

Alla scoperta delle grandi alghe marine

Le alghe sono fondamentali nell'equilibrio del pianeta in quanto liberano ogni anno una gran parte dell'ossigeno che si trova in atmosfera.

In considerazione della grande variabilità morfologica, del livello di complessità strutturale del tallo e della dimensione degli organismi appartenenti al gruppo, le alghe vengono generalmente suddivise in microalghe e macroalghe.

Oltre ad espletare funzioni ecologiche, le alghe si rivelano molto versatili e si prestano a diversi usi: questa nota si focalizza su funzioni e utilizzazioni delle grandi alghe marine.

Le macroalghe

Le macroalghe – che non rappresentano una categoria tassonomica definita ma fanno capo a tre raggruppamenti: *Phaeophyceae*, *Chlorophyta* e *Rhodophyta* – sono alghe generalmente marine che possono raggiungere parecchi metri di lunghezza (alcuni talli possono raggiungere i 65 metri se non soggetti a intenso pascolo); ciascun raggruppamento si distribuisce lungo fasce a diversa profondità fino al limite massimo di penetrazione della luce. Come produttori primari sono alla base della catena trofica marina sostenendo numerose comunità di animali erbivori i quali possono anche trovarvi rifugio contro i predatori; le macroalghe e i loro detriti sono un'importante fonte di cibo anche per gli organismi bentonici nella zona intertidale.

Si stima che esistano 1800

specie di macroalghe brune, 6200 di macroalghe rosse e 1800 di macroalghe verdi; le brune sono quelle che raggiungono le dimensioni maggiori.

Come detto, la maggior parte delle macroalghe vive in acqua salata (o almeno salmastra); sebbene alcuni generi flottino liberamente nelle acque, esse normalmente necessitano di un punto di ancoraggio e quindi generalmente colonizzano le zone costiere. Alcune specie vivono nelle pozze di marea resistendo ai rapidi cambiamenti di temperatura e salinità e all'occasionale essiccamento, al ritmo delle maree.

Come noto, le alghe si distinguono dalle fanerogame marine in quanto non possiedono né foglie né radici né fusto, e tantomeno producono semi; il loro corpo – il tallo – è costituito da cellule poco differenziate in grado di assorbire dall'acqua tutto il nutrimento necessario mentre la funzione di ancoraggio al substrato è svolta da peduncoli, detti rizoidi, o placche basali.

Le macroalghe presentano forme differenti e anche la consistenza e la tessitura al tatto sono molto differenti: possono essere cartilaginee, mucillaginose, spugnose e perfino rocciose, in quanto le cellule sono impregnate di carbonato di calcio (Leandro *et al.*; Pereira L.).

Le foreste algali

Le macroalghe sono elementi fondamentali degli ecosistemi marini costieri temperati di tutto il mondo, ove rappresentano uno

dei principali produttori primari e assumono un ruolo chiave nel funzionamento dell'ecosistema. Esse non solo sono dotate di un'elevata capacità di sequestro del carbonio ma forniscono anche inestimabili servizi ecosistemici in molti sistemi costieri poco profondi; di conseguenza, variazioni nella composizione macroalgale possono avere ripercussioni sull'intero ecosistema costiero.

Negli ecosistemi marini costieri le Laminariales e le Fucales sono le alghe che più contribuiscono a comporre la volta vegetale nelle zone intertidali e subtidali; colonizzano soprattutto i fondi rocciosi fino al limite della zona fotica. Queste alghe brune creano habitat dalla struttura complessa e giocano un ruolo chiave nel sostenere la biodiversità e le reti alimentari; la struttura tridimensionale della cupola vegetale offre inoltre protezione ai primi stadi vitali di molte specie. Nonostante siano connotate da parecchie caratteristiche condivise, esse possono mostrare peculiarità proprie come ad esempio la capacità di dispersione: le Fucales sono dotate di propaguli grandi e facilmente affondabili e quindi la loro capacità di disseminazione si limita a pochi metri mentre le Laminariales sono caratterizzate da propaguli piccoli che forniscono un potenziale di dispersione di centinaia di metri.

Le foreste marine sono influenzate da numerosi fattori ambientali quali la luce, la turbolenza, i nutrienti e la temperatura; sono però l'inquinamento costiero, la pesca eccessiva, il riscaldamento

degli oceani, e altri disturbi creati dall'uomo quelli che determinano il declino generalizzato delle macroalghe e di conseguenza quello del funzionamento ecosistemico ([Medrano Cuevas A.](#)).

Le Laminariales, ad esempio, sembrano risentire in modo particolare dell'innalzamento della temperatura dovuto al cambiamento climatico in quanto sono alghe di acque fredde ([Merzouk A. et al.](#)). La densità e l'abbondanza delle Laminariales stanno diminuendo nelle aree marine europee meridionali compreso il Mediterraneo, ove la loro presenza è sempre stata scarsa e limitata alle acque profonde ([Araujo R.M. et al.](#)).

Le macroalghe come bioindicatori

Le comunità di macroalghe rispondono ai cambiamenti ambientali e trofici in tempi relativamente brevi e si rivelano quindi buoni indicatori di qualità degli ecosistemi costieri.

In una determinata zona costiera si sviluppa un'associazione vegetale stabile composta da proprie specie caratteristiche, comunità che può venire modificata da cambiamenti significativi delle condizioni ambientali; ogni specie è infatti caratterizzata da uno specifico intervallo di tolleranza alle diverse condizioni e pressioni ambientali.

La direttiva europea *Water Framework Directive* (2000/60/EC) inserisce le macroalghe fra gli elementi di qualità biologica (EQB) da utilizzare per la classificazione dello stato ecologico delle acque marino costiere; a livello nazionale il D.M. 260/2010 indica il [metodo CARLIT](#) (CARtografia LITorale) come strumento idoneo per valutare tale EQB.

Il CARLIT è un metodo cartografico che studia lo sviluppo lineare dei popolamenti macro-

algali in ambienti marini ove l'intervallo di marea è inferiore a 2 metri e si applica lungo coste prevalentemente rocciose (con scogliere non necessariamente continue costituite almeno per l'80% da substrati naturali); il metodo è basato sul campionamento visuale delle comunità algali superficiali associato all'osservazione delle caratteristiche geomorfologiche del substrato.

Nei mari italiani la qualità elevata è caratterizzata dalla presenza di comunità dominate dal genere *Cystoseira* (esclusa *Cystoseira compressa*), cioè da alghe brune strutturanti; in situazioni di moderato disturbo delle acque diventano dominanti le specie più tolleranti alle pressioni (come alcune alghe rosse) mentre nel caso di forti perturbazioni si registra la dominanza di specie opportuniste come quelle dell'ordine delle Ulvales ([ARPAT](#), [ARPAL](#)).

Gli usi delle macroalghe

Le grandi alghe marine sono in grado di produrre una notevole varietà di metaboliti secondari quali pigmenti, vitamine, composti fenolici e steroidi; inoltre producono amminoacidi, proteine, acidi grassi saturi e insaturi nonché polisaccaridi come sostanze direttamente coinvolte nei propri processi di sviluppo, crescita e riproduzione: proprio grazie alla produzione di queste molecole le macroalghe assumono una grande importanza anche a livello commerciale.

L'uso alimentare umano è probabilmente il più conosciuto: i paesi asiatici, e Cina e Giappone in particolare, sono noti per essere consumatori di macroalghe da secoli; anticamente esse facevano parte anche della cultura culinaria delle aree costiere mediterranee.

Si conoscono più di 600 specie di macroalghe edibili a cui vie-

ne riconosciuto un notevole valore nutrizionale: esse sono poco caloriche ma nel contempo ricche in vitamine, minerali e fibre; tale valore nutrizionale varia in relazione all'area geografica di raccolta, alla stagione, allo stadio di crescita, alla parte utilizzata. Come gli altri vegetali, le macroalghe possono essere commercializzate e mangiate in molte forme: fresche, essiccate, in fiocchi, in farine o polveri, o come componenti di altri prodotti alimentari ([Leandro et al.](#)).

Le più note sono le Kombu, – un'ampia gamma di alghe brune fra cui *Saccharina japonica* e *Laminaria digitata* – ricche di minerali come Mg, I, Ca, Fe e Zn ([ISS](#)); la Wakame (*Undaria pinnatifida*), altra alga bruna ricca di Ca, Mg, vitamina C e vitamine del gruppo B ([Wikipedia](#)); le Nori – alghe rosse di varie specie del genere *Porphyra* – che contengono proteine, vitamine e sali minerali ([Wikipedia](#)).

Tre sono i più noti derivati ad uso alimentare:

- la carragenina, ricavata da due alghe rosse della costa rocciosa dell'Atlantico settentrionale (*Chondrus crispus* e *Gigartina mamitosa*); è una gelatina di largo uso alimentare utilizzata come gelificante, addensante ed emulsionante, e indicata nelle etichette alimentari come E 407. Fu introdotta su scala industriale negli anni '30 del Novecento ma era già usata nel 600 a.C. in Cina e nel 400 d.C. in Irlanda ([Wikipedia](#))
- l'agar-agar, ricavato da alghe rosse appartenenti a diversi generi quali *Gelidium*, *Gracilaria*, *Gelidiella*, *Pterocladia* e *Sphaerococcus*; è un polisaccaride usato come gelificante e catalogato con il numero E 406 tra gli additivi alimentari codificati dalla UE. La sua gelatina ha la proprietà di non alterare il sapo-

re naturale dei cibi con cui viene in contatto ([Wikipedia](#))

- gli alginati, altri agenti gelificanti ricavati da più generi di alghe brune (quali *Ascophyllum*, *Laminaria*, *Lessonia*, *Macrocystis*); sono sali dell'acido alginico, un polisaccaride lineare che rappresenta il biopolimero marino più abbondante. Sono utilizzati come stabilizzanti ed emulsionanti e, in particolare, come sferificanti nella cucina molecolare ([Wikipedia](#)).

Le macroalghe sono utili anche nell'alimentazione animale: paesi come l'Islanda, la Francia e la Norvegia le utilizzano abitualmente per l'alimentazione degli animali domestici, sia come prodotti sia come nutraceutici ([Leandro et al.](#)). Ma l'aspetto più promettente di una dieta animale a base di macroalghe riguarda la riduzione delle quantità di metano emesse nell'atmosfera dai ruminanti. Come noto, il metano è un gas serra che determina un effetto climaterante molto più elevato di quello dell'anidride carbonica ([ISPRA](#)). È altrettanto noto che i ruminanti si nutrono di cibo fibroso e che nel rumine sono presenti batteri, protozoi e funghi responsabili della digestione microbica degli alimenti, processo che porta alla produzione di gas inutilizzabili: le alghe contengono una sostanza che interferisce con gli enzimi digestivi coinvolti in tale digestione ([Roque B.M. et al.](#)).

In Australia, ad esempio, la sperimentazione che usa alghe del genere *Asparagopsis* (Rhodophyta) sotto forma di integratori specifici per ruminanti sta passando alla fase commerciale, visti gli ottimi risultati che ha prodotto: si parla di riduzioni delle emissioni di metano di oltre l'80 % ([rinno-vabili.it](#)); uno studio della Queen's University di Belfast sta invece testando alghe marine brune e verdi,

native dei mari irlandesi e britannici, per formulare integratori alimentari per ruminanti: in questo caso la riduzione delle emissioni di metano in atmosfera si attesterebbe intorno al 30% ([ruminantia.it](#)).

Inoltre le macroalghe (e i prodotti derivati) vengono utilizzate in agricoltura per migliorare la produzione vegetale poiché contengono un certo numero di composti che stimolano la crescita delle piante: esse inducono la germinazione precoce dei semi nonché la crescita delle radici e della parte aerea della pianta, aumentano la resistenza alle gelate e agli stress biotici, e aumentano la capacità di assorbimento dei nutrienti.

Entrando nel merito di altri campi, occorre segnalare che la cosmesi è sempre più orientata all'utilizzo di ingredienti naturali poiché essi offrono benefici ma non presentano i rischi dei più convenzionali ingredienti chimici: si sta quindi interessando alle macroalghe poiché contengono composti biodisponibili, cioè nutrienti attivi che vengono assorbiti rapidamente dalla pelle. In cosmesi le macroalghe possono essere usate in due modi: come stabilizzanti o emulsionanti per la preparazione del prodotto oppure come ingrediente attivo nel prodotto stesso, ad esempio nei trattamenti anti-età o doposole.

In farmacologia le sostanze derivate dalle macroalghe sono molto studiate e utili. Le sostanze vengono utilizzate sia come principi attivi che come eccipienti; si riconoscono attività antibatteriche, anticoagulanti, antivirali, antitumorali e immunoregolatrici ([Leandro et al.](#)).

Un esempio interessante di uso nell'industria è quello che concerne la produzione della "carta ecologica *Alga Carta*", fabbricata utilizzando le alghe che proliferano in eccesso nella Laguna di Ve-

nezia e che rischiano di danneggiare il fragile ecosistema lagunare. A causa della presenza di nutrienti in eccesso e delle alte temperature estive, alla fine degli anni '80 la laguna risultò infatti infestata da una quantità anomala di alghe; all'iniziale processo di raccolta e smaltimento seguì la ricerca di una possibilità per riciclare questo materiale. Una delle soluzioni fu quella di utilizzarlo nella fabbricazione della carta, in parziale sostituzione della cellulosa e di altri materiali; in fase di produzione in cartiera le alghe raccolte ogni anno vengono fatte essiccare e tritate fino a ottenere uno sfarinato che viene miscelato con fibre certificate FSC; la quantità di alghe utilizzata nella produzione è generalmente del 5%-10% ([Wikipedia](#)).

Recentemente si è studiata la possibilità di ricavare bioplastica dalle macroalghe, siano esse raccolte in natura o coltivate; rispetto alla bioplastica derivata dalle coltivazioni vegetali terrestri, quella ricavata dalle alghe presenta almeno due vantaggi: non si pone in concorrenza rispetto all'uso del suolo e non consuma acqua ([Cordis](#)).

Si sta studiando anche la possibilità di produrre biocarburante dalle macroalghe, sfruttandone l'elevato contenuto in zuccheri: dalla fermentazione si ricava bioetanolo che, miscelato con combustibili di derivazione fossile, consente di produrre il carburante E10 (cioè al 10% di etanolo). Attualmente il prezzo del biocarburante a base di alghe è ancora troppo alto ma si stima che la tecnologia di produzione diventerà redditizia nell'arco di venticinque anni ([euronews](#)).

La coltivazione delle macroalghe

Quello delle grandi alghe marine viene considerato il comparto produttivo caratterizzato dalla maggiore velocità di crescita a li-

vello mondiale, con un valore di 9 miliardi di dollari su base annua ([Safeseaweedcoalition](#)).

Secondo la FAO (Food and Agriculture Organization) la produzione globale di macroalghe (coltivate e raccolte in mare o sulla battigia) è triplicata passando dalle 118.000 tonnellate del 2000 alle 358.200 tonnellate del 2019. L'Asia garantisce circa il 97 % della produzione mondiale, ed il 99 % di tali macroalghe viene coltivato; la Cina è il maggior produttore mondiale in termini di produzione da acquacoltura (56,8 % del totale) seguita dall'Indonesia, che produce il 28,6 % delle macroalghe coltivate ([FPPN](#)). In Europa sono Francia e Norvegia a dominare una produzione ancora molto limitata, nella quale solo il 32 % è coltivato e il rimanente 68 % raccolto direttamente nell'ambiente naturale ([France24](#)).

I sette taxa più coltivati al mondo sono *Eucheuma* spp., *Kappaphycus alvarezii*, *Gracilaria* spp., *Saccharina japonica*, *Undaria pinnatifida*, *Pyropia* spp. e *Sargassum fusiforme*.

Nella sua forma più semplice la coltivazione consiste nella raccolta controllata di parte della biomassa presente in natura, nella forma più avanzata nel controllo dell'intero ciclo vitale dell'alga ([Wikipedia](#)).

Numerosi fattori come la capacità rigenerativa del tallo, la morfologia delle specie e la sensibilità ai parametri ambientali – quali temperatura, irraggiamento, nutrienti e moto dell'acqua – influiscono sulla buona riuscita della coltivazione su larga scala. La metodologia di coltivazione dipende soprattutto dalle caratteristiche delle diverse macroalghe: alcune specie richiedono metodi in fase singola attraverso la moltiplicazione vegetativa mentre altre – quelle che nascono da spore – richiedono processi multifase. Numerose

tecniche di coltivazione delle macroalghe – dai sistemi intensivi ai sistemi in mare aperto – sono periodicamente sperimentate ma i metodi che garantiscono i migliori risultati commerciali sono ancora quelli a bassa tecnologia, cioè quelli che richiedono l'intervento di molta mano d'opera ([Prasad Behera et al.](#)).

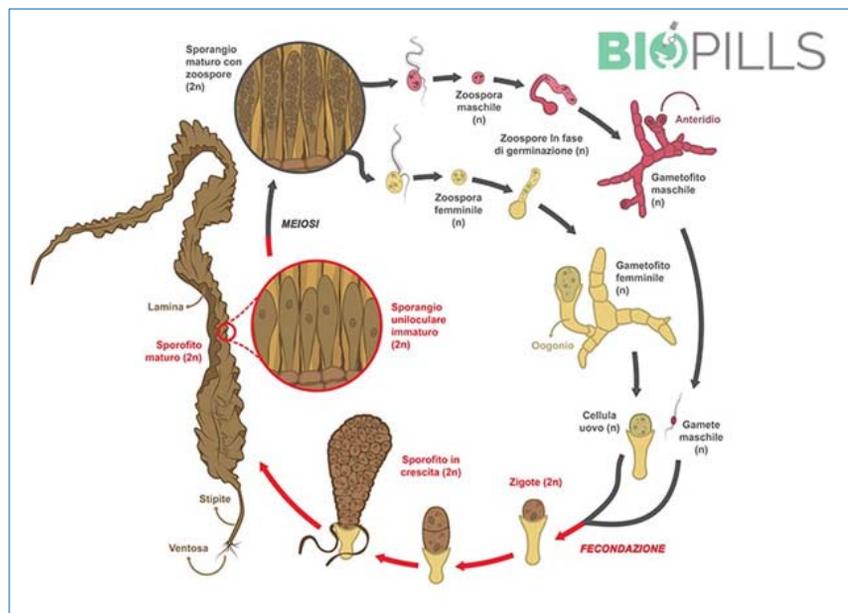
Visto che l'Europa ricopre attualmente una quota marginale del mercato mondiale delle alghe marine, la promozione dell'alghicoltura – sia di macroalghe marine che di microalghe – è un caposaldo degli orientamenti strategici per l'acquacoltura della UE per il periodo 2021-2030. L'alghicoltura può infatti contribuire al raggiungimento di alcuni obiettivi del Green Deal europeo quali la decarbonizzazione, la riduzione dell'inquinamento (mediante l'assorbimento dei nutrienti), la conservazione e il ripristino della biodiversità, la protezione degli ecosistemi e lo sviluppo di servizi ambientali.

Per evitare di ripetere negli oceani gli errori commessi sulla terraferma, la coltivazione del-

le macroalghe in mare non dovrà però influire sull'equilibrio degli ecosistemi marini, ad esempio creando problemi di competizione con le fanerogame marine.

Mentre le attuali coltivazioni a scala medio-piccola sono considerate a basso rischio ambientale, lo sviluppo della coltivazione di macroalghe su larga scala richiede una conoscenza più completa dei possibili impatti per valutare rischi e benefici. Le imponenti installazioni di coltivazione possono infatti introdurre fattori di stress su ampie aree per tempi lunghi, ombreggiando il fondale e influenzando le comunità di organismi sottostanti l'installazione e all'interno della colonna d'acqua.

Sono quindi necessarie ricerche finalizzate e un attento monitoraggio per colmare le lacune conoscitive e per consentire di autorizzare le nuove coltivazioni sulla base di decisioni informate. I Paesi che intendono avviare la coltivazione di macroalghe devono quindi porsi come priorità quelle di disporre di modelli (biologici e idrodinamici) per la valutazione del rischio, di capire la capacità di



Ciclo vitale delle alghe kelp (*immagine* di Luigi Suglia).

carico dei corpi idrici e di selezionare i siti nei quali i cambiamenti ambientali si prospettino minimi. Il monitoraggio, inoltre, dovrà verificare le condizioni *ex ante* delle popolazioni naturali per assicurarsi che la gestione della coltivazione sia accettabile (Campbell I. *et al.*).

Nonostante tutte le regioni marittime della UE siano riconosciute come terreno fertile, lo sviluppo dell'alghicoltura europea è ostacolato da alcuni fattori: un quadro normativo frammentato e poco coerente, i costi di produzione elevati, la produzione su piccola scala, la conoscenza limitata sia dei mercati sia delle richieste dei consumatori e anche dei rischi ambientali di tale coltivazione. Per rendere la produzione di alghe un settore solido e sostenibile, una comunicazione della Commissione

Europea ha individuato 23 azioni specifiche finalizzate a migliorare il quadro di *governance* e le normative, ottimizzare il contesto imprenditoriale, colmare le lacune in materia di conoscenze, ricerca, tecnologia e innovazione nonché accrescere la consapevolezza sociale e l'accettazione del mercato nei confronti dei prodotti a base di alghe (Commissione Europea).

Nel 2022 la Commissione Europea ha inoltre attivato la piattaforma "EU4Algae" per accelerare lo sviluppo dell'industria delle alghe e promuoverne l'utilizzo: essa ha l'obiettivo di migliorare la cooperazione fra i coltivatori, i produttori, i venditori, il mondo accademico e i ricercatori, gli sviluppatori di tecnologie, gli investitori, le autorità pubbliche e le ONG (Maritime-forum).

Conclusioni

Quando si parla di alghe spesso la mente corre all'immagine negativa degli ammassi verdi o marrone spiaggiati sulla battigia: essi sono semplicemente la conseguenza di fattori quali il vento, le correnti o le mareggiate che strappano le macroalghe dalla loro base.

A questa percezione negativa si contrappone la realtà: questi organismi sono infatti in grado di offrire grandi opportunità per aiutare il pianeta. Come sempre, è però necessario trovare il giusto equilibrio fra l'utilizzazione di un sistema naturale e la sua protezione.

Rossella Azzoni

Informazioni sull'autrice:

Socio fondatore ed ex Presidente CISBA, dirigente biologo in quiescenza di ARPA Lombardia.

E-mail: ross.azzoni@yahoo.com