

DIDATTICA

|PRINCIPI DI ECOLOGIA|

L'Ecologia (**oikos**: **casa**, luogo in cui si vive; **logos**: **discorso**) si configura come la disciplina scientifica che si interessa della struttura e del funzionamento della natura, cioè dei rapporti tra i viventi e le condizioni ambientali che li circondano. In particolare, l'Ecologia si occupa delle interazioni tra i livelli di organizzazione della materia rappresentati da:

- **Organismi**: con il termine organismo si intende una qualsiasi forma di vita. Ogni organismo può essere classificato in specie, costituite da gruppi di individui simili nell'aspetto, nel comportamento e nella struttura genetica.
- **Popolazioni**: un gruppo di individui della stessa specie che occupa una data area nello stesso periodo di tempo (es. tutte le querce di una stessa specie che si trovano in una foresta, tutte le rane di uno stagno, ecc.).

Il luogo in cui una popolazione (o singolo organismo) vive, normalmente viene definito **habitat**. Le popolazioni di tutte le diverse specie che occupano un determinato luogo costituiscono una **comunità** (o comunità biologica).

- **Ecosistemi**: comunità di specie differenti che interagiscono fra di loro e con il loro ambiente non vivente;
- **Biosfera**: costituita dall'insieme di tutti gli ecosistemi della Terra.

|ECOSISTEMI E LORO FUNZIONAMENTO|

La Biosfera e i suoi ecosistemi possono essere studiati analizzandone i componenti viventi (o biotici) e i componenti non viventi (o abiotici) come l'acqua, l'aria, le sostanze nutritive, l'energia solare, necessari a sostenere la vita.

Gli organismi viventi degli ecosistemi sono solitamente suddivisi in **produttori e consumatori**, sulla base di come ottengono il cibo per la loro sopravvivenza. I produttori, chiamati anche autotrofi (che si nutrono da soli), possono sintetizzare le sostanze di cui hanno bisogno per sopravvivere, a partire da sostanze inorganiche che riescono a trovare nel loro ambiente.

Negli ecosistemi terrestri i produttori sono principalmente costituiti dalle piante verdi mentre negli ecosistemi acquatici da batteri e piccole alghe che formano il **fitoplancton** e vengono trascinati dalla corrente.

La maggior parte dei produttori usano la luce solare per produrre dei composti complessi (come gli zuccheri) a partire da composti semplici come anidride carbonica ed acqua, attraverso il processo conosciuto con il nome di **fotosintesi clorofilliana**.

Esclusi i produttori, tutti gli altri organismi negli ecosistemi sono consumatori (o eterotrofi = si nutrono di altri) e si procurano le sostanze per la loro sopravvivenza dai tessuti dei produttori o da altri consumatori. Le fonti da cui viene ottenuto il cibo, permettono di suddividere i consumatori in diverse classi:

- **Erbivori**: si cibano direttamente di vegetali.
Sono chiamati anche consumatori primari perché si nutrono direttamente dei produttori.
- **Carnivori**: si cibano di altri consumatori (quindi di carne). Si possono distinguere consumatori secondari e terziari.

- **Onnivori:** si cibano sia di vegetali che di animali (es. uomo, maiali, ecc.).
- **Decompositori:** vivono utilizzando parti di organismi morti, rifiuti, scarti di organismi viventi, trasformando le sostanze organiche complesse in sostanze semplici come anidride carbonica ed acqua che potranno essere utilizzate nuovamente dai produttori.
In realtà la decomposizione, intesa come sinonimo di mineralizzazione, è attuata da ogni essere vivente. Purtroppo il padre dell'ecologia moderna Odum ha introdotto il termine decompositori come qui sopra definito e nonostante l'autocritica dell'autore stesso è rimasto in uso.

La sopravvivenza di qualsiasi organismo dipende dai materiali che circolano e dall'energia che fluisce all'interno degli ecosistemi.

In pratica, tutti gli organismi, morti o viventi, sono fonti potenziali di cibo per altri esseri viventi.

Il trasferimento di energia da un organismo all'altro dell'ecosistema attraverso questo legame determinato dal cibo è espresso da quella che viene chiamata "**catena alimentare**".

Quando in un ecosistema gli organismi risultano avere attività o esigenze in comune, essi possono in qualche modo interagire tra loro.

I principali tipi di interazione sono:

la **competizione** (utilizzo di stesse risorse, limitate, per sopravvivere),

la **predazione** (una specie è preda di un'altra chiamata predatore),

il **parassitismo** (un parassita utilizza un altro organismo per la propria sopravvivenza),

il **mutualismo** (entrambe le specie coinvolte traggono vantaggio) ed

il **commensalismo** (una specie trae vantaggio mentre l'altra non ha né vantaggi né svantaggi da questa relazione).

Un aspetto importante che caratterizza gli ecosistemi è che:

la struttura e il funzionamento delle specie è in continuo cambiamento.

Questo processo viene chiamato "**successione ecologica**" e costituisce un processo naturale, determinato dal continuo adattamento delle specie tra di loro e con l'ambiente in cui sono inserite (legato alla disponibilità di luce, acqua, cibo, di tutte quelle risorse necessarie per la sopravvivenza degli individui).

|PRINCIPI FONDAMENTALI|

1. Unicità degli individui

Ogni individuo di una popolazione a riproduzione sessuale è unico perchè è unico il suo patrimonio genetico.

Una popolazione è composta da differenti classi di età e di sesso, e la variazione genetica avviene in ogni classe.

Le piante con sistemi di crescita aperto spesso hanno sostanziale variabilità intra-individuale che è importante per i loro consumatori. A causa della variabilità genetica, le pratiche gestionali possono creare pressioni selettive in grado d'indurre cambiamenti genotipici e fenotipici in popolazioni tali da far talvolta venir meno gli stessi obiettivi della pratica manageriale.

2. Esistenza di specie-chiave

Sono quelle che esercitano influenze sugli altri membri della loro comunità non proporzionale alla loro abbondanza. Queste specie possono avere diversi ruoli nelle comunità. Per esempio, le piante dominanti sono i maggiori fotosintetizzatori della comunità e formano, al contempo, la struttura fisica nella quale avvengono molte interazioni.

I predatori-chiave si nutrono preferenzialmente di prede che potrebbero essere dominanti competitivi in assenza di predazione. Predatori-chiave sono stati generalmente identificati tra predatori di prede sessili (piante e invertebrati marini sessili, cioè che vivono attaccati al fondo) che competono per lo spazio.

Mutualisti-chiave: sono essenziali per la sopravvivenza di altri membri della loro comunità, anche se il quantitativo di risorse che essi usano è talvolta piccolo. Esempi ben noti sono gli insetti impollinatori e i frugiferi, formiche che controllano e proteggono le piante, microrganismi associati con piante vascolari (es. azotofissatori). Poiché i cambiamenti nella popolazione di specie chiave possono influenzare drasticamente la dinamica della comunità, è necessario controllare che le relazioni non vengano alterate.

Personalmente ritengo più "ecologico" parlare di "relazioni-chiave" per definire quei rapporti che determinano più di altri il funzionamento e la struttura di un dato ecosistema.

3. Esistenza di relazioni complesse

La rete di relazioni che lega gli organismi tra di loro e con il loro ambiente abiotico determina:

L'indeterminatezza dell'evoluzione dei sistemi ecologici: la teoria ecologica è stata sviluppata da sistemi relativamente semplici, con un numero relativamente limitato di unità interagenti. I più significativi successi predittivi in campo ecologico si sono avuti nei casi dove erano implicate solamente una o due specie. Questa è la ragione per cui, per esempio, la gestione della selvaggina e delle popolazioni di pesci, attraverso il controllo della caccia e della pesca abbia avuto spesso successo. Predire il risultato delle interazioni tra molte specie è molto più difficile. Per questo motivo la soluzione di molti problemi ambientali presenta considerevole incertezza.

L'amplificazione biologica: gli organismi sono uniti da reti alimentari (link con parte sulle catene alimentari!), così che materiali assunti, dalla preda possono essere concentrati nel loro predatore. Passaggi di sostanze attraverso molteplici livelli trofici in una comunità possono determinare concentrazioni di centinaia di volte di quelle inizialmente presenti nell'ambiente fisico-chimico. (DDT, insegna!). In effetti, l'amplificazione biologica avviene quando: le sostanze hanno persistenza ambientale molto lunga, quando non esercitano effetti tossici sugli anelli intermedi (perché vengono accumulati in strutture non funzionali come ad es. i grassi nel caso del DDT), quando non esistono meccanismi di espulsione dagli organismi, quando non esistono enzimi in grado di demolirle. E' evidente che, quanto più lunga e complessa è la rete alimentare, tanto più probabile è che un anello della catena risulti più sensibile degli altri alla presenza della sostanza. (Nel caso del DDT uno degli anelli deboli è stato il sistema di formazione del guscio delle uova degli uccelli).

L'esistenza di limiti di stabilità dei sistemi ecologici: i concetti di stabilità (come capacità di un sistema di mantenere il proprio equilibrio) e di resilienza (la velocità con la quale il sistema recupera le condizioni iniziali dopo un effetto esterno) possono essere oggetto di approfondimento e di dibattito. Da un punto di vista gestionale, diventa indispensabile conoscere entro quali limiti i cambiamenti apportati al sistema vengono "assorbiti" dal comparto biologico dello stesso sistema.

4. Ruolo della densità

Poiché gli ambienti sono limitati e le risorse possono non essere rinnovate con la stessa velocità con la quale vengono utilizzate, **il successo degli individui spesso dipende dal numero di individui della stessa e delle altre specie nel loro ambiente.** In genere l'aumento di individui della stessa specie, dei predatori e dei parassiti sono elementi che "peggiorano" le condizioni in termini individuali.

Quando le densità di queste classi diminuiscono, le condizioni per l'individuo tendono a migliorare.

Tuttavia, elevate densità di popolazioni in molte aree possono compensare rimozioni di individui ad opera di una perturbazione mediante ricolonizzazioni. Densità molto basse possono influenzare la probabilità di trovare partner sessuali, facendo così diminuire la diversità genetica di una popolazione ed aumentare conseguentemente la probabilità di estinzione della stessa.

Spesso gli effetti dovuti a fenomeni dipendenti dalla densità possono essere mascherati da quelli indipendenti dalla densità.

5. I rischi derivanti dalla frammentazione della popolazione

Le attività umane spesso riducono grandi spazi in piccoli tasselli circondati a territori destinati ad altri usi.

La frammentazione degli habitats riduce le possibilità di movimento degli individui e può quindi produrre effetti inattesi. Da un punto di vista gestionale, diventa indispensabile prevedere dei "corridoi" di habitat idonei, tali da permettere il movimento degli animali tra i vari appezzamenti. Ignorare l'ambiente più ampio ed eterogeneo nel quale si trovano le popolazioni locali, può portare a risultati gestionali errati.

6. Limiti dell'uso di variabili aggregate

Gli ecologi ed altri specialisti usano variabili aggregate in vario modo. In genere, le entità sono raggruppate sulla base di caratteristiche condivise. Queste possono sussistere per origini comuni (es. sistema nervoso di tutti i vertebrati) o per adattamenti indipendenti (es. "gli erbivori") I dati aggregati possono anche essere basati su alcuni processi o prodotti (come produttività o biomassa), che sono ritenuti di interesse teorico o applicativo.

L'analisi di sistemi complessi richiede l'uso di variabili aggregate che consentano di cogliere l'essenza del processo. Ma è nella natura delle variabili aggregate il fatto che perdano una quota di informazione: importante è che l'informazione persa non sia quella essenziale. Una esigenza rilevante nell'uso dell'informazione ecologica per aiutare alla soluzione dei problemi ambientali è quella di delineare le variabili aggregate, le loro proprietà e ciò che viene acquisito e perso in caso di loro impiego (costi/benefici del loro utilizzo).

7. La dimensione spazio-temporale dei processi ecologici

I processi e i prodotti nei sistemi ecologici sono fortemente influenzati dalle differenze di scala.

I grandi laghi non sono semplicemente piccoli laghi ingranditi, una grande foresta non è la semplice sommatoria di piccoli boschi. I piccoli ambienti hanno più margine in rapporto alla loro area di quanto non abbiano grandi ambienti omogenei. Questo causa problemi di dispersione per gli organismi che li abitano, tanto è vero che essi hanno tassi elevati di estinzione locale. Organismi di grossa mole richiedono grande disponibilità di ambiente idoneo, più grande di fatto dei maggiori parchi e riserve. Il successo nel raggiungere alcuni obiettivi locali può dipendere da processi che causano effetti a livello regionale opposti a quelli desiderati.

Alcune popolazioni sono mantenute da elevati tassi di riproduzione in una piccola frazione dell'area da loro occupata; la popolazione nel resto dell'area dipende dal costante di migrazione dal sito con tassi riproduttivi elevati. I cambiamenti evolutivi possono riguardare sia gli organismi sia i risultati delle loro interazioni: i cambiamenti possono essere tali da divenire importanti per la soluzione dei problemi ambientali.

In ogni caso **un ecosistema è una realtà in equilibrio dinamico nel quale avvengono continui riequilibri** tra le sue componenti. L'impossibilità di prevedere l'evoluzione dei sistemi deve far riflettere sull'impossibilità/incapacità di prevedere quelle che potranno essere le relazioni tra le parti.

In termini esemplificativi: un fango di depurazione che non presenta fitotossicità potrebbe manifestare effetto sui vegetali in seguito a modifiche del PH e alla mobilitazione dei metalli pesanti in esso contenuti. I processi selettivi richiedono tempo affinché i caratteri

vantaggiosi si diffondano nella popolazione: esempio gli insetti resistenti agli insetticidi.

8. Le proprietà emergenti

È possibile osservare come ogni struttura biologica è composta da strutture di dimensioni minori. Ad esempio un individuo è un insieme di organi, ogni organo è un insieme di tessuti ecc. A parte l'aspetto dimensionale, ciò che si evidenzia è che ogni livello organizzativo presenta caratteristiche che non sono la semplice sommatoria delle caratteristiche dei suoi elementi costitutivi. Un individuo non è solo la somma delle caratteristiche di un fegato, di due polmoni ecc. Ad ogni livello quindi compaiono nuove caratteristiche, non attese, sulla base dei suoi elementi costitutivi. Ciò avviene anche in ecologia. Una popolazione è un insieme di individui, ma le caratteristiche della popolazione sono in parte diverse da quelle dei suoi elementi costitutivi (gli individui).

Banalmente: la morte è un'esperienza dell'individuo non della specie.

ESISTE UN MODELLO ECOLOGICO PER AFFRONTARE I PROBLEMI AMBIENTALI?

E' quello di attuare le scelte corrette ed identificare gli elementi critici prima della realizzazione dell'opera.

I problemi sorgono nel momento in cui si vuole modificare una realtà già alterata. Probabilmente non esiste una ricetta miracolosa che consenta questa "**prevenzione dei problemi**"; tuttavia, alcune scelte potrebbero sicuramente ridurre la probabilità di danni o, in ogni caso, permetterebbero di contenerli. Con ciò non si intende far riferimento alle procedure standardizzate o meno delle **Valutazioni di Impatto Ambientale** imposte per legge, ma ad una maturata sensibilità che dovrebbe caratterizzare chi è chiamato a gestire il territorio e che dovrebbe fondarsi su **alcuni elementi essenziali, tra i quali:**

1. dare impostazione scientifica al progetto;
2. considerare il progetto come esperimento;
3. rendere pubbliche le informazioni;
4. definire i limiti del progetto;
5. utilizzare informazioni storico-naturalistiche;
6. porre attenzione alle interazioni;
7. pensare a possibili effetti cumulativi;
8. pianificare l'eterogeneità spazio-temporale;
9. pensare in modo probabilistico riconoscendo il margine di incertezza delle scelte.

Può essere pertanto utile chiedersi quali possono essere le conoscenze ecologiche che entrano in gioco relativamente allo studio di casi ambientali e perché è necessario raccoglierle. Di seguito verranno illustrate e discusse sinteticamente alcune di queste.

|IL COMPORTAMENTO|

I processi biologici degli animali sono collegati al comportamento individuale nella ricerca del cibo, nella scelta dell'habitat e del coniuge, nell'evitare i predatori e nell'interazione sociale.

Alcuni comportamenti possono essere predetti dalle condizioni generali dell'ambiente e dalle specie prese in esame, ma in molti casi sono necessarie conoscenze specifiche sul modo con il quale vengono attuate le decisioni comportamentali.

È importante comprendere come, anche all'interno della stessa popolazione, possano coesistere comportamenti diversi tra gli individui. Se questi comportamenti non sono conosciuti, il controllo della popolazione può risultare inefficace (vedi il caso della malaria).

La selezione dell'habitat

Gli individui di una specie preferiscono concentrarsi (preferiscono) in ambienti nei quali la loro sopravvivenza e riproduzione sono maggiori. Le risposte agli habitat sono tuttavia influenzate non solo dalle caratteristiche dell'ambiente, ma anche dalla presenza o dall'assenza di individui della stessa specie. Individui eventualmente già presenti consentono il trasferimento di "informazioni" e quindi di comportamenti già collaudati ma, al contempo, possono modificare l'ambiente per le generazioni future.

In molte specie i giovani devono imparare da individui più vecchi la localizzazione dei siti utilizzabili e anche una sola, apparente piccola modifica in un habitat può produrre il "rigetto" da parte degli stessi individui (vedi il caso del gufo macchiato).

I tentativi di trovare predatori naturali, che possano fungere da agenti di controllo di un organismo infestante (agricoltura e /o foreste), solitamente richiedono ricerche in aree con climi simili a quello dell'area dove dovrebbe essere introdotto l'agente di controllo. Particolare attenzione deve essere posta al clima piuttosto che alle interazioni biologiche perchè in questi casi si sa con certezza che la fonte di cibo richiesta (l'organismo infestante) esiste nell'area dove sarà introdotto il predatore e perchè l'esperienza ha mostrato che i predatori (e i parassiti) di una singola specie generalmente cambiano al variare di quest'ultima.

Il sistema riproduttivo

Esiste un'ampia varietà di sistemi riproduttivi: da quello in cui le cellule sessuali vengono emesse nell'ambiente esterno (acqua) e qui avviene la fertilizzazione a quello dove adulti sessualmente maturi cercano il partner entro un pool di organismi disponibili e per un certo periodo curano insieme la prole. **In molte specie la selezione del partner è associata a quella dell'habitat di accoppiamento**, dato che il ciclo riproduttivo necessita di risorse che devono essere presenti in questo habitat.

Sistemi che utilizzano la liberazione nell'ambiente di maschi sterili, al fine di controllare insetti infestanti, risultano essere funzionali in presenza di comportamenti sessuali opportuni. Là dove non si formano coppie stabili (come appunto tra gli insetti) ma il primo maschio blocca il tratto riproduttivo della femmina con una sorta di "tappo" (che impedisce l'accoppiamento con altri maschi), è evidente che l'efficacia del metodo di controllo dipenderà solamente dal numero di maschi sterili che si riescono a liberare nell'ambiente, in relazione al numero di maschi fertili presenti.

Le interazioni sociali

Un esempio molto evidente dell'utilità che può derivare dall'osservazione delle interazioni sociali per la gestione delle popolazioni è rappresentato dallo spulciamento (grooming) tra i pipistrelli, utilizzato per diffondere un tossico (anticoagulante) nel gruppo di individui mediante la cattura e il rilascio di un individuo cosparso di questa sostanza tossica.