'Antartide) e quasi a ogni latitudine. Attenzione, non si tratta di alghe: queste ultime infatti hanno una struttura e tessuti più semplici; le fanerogame marine hanno invece radici, foglie, frutti, fiori e semi come vere e proprie piante.

Sono piante eliofile, ovvero preferiscono la luce diretta del Sole per poter portare a termine la fotosintesi, e formano un habitat sommerso importante perché producono sostanza organica e cibo per altri organismi, e proteggono la costa dall'erosione. Nel Mar Mediterraneo si conoscono cinque specie di fanerogame marine, di cui la più nota è la *Posidonia oceanica* (mostrata nella foto).



Pendleton e colleghi portavano l'attenzione su un aspetto importante: se le cinture verdi costiere avevano una capacità incredibile di sottrarre CO₂ dall'atmosfera, la loro distruzione significava rimettere in circolo enormi quantità di carbonio, da millenni sigillato nel terreno.

Il perché lo spiega Daniel Murdiyarso, del Center for International Forestry Research, in Indonesia: «Negli ecosistemi costieri la maggior parte del carbonio non è solo nella pianta emersa, ma è nei primi 2-3 metri di terreno, talvolta fino a sei. Nella preparazione delle vasche per l'acquacoltura, che è la causa primaria della deforestazione delle mangrovie, non solo si tagliano o si bruciano le piante, ma si rimasta e si scava il terreno. Questo rimette in circolo carbonio accumulato nel tempo». Basta guardarlo, il terreno appena scavato: può essere nero come la pece.

Pendleton e colleghi stimavano che la perdita di questi ecosistemi contribuiva tra il 3 e il 19 per cento alle emissioni globali per la deforestazione, che corrispondeva a danni economici tra 4 e 33 miliardi di euro l'anno. In altre parole, il degrado degli ecosistemi costieri può rilasciare circa 0,45 miliardi di tonnellate all'anno di CO₂ in atmosfera. Nella stima elaborata dagli studiosi della Duke University, quindi, tutto questo produce emissioni pari a quelle prodotte annualmente dal Regno Unito.

Queste cifre dimostravano che il disastro che stava avvenendo era più che grande: colossale. Tutto ciò pur tra le incertezze sui valori reali dovute all'ignoranza sullo stato di questi ecosistemi e sui cicli di carbonio a essi legati.

Sono passati alcuni anni, e quelle incertezze si sono lievemente ridotte. Ora si sa che «le mangrovie contribuiscono al 10-15 per cento alle emissioni di CO₂ dovute alla deforestazione», dice ancora Murdiyarso. Che accompagna il dato a un'altra osservazione: «la percentuale non è irrilevante, soprattutto se si considera che la superficie mondiale delle mangrovie equivale allo 0,39 per cento delle foreste globali», dice.

Le foreste di mangrovie si trovano alle latitudini tropicali e subtropicali, dalla Cina al Messico, e coprono appena 137.000 chilometri quadrati della superficie terrestre. Un'area quasi ridicola rispetto ai 40 milioni di chilometri quadrati delle foreste globali. Eppure per ettaro possono sequestrare fino a cinque volte più CO₂ rispetto alle foreste pluviali. In altre parole, in termini di rilascio di CO₂, un ettaro di foresta di mangrovie riconvertito in acquacoltura equivale a cinque ettari di foresta pluviale convertiti a uso agricolo. Perfino le apparentemente poco importanti praterie sottomarine immagazzinano per ettaro tanto carbonio quanto un ettaro di foresta tropicale.

L'oceano è dunque un immenso pozzo di carbonio organico (tralasciando la componente fisica e inorganica del ciclo del carbonio), ma diluito. Gli ecosistemi litoranei invece sono dei concentrati.

Per la loro capacità di assorbire carbonio dall'atmosfera, attraverso la pianta fino nel terreno, di catturarlo e sigillarlo per millenni, le mangrovie (seguite da paludi e praterie sottomarine) sono regine di un piccolo ma potente regno nella mitigazione del cam-

biamento climatico. Diversamente che sulla terraferma, il carbonio blu si forma «a mollo» in acque salmastre o salate, in ambienti anaerobici, in cui la decomposizione è nulla o quasi, e sono quindi capaci di stoccarlo per centinaia o migliaia di anni. Neppure gli oceani sono in grado di trattenere il carbonio organico tanto a lungo, se non in minima parte. Mentre foreste tropicali e boreali conservano il carbonio nel tronco degli alberi, ma ne trasferiscono poco nel terreno (dove viene poi in gran parte decomposto).

Si tratta insomma di sistemi di stoccaggio «pronti per l'uso», gratuitamente offerti dalla natura, che offrono una serie di servizi per l'essere umano tra cui sicurezza dei litorali (per esempio nella riduzione dell'impatto dei tifoni o dell'erosione costiera) e risorse ittiche. E dovranno essere tutelati. Almeno in futuro, perché finora non è stato così.

Dove e come scomparire

Che le coste continentali si stiano deteriorando praticamente ovunque puntiate il dito sul globo terrestre non è una novità. «Il processo dura da secoli, ma la velocità con cui sta avvenendo è in rapida accelerazione; la maggior parte delle praterie di *Posidonia oceanica* delle coste italiane è scomparsa nel dopoguerra, con l'introduzione della pesca a strascico», osserva Roberto Danovaro, dell'Università Politecnica delle Marche, impegnato nel progetto europeo MERCES (Marine Ecosystem Restoration in Changing European Seas) che sta valutando gli effetti del trapianto di praterie di piante sottomarine lungo le coste marchigiane e romagnole: «L'importanza di questi habitat è legata ai servizi ecosistemici che forniscono, dalla cattura di carbonio alla protezione delle coste, fino alla protezione delle risorse biologiche, a partire dagli stadi giovanili di specie ittiche commerciali», dice Danovaro.

Uno studio pubblicato nel 2015 su «Scientific Reports» da un gruppo internazionale di studiosi affermava che nel solo Mar Mediterraneo attualmente ci sono 1,224 milioni ettari di *P. oceanica*, il 34 per cento in meno rispetto a cinquant'anni fa. Mentre uno studio pubblicato nel 2010 su «PLoS One», diretto da Beth Polidoro, della Old Dominion University di Norfolk, negli Stati Uniti, mostrava che globalmente le mangrovie si sono ridotte del 20-35 per cento rispetto alla loro estensione nel 1980 (ma con punte fino al 70 per cento, come nell'isola di Giava, in Indonesia).

Fino a oggi la perdita di questi ecosistemi è proceduta a un tasso che ha toccato il 7 per cento annuo per le foreste di mangrovie indonesiane. Attualmente possiamo dire che le foreste costiere stanno scomparendo a un tasso medio dell'1 per cento annuo (comunque il doppio rispetto alle foreste continentali e con tassi maggiori in alcune regioni). Ai tassi di conversione attuali, più di un terzo delle paludi costiere e delle praterie sottomarine (ma la totalità se si guarda solo nel Mediterraneo) e quasi la totalità delle mangrovie potrebbero essere perse nei prossimi 100 anni, scriveva Pendleton su «PLoS One».

Tra le cause principali del processo c'è la crescita della popolazione lungo le coste, che aumenta in maniera sproporzionata rispetto alla crescita mondiale. Secondo le Nazioni Unite, nel 2010 la densità di popolazione media nelle aree costiere (entro 100 chilometri dalla costa) era di 99 persone per chilometro quadrato, mentre all'interno dei continenti il valore era 38. Nel 2050 la densità lungo le coste salirà a 134, mentre all'interno sarà 52 per chilometro quadrato. A meno di una colonizzazione intelligente, l'impatto sulle risorse marine e costiere non potrà che peggiorare.

La pressione umana si traduce poi nella deforestazione per la coltivazione. Storicamente di riso, ma oggi anche per le pianta-

Le capacità uniche delle mangrovie

Le mangrovie sono piante adattate a vivere in un ambiente ostile. Crescono in terreni anossici (l'ossigeno è poco o assente), a salinità proibitive per altre piante, e sopportano notevoli oscillazioni di maree. Se ne conoscono circa 80 specie, distribuite lungo le coste tropicali e subtropicali. Sviluppano un intricato sistema di radici che da un lato le rende più resistenti alle sollecitazioni di onde e maree e dall'altro intrappolano i sedimenti: per questo sono considerate un'ottima protezione naturale da uragani e tsunami di modesta entità. Tra le loro radici trovano riparo molte specie ittiche nel loro stadio larvale, prima di trasferirsi nelle acque oceaniche. Tra gli adattamenti, la presenza di radici aeree dette pneumatofori, che permettono di evitare la morte per anossia e che spuntano, quasi come boccaporti, dalla superficie dell'acqua. Le stesse radici riescono a filtrare la maggior parte del sale delle acque salmastre in cui sono immerse. Un'altra parte del sale può essere rilasciata dalle foglie. Questo ambiente è, appunto, fisicamente e chimicamente ostile, e ciò genera una continua perdita di materiale organico dalle piante, che restando intrappolato tra le radici si deposita nel terreno dove la decomposizione è impedita dalla assenza di ossigeno. Per questo motivo, ingenti quantità di carbonio possono rimanere sigillate nel terreno fino a quando l'ecosistema è sano.

gioni di palma da olio e, soprattutto, per l'aquacoltura. In particolare per la crescita di gamberi, di cui Europa, Stati Uniti, e Giappone sono principali consumatori.

Negli ultimi trent'anni l'impennata nella deforestazione delle mangrovie è stata legata alla cosiddetta «rivoluzione blu», la crescita della acquacoltura. Mentre la pesca languisce negli oceani, l'aquacoltura non fa che crescere. Si pesca di meno, ma tra il 1960 e il 2012 il consumo globale di prodotti ittici è passato da 9,9 a 19 chilogrammi *pro capite* all'anno. Con punte fino a 30 chilogrammi in alcuni paesi asiatici. L'aquacoltura sopperisce al divario tra stock ittici che crollano e una domanda insistente di prodotti ittici. Nel 1970 la produzione globale di pesci e crostacei era di 16.000 tonnellate. Nel 2014 se ne producevano 66 milioni di tonnellate, un aumento di tre ordini di grandezza in meno di cinquant'anni. Oggi il settore fornisce lavoro a almeno 58 milioni di persone.

«Un tempo era una rarità avere sul piatto dei gamberetti», dice Tiziano Scovaccicchi, dell'Istituto di scienze marine del Consiglio nazionale delle ricerche. «Ciò che una volta era considerato una specialità costosa, ora è merce comune, economica. Soprattutto quando il prodotto viene da paesi in cui la manodopera costa poco», spiega.

Il risultato è che l'appetito per il gamberetto, soprattutto alle nostre latitudini, sta avendo un impatto in paesi come Indonesia e Vietnam, ma anche Ecuador, Nigeria e Madagascar. «Negli ultimi cinquant'anni in Indonesia abbiamo perso il 40-50 per cento delle foreste di mangrovie. Oggi ne restano circa 13 milioni di ettari, e di questo passo ho paura che le mangrovie scompariranno molto presto. Anche in meno di mezzo secolo», dice Murdyiarso.

L'ecologo vive in Indonesia, dove il taglio delle mangrovie ha assunto tratti drammatici. Nell'isola di Giava, un tempo interamente coronata da foreste costiere, il 70 per cento di queste è già scomparso. E anche se il tasso di deforestazione è diminuito grazie



1



2



3

Visti dall'alto. La parte in Bangladesh di Sundarbans, la foresta di mangrovie più grande al mondo (1, zone scure); paludi a mangrovie nel delta dell'Ord River, in Australia (2); il tratto finale del fiume Betsiboka, in Madagascar, colonizzato da mangrovie (3, verde).

a nuove leggi che proteggono questo habitat, il rischio di ridurre a poco più che brandelli le foreste di mangrovie è autentico. «Sappiamo delle nuove leggi per tutelare le coste – dice Murdiyarsu – ma per ora si è fatto poco».

Esiste una via d'uscita?

La buona notizia è che l'attenzione dei decisori politici per gli ecosistemi marini nel mercato del carbonio sta (lentamente) crescendo. Ci sono iniziative di mitigazione che potrebbero considerare il carbonio blu. Una è il programma REDD+, nato nel 2010, che mira a ridurre le emissioni causate dalla deforestazione e a favorire la conservazione delle foreste. In questo schema i paesi tropicali possono essere pagati dai paesi emettitori se si impegnano a proteggere e gestire in maniera sostenibile le foreste.

Il problema di questo sistema è che, essendo nato per le foreste continentali, suggerisce un mercato fondato sul carbonio catturato sopra al terreno, non sotto la superficie. E quindi il grande potenziale delle mangrovie, o delle praterie sottomarine e delle paludi, la cui biomassa è sostanzialmente conservata nel terreno, potrebbe non essere tanto attraente in un meccanismo di mercato per ora concepito per la parte esposta della foresta. Secondo Pendleton servono maggiori studi per cercare di includere gli ecosistemi costieri nei meccanismi supportati dalla Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici.

Si tratta di opportunità comunque da non perdere, sarebbe lecito pensare. «Evitando di tagliare le ultime foreste di mangrovie, l'Indonesia potrebbe raggiungere i suoi obiettivi di riduzione delle emissioni del 26 per cento nel 2020», dice Murdiyarsu. Eppure solo il 6,9 per cento delle foreste di mangrovie si trova in aree protette. E meccanismi di mercato che diano un valore economico al carbonio blu andrebbero considerati, visto che come sistema di mitigazione è tanto efficiente. È economico, efficace, e favorisce

altri servizi tra cui l'adattamento agli impatti legati alla risalita del livello marino o all'aumento degli eventi meteorologici estremi.

Spiegano Nesar Ahmed e Marion Glaser, del Leibniz Center for Tropical Marine Ecology di Brema, in Germania: «Se grazie a REDD+ si ripristinasse la metà delle foreste di mangrovie distrutte per l'aquacoltura, si catturerebbero fino a 1,3 milioni di tonnellate di carbonio blu all'anno». Gli scienziati affermano che «REDD+ è un'opportunità enorme, fin qui sottovalutata, per la conservazione degli ecosistemi marini e dei servizi che forniscono».

In questa ottica, Pendleton e colleghi hanno stimato che se conservazione e ripristino di una foresta continentale valgono circa 8000 dollari per ettaro, le mangrovie possono superare i 17.000 dollari (paludi costiere e praterie sottomarine si assestano su 6000 dollari). In Europa, che non ha mangrovie, praterie di *Posidonia* e aree umide litoranee stoccano CO₂ per circa 180 milioni di dollari.

Un primo passo sarebbe interrompere immediatamente la deforestazione delle mangrovie e la perdita delle praterie di *Posidonia* nei mari europei. Un secondo passo sarebbe ripristinare gli ambienti costieri degradati o convertiti ad altri usi. I paesi con questa risorsa saranno capaci di sfruttarla? E lo faranno in tempo? Attenzione e conoscenze crescono rapidamente, le azioni per la conservazione degli ecosistemi ricchi di carbonio blu, purtroppo, no. ■

PER APPROFONDIRE

Estimating Global "Blue Carbon" Emissions from Conversion and Degradation of Vegetated Coastal Ecosystems. Pendleton L. e altri, in «PLoS One», Vol. 7, n. 9, e43542, 4 settembre 2012.

The Loss of Species: Mangrove Extinction Risk and Geographic Areas of Global Concern. Polidoro B.A. e altri, in «PLoS One», Vol. 5, n. 4, e10095, 8 aprile 2010.

Informazioni sul ruolo degli ecosistemi di mangrovie e delle loro conservazione in Indonesia sul sito di Journalism Grant: <https://innovation.journalismgrants.org/projects/a-fistful-of-shrimps>.