

Fig. 1 - Fondale roccioso del litorale Monegasco coperto dall'alga tropicale *Caulerpa taxifolia* (Foto A. Meisnez, 1994).

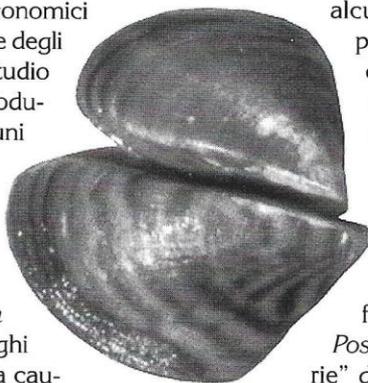
Allarme Alieni!

Non ci stiamo riferendo alla presenza nel più esteso sistema lagunare italiano di extraterrestri provenienti da galassie lontane, ma piuttosto alla recente scoperta che nelle nostre acque si trova un elevato numero di organismi provenienti da altri mari, in competizione con le specie "nostrane". Le specie marine, d'acqua dolce e terrestri introdotte volontariamente od involontariamente dall'uomo in nuovi areali biogeografici si definiscono specie aliene, esotiche, alloctone o specie non indigene (NIS) (Carlton, 1989). Le invasioni biologiche sono considerate una delle principali espressioni del cambiamento globale (Bright, 1999). Questi nuovi ospiti sono in aumento nelle nostre acque tanto da destare una certa preoccupazione per gli effetti che potrebbero avere sugli ecosistemi riceventi.

Quali sono i mezzi di trasporto o "vettori" che facilitano il trasferimento e l'introduzione di queste specie? Quali i fattori ecologici che promuovono il "successo" di una specie esotica rispetto ad un'altra nel nuovo habitat? È in grado l'ecosistema ricevente di facilitare o al contrario di contrastare la colonizzazione? E di conseguenza, si possono identificare sulla base dei dati a disposizione siti preferenziali di introduzione?

Dare una risposta a queste domande è estremamente complesso. Lo studio dell'ecologia delle invasioni in ambiente acquatico è una scienza relativamente recente e le conoscenze sono ancora scarse, quindi allo stato attuale molte sono le ipotesi formulate, gli studi in corso e i modelli proposti, ma poche le risposte chiare. Una sola cosa è certa: in alcune occasioni specie non indigene, trovandosi favorite nel nuovo ambiente, o per mancanza di predatori o per scarsa competizione da parte delle specie locali, possono dare luogo ad invasioni incontrollate con gravi ripercussioni sulla stabilità degli ecosistemi colonizzati. L'effetto più evidente di un'invasione è la perdita di biodiversità con assoluta dominanza dell'invasore; effetti secondari sono ripercussioni a medio-lungo termine sulla rete trofica e sulle componenti strutturali dell'ecosistema, che si traducono in alcuni casi in ingenti danni economici alle risorse alieutiche. Il recente interesse degli ecologi marini di tutto il mondo per lo studio delle problematiche connesse alle introduzioni è certamente in relazione ad alcuni casi emblematici di invasione (ancora parzialmente o totalmente irrisolti) che hanno procurato danni ecologici ed economici di vasta portata. Basti pensare all'invasione del bivalve d'acqua dolce d'origine balcanica *Dreissena polymorpha* introdotto nei Grandi Laghi Canadesi alla fine degli anni '80 che ha causato danni per centinaia di milioni di dollari.

Questo piccolo bivalve, che da adulto raggiunge i 2-3 cm di lunghezza e presenta caratteristiche valve striate,



da cui il nome comune in inglese di "zebra mussel" (mitilo zebrato) (Fig. 2), si fissa saldamente per mezzo del bisso¹ ad ogni struttura rigida immersa in acqua raggiungendo densità notevoli (fino a 700.000 individui m⁻²) e provoca la totale occlusione di tubature di raccolta delle acque per gli impianti di raffreddamento industriali. Inoltre, *Dreissena* è in grado di filtrare in breve tempo grandi quantità d'acqua e di fitoplancton, riducendo drasticamente le risorse alimentari per gli altri organismi acquatici; l'esito finale è la destabilizzazione della rete trofica lacustre e fluviale a tutti i livelli, dai produttori primari ai pesci carnivori (MacIsaac, 1996). *Dreissena* è ora ampiamente distribuita anche in Europa Occidentale fino all'Irlanda (Minchin, 2000) e in alcuni corsi d'acqua e laghi del Nord Italia e della Svizzera.

Altro caso particolarmente discusso di invasione biologica è quello in atto lungo le coste del Mediterraneo ad opera dell'alga tropicale *Caulerpa taxifolia*. Quest'alga di colore verde brillante (Fig. 1), comunemente utilizzata come vegetazione decorativa in acquario è stata introdotta involontariamente nel 1984 nel Principato di Monaco (Meinesz & Hesse, 1991).

Nella stagione estiva in acque temperate l'alga è in grado di crescere di 1 centimetro al giorno; lo "stolone", piccolo fusto strisciante che ancora questo organismo al substrato, può raggiungere fino a 350 metri di lunghezza per metro quadrato di fondale, occupando tutto lo spazio disponibile. *Caulerpa taxifolia* diventa così, con estrema rapidità, "padrona" dei fondali marini da 3 a 30 m di profondità, occupando ogni tipo di substrato: roccia, fango e sabbia. L'alga, che inizialmente si trovava solo sui litorali della Costa Azzurra, ha ora colonizzato più di 5000 ettari di fondale in Francia, Spagna, Italia e Croazia; recentemente è stata segnalata la sua presenza anche nella California del Sud (notizie disponibili al sito web: www.swrcb.ca.gov/rwqcb9/News/Caulerpa_taxifolia.html).

L'invasione di *Caulerpa taxifolia* causa un'evidente perdita di biodiversità negli ecosistemi invasi, tanto che l'elegante alga color verde brillante si è guadagnata lo pseudonimo di "alga killer". Inoltre, per alcune località rivierasche, che investono parte della loro economia in attività di ecoturismo subacqueo, la presenza sul fondale di un tappeto monospecifico di alghe verdi provoca una perdita di valore e di interesse turistico, con gravi danni all'economia locale. Un ulteriore preoccupante effetto della presenza di quest'alga tropicale in Mediterraneo è la forte competizione mostrata nei confronti della fanerogama marina autoctona *Posidonia oceanica*. Le cosiddette "praterie" di *Posidonia* sono delicati e complessi

Fig. 2. Il mitilo d'acqua dolce d'origine Balcanica *Dreissena polymorpha* "Zebra Mussel".

ecosistemi di estrema importanza sia come “nursery” (luogo di deposizione e protezione per le uova e gli stadi giovanili di numerosi organismi marini), sia per la loro capacità di rallentare e contrastare l’erosione delle coste. La scomparsa dei posidonieti, purtroppo in corso da diversi anni e dovuta principalmente all’impatto antropico, risulta accelerata dalla recente presenza di *Caulerpa* che compie un vero e proprio assedio delle praterie, sottraendo alla fanerogame nutrienti e luce (Ceccherelli & Cinelli, 1999).

Attraverso questi esempi, ben documentati in letteratura, possiamo farci un’idea dei principali effetti che le specie invasive esercitano sull’ambiente.

Definiamo due categorie di impatto da parte delle specie non indigene:

1) **Impatti diretti:** derivano in modo diretto dalla riduzione delle risorse ambientali, come la predazione di specie di importanza economica, il danneggiamento e la compromissione della funzionalità degli impianti industriali e delle strutture costruite dall’uomo immerse in acqua.

2) **Impatti indiretti:** si manifestano su medio-lungo termine e determinano cambiamenti strutturali nelle comunità con la riduzione o, nei casi più gravi, la scomparsa di specie chiave (cioè di quelle specie che occupano una posizione fondamentale nella catena trofica e risultano quindi indispensabili per il mantenimento funzionale della comunità), oppure la scomparsa di specie rare ed endemiche con danni notevoli alla biodiversità e perdita di patrimonio genetico.

La laguna di Venezia e le specie aliene

Su un totale 120 specie esotiche presenti lungo le coste italiane (Occhipinti Ambrogi, 2002) ben 41 sono state ritrovate in Laguna di Venezia. Il motivo per cui le acque della Serenissima attraggono questa moltitudine di turisti esotici, alcuni dei quali si stabiliscono in pianta stabile, non va certo ricercato nel fascino di una delle città più belle d’Italia, con i suoi tesori architettonici e il suo romanticismo, ma piuttosto in motivi di carattere ecologico. Le lagune sono ambienti particolarmente instabili e dinamici; la loro natura di zone sotto l’influenza di condizioni idrografiche miste, continentali e marine, permette la vita solo di quelle specie adattate a decise fluttuazioni dei parametri ambientali o con elevata “fitness”². A questi fattori naturali di stress si aggiunge l’impatto dovuto alla presenza storica di attività antropiche (centri urbani, porti, impianti di acquacoltura) che contribuisce da una parte a limitare il numero di

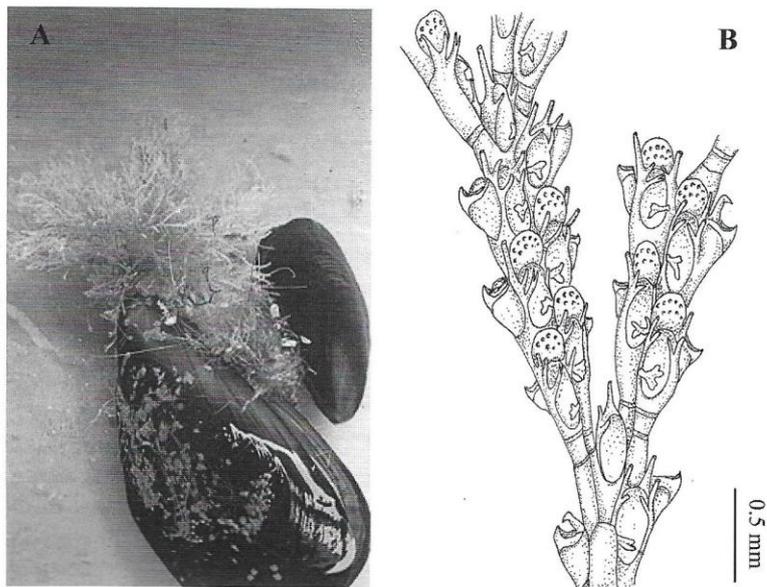


Fig. 3. A. Colonia del briozoo invasivo in laguna veneta *Tricellaria inopinata* fissata al bisso di un mitilo (*Mytilus galloprovincialis*). B. Particolare allo stereomicroscopio della struttura coloniale di *Tricellaria inopinata* (Foto Occhipinti-Ambrogi).

specie presenti, dall’altra (come vedremo in seguito) ad aumentare la possibilità di introduzione di specie aliene, in grado di adattarsi a queste condizioni selettive.

Inoltre, il bacino centrale della laguna raccoglie gli scarichi civili e industriali di Venezia, Marghera e Mestre, le acque reflue frammiste a olii provenienti dalle raffinerie che provocano eutrofizzazione e anossia sui fondali in estate, con produzione di sulfidi e metano ad opera di batteri chemiosintetici (Pavoni *et al.*, 1990). Non vanno poi dimenticati gli interventi per arginare il naturale insabbiamento della laguna, attuati sin da tempi storici, con la diversione dei principali corsi d’acqua al di fuori della laguna e con la costruzione di barriere artificiali per diminuire l’erosione operata dal mare; tutto ciò ha contribuito a selezionare gli organismi lagunari. Per l’insieme dei motivi sopra esposti, le acque lagunari sono caratterizzate da un minor numero di specie rispetto alle acque marine costiere; secondo Wolff (1999), tale caratteristica consentirebbe la presenza nicchie ecologiche libere, utilizzabili da parte di specie non-indigene. Gli invasori, dotati già in partenza di una elevata adattabilità ecologica, si troverebbero quindi favoriti nell’occupare all’interno dell’ecosistema ricevente spazi e risorse scarsamente utilizzati dalle specie indigene. In questo caso parliamo di occupazione di nicchie ecologiche “naturali”, mentre perturbazioni ambientali di origine antropica possono indebolire e ridurre i popolamenti autoctoni dunque procurare spazio e risorse ai nuovi arrivati liberando nicchie ecologiche “artificiali” (Vaas, 1975). In altri casi è una maggiore abilità di competizione per le risorse a rendere vittoriosa la specie invasiva sulle su quelle native; è questo il caso di *Tricellaria inopinata* in Laguna di Venezia.



Fig. 4. L'alga bruna *Undaria pinnatifida*, morfologia dell'apparato rizoidale di ancoraggio al substrato (Foto Davide Tagliapietra).

Tricellaria inopinata è un briozoo (gruppo di animali acquatici sessili che formano colonie composte da numerosi individui detti zooidi) (Fig. 3) originariamente distribuito lungo le coste Pacifiche degli Stati Uniti, Giappone, Australia e Nuova Zelanda. Qualche anno dopo la sua introduzione in Laguna di Venezia (1982) si è notata una diminuzione della diversità biologica dei popolamenti di briozoi tipici della laguna, ascrivibile in parte alla forte abilità competitiva di questa specie. Dagli anni novanta *Tricellaria inopinata* è padrona incontrastata di tutti i settori della laguna, ad eccezione dei settori più dissalati (Occhipinti Ambrogi, 2000). Oltre ai motivi di origine ecologica, esistono altre ragioni che fanno della laguna un sito preferenziale di introduzione di organismi marini. I principali vettori di introduzione di specie aliene sono la navigazione e le attività di acquacoltura. Le acque di zavorra o "ballast waters", utilizzate dalle navi per mantenere il galleggiamento una volta scaricata la merce, sono considerate i principali imputati del trasferimento di NIS su lunghe distanze e dell'"omogeneizzazione" del biota costiero (Carlton, 1999). Carlton e Geller (1993) stimano che il quantitativo d'acqua complessivo trasportato annualmente attraverso gli oceani superi gli 8 miliardi di tonnellate. Queste acque contengono larve di invertebrati marini, ma anche tutte le categorie del plancton (fito-, zoo- e meroplancton) e le loro forme di resistenza (cisti, spore) nei sedimenti depositi sul fondo delle cisterne, che vengono quindi trasferite con facilità ai porti di

destinazione. Molti organismi bentonici sessili si fissano anche alle chiglie delle navi, e si assicurano quindi un passaggio verso nuove destinazioni. In Laguna di Venezia, l'attività portuale è molto elevata, sono presenti 439 linee regolari interoceaniche che si dirigono verso i maggiori porti internazionali (L'Avvisatore Marittimo, 2000). I maggiori scambi commerciali avvengono su lunga distanza e principalmente con i porti del Mar del Giappone, dell'Oceano Indiano e del Nord Atlantico. Non stupisce quindi come delle 41 specie aliene presenti in laguna, circa il 50% sia originario proprio di questi mari.

Altro vettore di introduzione è costituito dalla fiorente attività di acquacoltura nelle acque della laguna. L'introduzione volontaria di specie esotiche di bivalvi di interesse commerciale come la vongola "verace" delle Filippine (*Tapes philippinarum*) o l'ostrica giapponese (*Crassostrea gigas*) ha anche comportato l'introduzione involontaria di molte alghe e piccoli crostacei ad essi associati (Sacchi *et al.* 1990; Curiel *et al.* 1999). È questo il caso delle macroalghe *Undaria pinnatifida* (Fig. 4) e *Sargassum muticum*, che in pochi anni hanno invaso molti settori della Laguna e in particolare i canali urbani delle città di Chioggia e Venezia.

Prevenire è meglio che curare

Come difendere dunque le nostre acque da questi ospiti invadenti? I pareri sulla questione sono molti, alcuni propendono per l'"eradicazione" delle specie alloctone con vari mezzi che vanno dalla rimozione diretta, all'utilizzo di sostanze tossiche liberate in ambiente. Entrambe le soluzioni comportano elevati costi in termini economici, oltre che rischi ecologici. In alcuni casi, se l'estirpazione diretta di un alloctono non viene effettuata con la necessaria cautela può risultare totalmente inefficace o addirittura facilitarne l'espansione (è il caso dell'alga tropicale *Caulerpa taxifolia*, favorita dal trasporto involontario anche di piccoli frammenti del tallo algale, in grado di rigenerarsi vegetativamente); mentre l'utilizzo di composti tossici risulta spesso poco selettivo nei confronti della specie target e può contribuire ad indebolire ulteriormente l'ecosistema colonizzato. Altri ricercatori parlano di controllo biologico, è cioè di introdurre volontariamente predatori, competitori o parassiti naturali della specie alloctona che si vuole limitare; in questo modo, però si introducono nuove specie alloctone, con il rischio di favorire ulteriori fenomeni invasivi. Il buon senso suggerisce quindi di concentrare le ricerche nel prevenire le introduzioni piuttosto che tentare di sanare situazioni ormai difficilmente controllabili. L'attività di prevenzione dovrebbe essere frutto di una intensa ricerca nel campo della biologia delle invasioni, rivolta ad identificare le aree maggiormente a rischio, i principali vettori di trasporto di specie non indigene e a studiare sistemi per diminuire il rischio di introduzioni dovute

a questi vettori (es. trattamenti alle acque di zavorra delle navi commerciali, loro ricambio in mare aperto), e proporre una efficace legislazione sull'introduzione volontaria di specie esotiche per scopi commerciali. Inoltre è necessario promuovere un'adeguata conoscenza del fenomeno tramite progetti di educazione ambientale rivolti a coloro che per lavoro, per sport o ricreazione si trovano spesso in stretto contatto con l'ambiente marino.

Note

1. Bisso: il filamento corneo utilizzato dai mitili per ancorarsi al substrato.
2. Con "ecological fitness" si intende la capacità di una determinata specie di sfruttare al meglio le risorse dell'ecosistema in cui si trova.

Bibliografia

- Bright C. 1999. Invasive species: pathogens of globalisation. *Foreign Policy*, 116: 50-64.
- Carlton J.T. 1989. Man's role in changing the face of the ocean: biological invasions and implications for conservation of near-shore environments. *Conservation Biology*, 3: 265-273.
- Carlton J.T. 1999. The scale and ecological consequences of biological invasions in the World's oceans. In: Sandlund O.T., Schei P.J. and Viken A., eds., *Invasive species and Biodiversity Management*. Kluwer Academic Publishers: 195-212.
- Carlton J.T. & Geller J.B. 1993. Ecological roulette: the global transport and invasion of nonindigenous marine organisms. *Science*, 261: 78-82.
- Ceccherelli G. & Cinelli F., 1999. Effects of *Posidonia oceanica* canopy on *Caulerpa taxifolia* size in a north-western Mediterranean Bay. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 240: 19-36.
- Curiel D., Bellemo G., Marzocchi M., Scattolin M & Parisi G., 1999. Distribution of introduced Japanese macroalgae *Undaria pinnatifida*, *Sargassum muticum* (Phaeophyta) and *Antithamnion pectinatum* (Rhodophyta) in the Lagoon of Venice. *Hydrobiologia* 385: 17-22.
- L'Avvisatore Marittimo, linee regolari dai porti italiani, supplemento al N. del 31 Marzo 2000, Grimaldi S. editore.
- MacIsaac H., 1996. Potential Abiotic and Biotic Impacts of Zebra Mussels on the inland waters of North America. *American Zoology*, 36: 287-299.
- Meinesz A. & Hesse B., 1991. Introduction et invasion de l'algue tropicale *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée nord-occidentale. *Oceanologica Acta*, 14: 415-426.
- Minchin D., 2000. Dispersal of zebra mussels. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 27: 1576-1579.
- Occhipinti Ambrogi A., 2000. Biotic invasions in a Mediterranean Lagoon. *Biological Invasions* 2: 165-176.
- Occhipinti Ambrogi A. 2002. Current status of aquatic introductions in Italy. In: E. Leppakoski, S. Olenin & S. Gollash (eds). *Invasive aquatic species of Europe: distributions, impacts and management*. Monographiae Biologicae Kluwer Scientific Publishers (in press).
- Pavoni B., Sfriso A., Donazzolo R. & Orio A.A. 1990. Influence of waste waters from the city of Venice and the hinterland on the eutrophication of the lagoon. *The Science of the Total Environment*, 96: 235-252.
- Sacchi C.F., Occhipinti Ambrogi A. & Sconfietti R., 1990. Les lagunes nord-adriatiques: un environnement conservateur ouvert aux nouveautés. *Bulletin de la Société Zoologique de France*, 114: 48-60.
- Vaas K.F. 1975. Immigrants among the animals of the Delta-area of the SW. Netherlands. *Hydrobiological Bulletin*, 9: 114-119.
- Wolff W.J. 1999. Exotic invaders of the meso-oligohaline zone of estuaries in the Netherlands: why are there so many?. *Helgoländer Meeresunters*, 52: 393-400.