

# La biodiversità di ambienti acquatici lungo un ampio gradiente latitudinale in Europa: ruolo del trasporto a lunga distanza da parte degli uccelli migratori acquatici<sup>§</sup>

Marina Manca

CNR- ISE, Verbania Pallanza

§ Sintesi dei risultati ottenuti nell'ambito del Progetto Europeo LAKES (Long distance dispersal of Aquatic KEy Species, European Union Project ENV4-CT97-0585). Responsabile scientifico per l'Italia: Marina Manca.

Il principale obiettivo del progetto LAKES era quello di determinare la relazione tra la migrazione degli uccelli acquatici e la diversità di piante acquatiche e organismi zooplanctonici, principalmente cladoceri. I semi delle piante acquatiche e gli stadi di resistenza dei cladoceri possono infatti essere veicolati da vettori quali uccelli migratori e pesci. Poiché uno degli effetti dei cambiamenti climatici consiste in una modificazione delle rotte migratorie dell'avifauna acquatica, il Progetto intendeva indagare le possibili ripercussioni di tale effetto sulla diversità e la ricchezza in specie e genotipi di ambienti acquatici. Sono state valutate la diversità e la ricchezza in specie delle comunità a cladoceri e di quella a macrofite, nonché la diversità genetica di *Potamogeton pectinatus* e *Daphnia gr. hyalina galeata*, usati come specie chiave. Esperimenti di laboratorio hanno consentito di stimare le possibilità di trasporto e sopravvivenza dei propaguli per mezzo di migratori acquatici; infine, esperimenti di trapianto reciproco hanno consentito di valutare il successo dell'insediamento di propaguli in aree diverse da quelle d'origine.

I siti oggetto dell'indagine erano ambienti acquatici compresi entro alcuni importanti bacini fluviali di diversi stati europei (circa trenta per ognuno dei sei stati, frutto di una selezione casuale tra tutti quelli presenti), che coprivano un ampio gradiente latitudinale, dalla Russia alla Spagna meridionale (I, GB, NL, E, R, N). Per l'Italia sono stati presi in esame 29 laghi compresi entro il Bacino del Fiume Po.

I risultati hanno messo in luce come la ricchezza in specie delle angiosperme acquatiche dipenda principalmente da due fattori: concentrazione di sali inorganici e stato trofico. Inoltre, essa ha mostrato la tendenza ad aumentare con il numero e la somma cumulata delle aree dei laghi circostanti, valutati nel raggio di 10 e 20 km. Anche la ricchezza in specie di cladoceri di un corpo idrico è risultata legata alla qualità dell'acqua, nonché alle dimensioni e alla ricchezza in specie degli ambienti acquatici circostanti. La dispersione ad opera di migratori è risultata un fattore importante per la ricchezza in specie a livello regionale, vale a dire all'interno di ogni regione campionata.

Relativamente alla capacità di

trasporto di propaguli, sia all'interno (nell'apparato digerente), che all'esterno (sulle penne), di uccelli acquatici migratori, i risultati dell'attività di campo hanno dimostrato un significativo recupero di semi e uova durature germinabili sia dalle feci che dalle penne e dagli arti. Esperimenti di *feeding* hanno inoltre dimostrato come la maggior parte dei semi e delle uova durature di organismi acquatici resistano al passaggio attraverso il tubo digerente degli uccelli e siano successivamente in grado di germinare e schiudersi. Ciò è stato visto per tutti i semi degli organismi sottoposti ad esperimento, vale a dire *Potamogeton pectinatus* e *Ruppia maritima*, nonché per le alofite *Scirpus maritimus*, *S. litoralis* e *S. lacustris* e per le uova durature degli invertebrati acquatici *Artemia salina*, *Cristatella mucedo* e *Bythotrephes longimanus*. Si è visto che le uova durature di quest'ultimo -un cladocero predatore noto in letteratura per aver invaso laghi nordamericani, del Canada e dell'Olanda, causandovi importanti modificazioni delle reti trofiche- possono resistere al passaggio attraverso il tubo digerente di diverse specie di anatre e schiudersi con una frequenza che, per

quanto bassa, potrebbe essere comunque sufficiente a consentire la dispersione della specie. È il primo stadio delle uova (ve ne sono quattro) a sopravvivere e schiudersi in proporzioni maggiori; esso è anche lo stadio con un tempo di ritenzione massima più elevato, il che significa che le uova in questo stadio di sviluppo possono essere disperse con maggiore probabilità di successo rispetto alle altre uova più mature.

La possibilità di dispersione dipende, oltre che dalle caratteristiche morfologiche dei propaguli, anche dalla specie che opera la dispersione. Sia la velocità di passaggio attraverso il tubo digerente che il successivo recupero dei semi di *Potamogeton pectinatus*, la specie di angiosperma acquatica utilizzata per questo studio, variano in funzione della specie di anatidi.

Dai risultati ottenuti è stato inoltre possibile ipotizzare che il digiuno premigratorio possa incrementare le potenzialità della dispersione a lunga distanza dei propaguli, poiché risulta accresciuto il numero di semi a ritenzione lunga. Sulla base della stima delle velocità medie di volo delle anatre si è concluso che la dispersione dello zooplankton e dei semi può verosimilmente avvenire entro poche centinaia di chilometri, ma che non possono essere esclusi anche eventi di dispersione su ampie distanze (dell'ordine delle migliaia di chilometri). Le differenze spaziali e temporali nel trasporto dei propaguli sembrano anch'esse sostanzialmente legate alla specie di uccello migratore. Contrariamente a quanto ritenuto finora, la dispersione interna non è risultata ristretta al periodo autunnale, ma si è visto che può aver luogo anche durante l'inverno.

Il programma prevedeva la realizzazione di esperimenti di trapianto reciproco: propaguli di *Potamogeton* sono stati fatti crescere in siti diversi da quelli di provenienza. Scopo di questi esperimenti era quello di analizzare, nei diversi genotipi rinvenuti lungo un gradiente latitudinale, la risposta al trapianto in località differenti da quelle originarie. I risultati appaiono decisamente interessanti: in tutti i cloni saggiati, indipendentemente dalla regione e dalla popolazione di provenienza, biomassa e produzione di tuberi sono risultate aumentare al decrescere della latitudine. Questo significa che piante che pure sono più abbondanti nell'Europa Centrale, quali ad esempio il finocchio palustre, hanno un rendimento potenziale della biomassa maggiore a Sud. La produzione di tuberi è risultata massima per i cloni dell'Europa Centrale, vale a dire per quelli che crescono in regioni temperate, indipendentemente dal sito sperimentale nel quale i cloni venivano fatti crescere.

I risultati sembrano deporre a favore della teoria secondo la quale popolazioni in ambiti marginali presentano fitness più bassa a causa di processi genetici, quali accoppiamento e deriva genetica. I cloni subartici e temperati sono risultati in grado di crescere in tutti i siti sperimentali, mentre quelli spagnoli o marocchini non sono stati capaci di riprodursi nelle regioni temperate e subartiche dell'Europa. Pertanto, i risultati ottenuti dal Progetto LAKES suggeriscono che l'adattamento locale molto probabilmente limita la migrazione a lunga distanza tra l'Europa Centrale e Settentrionale e la regione mediterranea. Anche qualora i semi venissero trasportati attraverso queste regioni, la limitata capacità dei cloni mediterranei di stabilirsi con successo dalle regioni temperate a quel-

le subartiche dell'Europa risulterebbe in una asimmetria dei tassi migratori (che sarebbero maggiori da nord a sud piuttosto che viceversa).

Studi genetici a livello di popolazione hanno permesso inoltre di rilevare la presenza di linee clonali attraverso areali molto grandi, fatto che supporta l'ipotesi di un trasporto a lunga distanza mediato dagli uccelli migratori. Tuttavia, studi sulle piante acquatiche hanno dimostrato come le popolazioni all'interno di una singola regione possano essere significativamente differenti tra loro dal punto di vista genetico. Ciò è apparentemente in disaccordo con il luogo comune secondo il quale "gli animali, ed in particolare gli uccelli acquatici, sono senza dubbio gli agenti principali della dispersione a breve raggio". Con tutta probabilità, siamo ancora piuttosto ignoranti nei confronti dei meccanismi di trasporto da parte dell'avifauna, ed in particolare di quel che comportano fattori quali distanza, direzione e frequenza, e ciò rende difficile la stima delle conseguenze genetiche sulle piante e sugli invertebrati coinvolti nel processo.

Se gli uccelli migratori hanno un'influenza sul flusso genico, allora noi dovremmo attenderci una distribuzione dei genotipi coerente con quella delle traiettorie di volo. Dovremmo anche attenderci livelli più bassi di differenziamento nelle popolazioni di aree ad elevato numero di migratori acquatici rispetto a quelli di aree a bassa presenza. Le stime previsionali, ottenute applicando ai dati ottenuti nell'ambito del progetto un modello di diffusione genica, indicano che la dispersione di organismi acquatici dipenderà dalla specie di uccello migratore. La diffusione genica sarà inoltre determinata dalla distribu-

zione dei corpi d'acqua lungo le traiettorie di volo dell'Europa, le quali influiscono sull'importanza relativa delle diverse specie di migratori acquatici. Tali previsioni sono supportate dagli esperimenti sulla capacità di trasporto da parte di differenti specie di uccelli acquatici, i cui risultati suggeriscono che l'identità della specie responsabile della dispersione ha effetti altrettanto importanti sulla probabilità ed il successo della dispersione dei propaguli, di quelli dovuti alle caratteristiche morfologiche dei propaguli stessi.

Entrambi gli approcci suggeriscono che la dispersione dello zooplankton e dei semi avviene con maggiore probabilità entro il raggio di centinaia di chilometri, ma che è possibile anche quella lungo le migliaia di chilometri, sia pure a basse probabilità.

La simulazione della potenziale diffusione di alleli mediata dagli uccelli, ad esempio dall'Olanda alla Norvegia, prevede che la diffusione dei geni seguirà un pattern geografico relazionato alla distribuzione dei punti di stop lungo la principale rotta migratoria degli anatidi.

L'analisi molecolare dei campioni di *Potamogeton pectinatus* in Europa ha dimostrato che la correlazione tra distanze geografiche e distanze genetiche su scala europea è ridotta rispetto a quella su scala regionale e locale. Tale ridu-

zione è causata dalla stretta relazione genetica delle popolazioni della Spagna con quelle della Scandinavia, indicata non solamente dai dati ottenuti mediante l'uso di marcatori ISSR (Inter Simple Sequence Repeat), ma anche dalla variazione degli aplotipi cloroplastidici. I risultati dimostrano una buona correlazione sia dei marcatori nucleari sia di quelli citoplasmatici, con una migrazione lungo una rotta NE-SO. Tali dati danno una prima evidenza di un possibile ruolo della dispersione mediata dall'avifauna acquatica sulla struttura su vasta scala del pool genico delle piante palustri.

Per quanto riguarda *Daphnia* non è stato possibile evidenziare una correlazione significativa tra distanze genetiche e distanze geografiche su una scala europea ampia; tuttavia, la distribuzione di alcuni aplotipi ha mostrato una qualche correlazione con le rotte migratorie dell'avifauna acquatica.

Nel loro complesso, i risultati suggeriscono che i migratori acquatici sono stati un mezzo per l'imposizione di una significativa struttura genetica al pool genico sia di *Daphnia* sia di *Potamogeton* su scala regionale. In sostanza, il traffico di migratori acquatici può avere un ruolo minore, ma importante, sulle popolazioni già stanziate. Esso rappresenta dunque un mezzo attraverso il quale può esse-

re mantenuta un'effettiva struttura di metapopolazione, che garantisce la ricolonizzazione dei siti nei quali di volta in volta alcune specie possono andare incontro ad estinzione. La dimostrazione di un isolamento dovuto alla distanza su scala locale e regionale, almeno per quanto attiene *Potamogeton pectinatus*, suggerisce che stagni e ambienti invasati di fresco sono con tutta probabilità maggiormente colonizzabili da riserve di specie vicine, fatto che tampona l'areale da genotipi alieni. Le evidenze ottenute per il Baltico, se generalizzabili, sembrano inoltre suggerire che il traffico di migratori acquatici, pur non impedendo il differenziamento tra popolazioni vicine, può servire a ridurlo.

Il modello generale di dispersione e flusso genico in organismi acquatici, ottenuto nell'ambito del Progetto LAKES dimostra che le variazioni nelle rotte migratorie degli uccelli, causate da disturbi sia naturali che antropogenici, dovrebbero risultare in alcuni cambiamenti immediati nella ricchezza in specie e nella composizione genotipica degli habitat acquatici. È difficile prevedere conseguenze a più lungo termine, ma le aree che sono caratterizzate da forti fluttuazioni ambientali e che dipendono dalla ricolonizzazione potrebbero mostrare un declino nella diversità in specie e in quella genetica.