



ECOLOGIA



WIKIBOOKS
Libri liberi per un mondo aperto

ECOLOGIA

it.wikibooks.org
2023

Questo testo proviene dal sito
<https://it.wikibooks.org/wiki/Ecologia>

La versione originale del testo si trovava su WikiToLearn. Una copia è disponibile su
<https://web.archive.org/web/20200919205922/https://it.wikitolearn.org/Corso:Ecologia>

Autori principali:
Cricchio14 e altri utenti di WikiToLearn

Questo libro è aggiornato al
5 novembre 2023

In copertina:
Cascata Grenjengan Kembar, Indonesia. *Autore:* Petrusarif; *licenza:* CC BY-SA 4.0; *fonte:*
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:
Grenjengan_Kembar_waterfall_in_Magelang_Regency,_Indonesia.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Grenjengan_Kembar_waterfall_in_Magelang_Regency,_Indonesia.jpg)

Wikibooks non dà garanzie sulla validità dei suoi contenuti. Per i dettagli vedi:
https://it.wikibooks.org/wiki/Wikibooks:General_disclaimer

Quest'opera è distribuita con licenza **Creative Commons Attribuzione - Condividi allo stesso modo 4.0 Internazionale**. Per leggere una copia della licenza visita il sito: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.it>



Indice

1	Introduzione	1
1.1	Introduzione all'ecologia	1
1.2	Forme di energia	1
1.3	Natura della radiazione solare	2
2	Flusso di energia	5
2.1	Flusso nel sistema terrestre	5
2.2	Flusso di energia e clima	5
2.3	Riflessione e rifrazione della luce	6
2.4	Flusso di energia nel comparto biologico	7
2.5	Efficienza biologica	8
3	Cicli biogeochimici	11
3.1	Pool di riserva e pool di scambio	11
3.2	Ciclo del carbonio	11
3.3	Ciclo del fosforo	12
3.4	Ciclo dell'azoto	12
3.5	Ciclo dell'acqua	13
4	Materia vivente	15
4.1	Habitat e nicchia ecologica	15
5	Ecologia delle popolazioni	17
5.1	Popolazione	17
5.2	Accrescimento esponenziale (popolazione r-stratega)	18
5.3	Accrescimento logistico (popolazione K-stratega)	19
5.4	Natalità e mortalità	20
5.5	Strategie di sopravvivenza	20
6	Comunità e popolazioni	23
6.1	Struttura della comunità	23
6.2	Biogeografia delle isole	24
6.3	Proprietà funzionali nelle comunità	24
6.4	Eterogeneità	26
6.5	Metodi di descrizione quantitativa delle comunità biologiche	27

6.6	Fattori che riducono l'eterogeneità biologica	28
7	Ecosistemi e biomi	29
7.1	Gli ecosistemi	29
7.2	Ecosistemi acquatici e fluviali	29
7.3	I biomi	30
	Crediti	33
	Fonti dei testi	33
	Fonti delle immagini	33

Introduzione

1.1 Introduzione all'ecologia

L'ecologia cerca di comprendere la complessa organizzazione della materia vivente in rapporto alla realtà esterna; cerca cioè di capire come la materia vivente assume strutture complesse e si relaziona con quello che c'è all'esterno per certe finalità. L'ambiente esterno, per l'ecologo, significa due cose: **materia** ed **energia**. Prima di parlare quindi di organizzazione della materia vivente parleremo degli aspetti della materia e dell'energia che ci interessano. L'ecologia non è una materia che ha un *corpus* di conoscenze proprio, non ci sono aspetti propri dell'ecologo, bensì ci sono conoscenze che provengono da altre discipline e che vengono utilizzate per lo studio di sistemi complessi. L'ecologo sa utilizzare certe nozioni per prevedere e studiare ciò che succede. L'ecosistema è l'ultima organizzazione della materia vivente in relazione all'ambiente esterno, in cui la componente biologica interagisce con la materia e l'energia. Un sistema è un qualcosa che ha delle caratteristiche, composto da un sufficiente numero di elementi che sono in relazione tra loro e ogni funzione di ogni elemento è regolata.

1.2 Forme di energia

L'energia è la capacità di un corpo di svolgere un lavoro, facendo cambiare lo stato energetico di un sistema soggetto a tale lavoro. Crea una modifica sia nel bene che nel male. L'energia compie sempre un lavoro e se questo non è guidato può far accadere qualcosa di non voluto. Un esempio è l'energia nucleare. Esistono diverse forme di energia:

- energia cinetica: associata al moto;
- energia interna (calore): associata alla velocità degli atomi e delle molecole;
- energia potenziale: legata alla posizione nel sistema gravitazionale;
- energia elettromagnetica: veicolata dalla radiazione elettromagnetica (luce);
- energia chimica: contenuta nei legami molecolari.

L'unica energia che abbiamo a disposizione naturalmente è l'energia elettromagnetica data dal Sole.

1.3 Natura della radiazione solare

Lo zero assoluto si raggiunge a -273 gradi celsius ed è la temperatura più bassa presente nel sistema solare; questa corrisponde alla "morte termodinamica", in cui non avviene più alcun movimento molecolare e quindi non vi è energia. Tutti i corpi con temperatura superiore allo zero assoluto irradiano energia: questa è emessa come onde elettromagnetiche che viaggiano alla velocità della luce. Sono stati identificati diversi tipi di radiazione a seconda della loro lunghezza d'onda: raggi gamma, raggi X, ultravioletto, visibile, infrarosso e radio. Tale energia avrà anche una certa qualità e quantità. Per rappresentare questi due aspetti ci si avvale di uno specchio elettromagnetico dove in ascissa troviamo la lunghezza d'onda e in ordinata il flusso luminoso per unità di tempo.

La qualità rappresenta la lunghezza d'onda. Lunghezze d'onda corte avranno quindi una capacità molto elevata di compiere lavoro e quindi di far cambiare stato ad un sistema, si tratta infatti di onde pericolose. Più la lunghezza d'onda aumenta, più la capacità di compiere lavoro si riduce. La forma dello spettro invece dipende dalla temperatura. In ecologia ci si interessa principalmente delle bande dell'Ultravioletto, del visibile e dell'infrarosso.

Per capire meglio i prossimi argomenti bisognerà rinfrescare la memoria sulle due leggi della termodinamica.

- **Prima legge:** l'energia non può essere né creata né distrutta, ma solo trasformata da una forma all'altra.
- **Seconda legge:** ogni volta che l'energia si trasforma, ovvero ogni volta che compie un lavoro, una quota di questa energia viene persa sotto forma di calore.

Collegandoci a ciò che è detto nella seconda legge, possiamo dire che l'energia che viene persa ha una lunghezza d'onda lunga, e che quindi non la si può sfruttare per produrre calore poiché troppo dissipata: questo tipo di energia è chiamata **entropia**. Un sistema quando compie un lavoro trasforma l'energia e facendo questo produce calore; questo fa aumentare l'entropia di un sistema, ovvero il suo grado di disordine. Nell'universo il grado di entropia può solo aumentare.

La vita è riuscita a disaccoppiare i due processi, cioè a separare dal sistema vivente l'entropia; se così non fosse, ogni qual volta volessi mettere ordine, nell'atto stesso di farlo creerei continuamente disordine. Di conseguenza il calore viene dissipato (ad esempio, nel caso dell'uomo, tramite il sudore). Nel caso del legame chimico, quando una molecola rompe i suoi legami libera energia, ma per formare una molecola serve lavoro, quindi bisogna fare un processo inverso, generando energia. Spontaneamente il sistema però tende alla rottura e alla liberazione di energia, ossia al disordine; la messa in ordine di sistemi è un qualcosa che naturalmente non avviene.

Qualsiasi sistema è una condizione strana, improbabile, che si è formata grazie al fatto che è stato compiuto un lavoro. Quando non si è più in grado di compiere lavoro, l'energia contenuta nel sistema viene dissipata naturalmente. L'organismo vive quindi in uno stadio di equilibrio stazionario non naturale, mantenuto da continui processi metabolici che richiedono energia e producono lavoro. Tale equilibrio descrive le condizioni medie di un sistema nel tempo; esso viene misurato attraverso lo stato di un suo elemento o attributo durante uno specifico periodo di tempo.

Possiamo distinguere tra

- **equilibrio di stato stazionario:** rappresenta la condizione media di un sistema dove la traiettoria non viene modificata nel tempo;

- **equilibrio termodinamico:** descrive la condizione di un sistema nel quale l'energia tende a un massimo di entropia.

L'ecosistema è quindi una struttura dissipativa, lontano dall'equilibrio e caratterizzato da flusso e cambiamenti continui. È un sistema termodinamicamente aperto che scambia energia e materia con l'ambiente; a differenza dei sistemi chiusi, in cui si stabilisce uno stato di equilibrio statico, i sistemi aperti si mantengono in questo stato stazionario.

Flusso di energia

2.1 Flusso nel sistema terrestre

Lo spettro elettromagnetico solare ci consente di identificare la quantità e la qualità dell'energia, dove per qualità si intende la capacità di compiere lavoro rappresentata dalla lunghezza d'onda. Più corta è, maggiore è la capacità di compiere lavoro. Come detto precedentemente, in ecologia si prendono in considerazione tre diverse lunghezze d'onda: una bassa (ultravioletto), intermedia (luce visibile) e alta (infrarosso). All'esterno dell'atmosfera lo spettro solare è differente da quello ottenuto con la radiazione che colpisce la superficie terrestre. In particolare per quanto riguarda l'infrarosso, quando attraversa l'atmosfera abbassa di molto il suo valore, mentre le altre hanno meno variazioni.

L'**ultravioletto** è la radiazione a lunghezza d'onda più bassa, quindi la più abile a compiere lavoro. Esso compie un lavoro soprattutto sulla matrice biologica: ad esempio, riesce a far cambiare di stato le macromolecole come il DNA, quindi è potenzialmente pericoloso per la vita. L'**ossigeno** ha un ruolo fondamentale nel bloccare il flusso di energia proveniente dal Sole sotto forma di UV, infatti, una volta che la radiazione arriva nell'atmosfera viene assorbita dall'O₂, che si rompe a livello dei propri legami permettendo agli atomi di ossigeno di aggregarsi e formare O₃ (ozono); a sua volta, questo rompe i suoi legami e ricrea ossigeno. Questo passaggio si ripete in modo ciclico e così il sistema rimane inalterato. Tuttavia usa come energia l'ultravioletto, che compiendo del lavoro si degrada rilasciando nell'atmosfera dell'infrarosso (calore). Questo fenomeno forma l'**ozonofera**. Negli ultimi anni lo spessore di quest'ultima è diminuito per l'utilizzo di prodotti, come i clorofluorocarburi (CFC), in grado di rilasciare atomi di cloro nella stratosfera, che potevano distruggere l'ozono e così facendo creare buchi da cui l'UV poteva passare. Fortunatamente si è intervenuto in tempo tamponando il problema.

2.2 Flusso di energia e clima

La Terra ruota sul proprio asse, che però è inclinato rispetto alla perpendicolare al piano dell'eclittica. Se non fosse così, la Terra si rivolgerebbe al Sole sempre nella stessa direzione e quindi avremmo un equatore troppo caldo e dei poli troppo freddi. L'inclinazione dell'asse fa in modo che ogni tanto l'equatore sia altamente esposto alla radiazione solare aumentandone la temperatura. Quando cambia la stagione,

cambia anche la direzione con cui la Terra si rivolge al Sole, di conseguenza l'equatore è meno illuminato.

Il flusso di energia che entra ed esce gestisce la temperatura terrestre: sostanzialmente definisce quello che viene chiamato **clima**. In teoria il cambiamento nell'inclinazione non dovrebbe interessare molto l'equatore, infatti lì non ci sono stagioni e il clima è sempre lo stesso. Le variazioni delle ore diurne e notturne sono pressoché inesistenti, le variazioni termiche sono basse, ma aumentano più ci spostiamo dall'equatore.

Se l'equatore è interessato dall'ingresso di tanta energia elettromagnetica, questa energia verrà trasformata in infrarosso e andrà a scaldare quella zona. Così facendo anche l'aria presente verrà scaldata e tenderà a salire; quando sale porta con sé una quota di umidità, poiché è presente una minima quantità di vapore acqueo. Quando l'aria è calda può contenere più acqua rispetto a quando è fredda. Salendo, la temperatura diminuisce e quindi l'aria riuscirà a contenere meno acqua di quando era vicina alla superficie; quest'acqua quindi condensa e cade formando il fenomeno della **pioggia**. Per portare in alto l'acqua e farla scendere serve energia, che proviene dalla radiazione solare: l'aria assorbe l'energia la quale tende a salire, e arrivata a una certa altitudine forma la nuvola, formata da acqua condensata che poi, raggiunto un certo limite, cade e dà origine alle precipitazioni. L'aria calda dopo che diventa secca e fredda si sposta di latitudine (esattamente ai trentesimi di latitudine); lì si scalda e riassume acqua, formando ai lati di questa zona delle condizioni climatiche secche. In questo caso si parla di **cella di Hadley**.

Questo flusso di energia incomincia così a caratterizzare la distribuzione di energia ma soprattutto anche quella di acqua. La variazione di incidenza a livello dell'equatore non va ad influenzare la temperatura, ma va a spostare questa **zona di convergenza tropicale (ITCZ)** provocando quella che è la stagione delle piogge. Le sue oscillazioni latitudinali sono maggiori sulla terra rispetto alle regioni dove vi è il mare, a causa delle differenze di capacità termica. La terra e l'acqua hanno comportamenti diversi quando si tratta di trattenere o rilasciare energia termica acquisita con l'incidenza del visibile. Per fare un esempio, se prendiamo a confronto un mattone e una pentola d'acqua, il mattone ci impiegherà meno tempo a scaldarsi ma poco tempo a raffreddarsi; un comportamento completamente opposto avrà invece la pentola d'acqua.

Il risultato finale di questo meccanismo è la suddivisione in fasce climatiche dove il clima viene definito da variabili quali energia e materia, quindi temperatura e acqua. Dal momento che la Terra è tonda e presenta un'inclinazione dell'asse, uno si aspetta che le fasce climatiche siano molto regolari, visto che le condizioni climatiche variano solo se ci spostiamo da nord a sud e non da est a ovest. Il clima tuttavia viene influenzato anche dalla omogeneità delle terre.

2.3 Riflessione e rifrazione della luce

Circa il 71% della superficie terrestre è costituito da acqua, che forma una superficie trasparente. Quando il fotone di luce entra a contatto con questo strato d'acqua continua a muoversi al suo interno. La radiazione si dice **rifratta**, se il corpo con cui entra in contatto il fotone non è trasparente, esso ci batte contro e l'energia viene assorbita/riflessa dal corpo stesso. L'energia che viene **riflessa** ci consente di vedere gli oggetti e soprattutto i colori di questi oggetti: il colore infatti è determinato dalla lunghezza d'onda nel visibile che viene riemessa. L'erba, ad esempio, riflette

una lunghezza d'onda che nello spettro del visibile corrisponde al verde. L'energia elettromagnetica in uscita è spostata sulla banda del verde ed è per questo che noi la vediamo di quel colore. Se togliamo la luce togliamo anche i colori.

Quindi un corpo assorbe l'energia della luce che colpisce la superficie terrestre e viene rimessa con una lunghezza d'onda che viene interpretata dai nostri occhi con un colore in base al suo valore.

I colori chiari tendono a riflettere di più la luce, mentre quelli scuri tendono ad assorbire, riflettendo meno e scaldando di più. Questo fenomeno è analogo in acqua. Quando un fotone colpisce l'acqua continua il suo moto e va avanti fino a quando non batte contro qualcosa. Innanzitutto batte continuamente contro le molecole d'acqua e le mette in agitazione aumentandone la temperatura. Disciolti in acqua però ci sono altri componenti come i sali: battendo contro queste sostanze, il fotone perde energia. Se l'acqua è limpida il fotone riesce ad andare più in profondità rispetto a quando è torbida; a una certa profondità comunque i fotoni non arrivano, perché esauriscono la loro energia prima ancora di raggiungere il fondo.

L'energia irraggiata dal Sole, di cui una frazione sarà quella del visibile viene in parte rifratta da nuvole e vapore acqueo, invece parte di questa radiazione viene rimbalzata indietro mantenendo comunque la stessa lunghezza d'onda, questo fenomeno viene definito **albedo**.

La luce riflessa dipende dal grado di incidenza e dal colore dell'oggetto riflettente. La terra è tonda, quindi i raggi solari avranno raggi di incidenza diversi così come degli effetti diversi. Abbiamo così zone che riflettono più di altre. Se guardiamo il nostro sistema terrestre, notiamo una fascia verde all'equatore, che indica presenza di tanta vegetazione e tanta materia vivente, poiché è tanta l'energia non riflessa che arriva. La Terra infatti riceve il flusso di fotoni attraverso raggi paralleli, dato che il Sole è molto lontano. In certe zone l'angolo di incidenza è pressoché nullo, in altre aumenta. Se all'equatore i raggi arrivano perpendicolarmente, un quantitativo elevato di energia colpirà una zona tutto sommato limitata; ma se lo stesso livello di energia va a incidere in modo non perpendicolare su un territorio più ampio, verrà diffuso in un'area più grande: ci si allontanerà dall'equatore e ci saranno anche temperature più basse.

2.4 Flusso di energia nel comparto biologico

Il flusso di energia ha implicazioni anche sulla materia vivente, e in particolare per le strutture di questa materia in organismi e comunità. Un organismo è soggetto a un ingresso e perciò anche a un'uscita di energia. La biomassa dell'organismo, per mantenersi in uno stato lontano dall'equilibrio termodinamico, deve continuamente mettere in atto lavoro che è permesso grazie all'energia chimica derivante dal materiale organico. Quando l'organismo viene mangiato, una quota di energia dell'alimento viene assimilata, l'altra viene eliminata. Quanto viene assimilato o eliminato dipende dal tipo di alimento. L'energia assimilata posso utilizzarla in qualsiasi momento ed essa viene trasformata in energia termica e quindi deve essere portata verso l'esterno; quella non utilizzata costituirà la biomassa.

Quindi si ha una certa quantità di energia ingerita: quella assimilata, viene trasformata e costituisce quella che viene definita **produzione lorda**; una quota viene utilizzata e lascia il sistema mentre l'altra che costituisce la biomassa è la **produzione netta**.

PN (produzione netta) = PL (produzione lorda) - R (energia eliminata con respirazione)

La prima fonte di energia è in assoluto la luce solare, che viene assimilata da organismi particolari: gli organismi fotosintetici (**primo livello trofico**), che mettono in atto meccanismi che permettono di convertire l'energia elettromagnetica in energia di legame chimico. L'organismo fotosintetico ha un'uscita di energia che altri organismi non hanno. Per attuare la fotosintesi l'organismo deve esporsi alla luce del visibile; i fotoni cadono sui siti fotosinteticamente attivi, ma la maggior parte cade su tessuti senza questa capacità, quindi l'organismo si scalda e l'energia lascia questo organismo sotto forma di calore. La biomassa che si verrà a formare sarà assimilabile da altri individui come gli erbivori (**secondo livello trofico**): una quota verrà utilizzata mentre l'altra verrà persa e una parte messa a disposizione per l'organismo carnivoro (**terzo livello trofico**). Anche in quest'ultimo caso si ripete lo stesso andamento. Si crea quindi un flusso di energia che passa per diversi organismi. La maggior parte di questi individui muore di morte naturale, così da essere disponibile per la decomposizione, processo attuato da alcuni microrganismi.

Gli organismi non riescono ad assimilare il 100% di ciò che ingeriscono, come abbiamo visto, di conseguenza essi si organizzano secondo quella che prende il nome di **catena alimentare**. In questa organizzazione circa il 90% dell'energia viene perso passando da un livello trofico a quello successivo. Questo tipo di catena non sarebbe però sostenibile se venisse a mancare anche un solo anello.

A ogni livello trofico ci sono diverse unità tassonomiche che utilizzano la stessa risorsa, ossia esistono degli equivalenti biologici, come piante di diverso tipo o predatori di diverso tipo; la catena in questo caso assume una forma di rete alimentare, nella quale a ogni livello vengono a posizionarsi forme tassonomiche diverse ma funzionalmente simili. Si parla quindi di ridondanza, che dà luogo al concetto di biodiversità. Gli organismi iniziano così a essere organizzati in una rete alimentare che ha la finalità di mantenere stabile il sistema.

2.5 Efficienza biologica

L'uomo è anch'esso presente nella rete biologica ma ha un vantaggio non indifferente: è onnivoro, ossia può spostarsi lungo i diversi livelli trofici; qualora il flusso di energia fosse bloccato in qualche direzione, l'uomo si può spostare.

Dal punto di vista ecologico, l'organizzazione di una rete alimentare è interessante per studiare la ripartizione energetica nei diversi livelli trofici. Per ogni livello abbiamo un diverso quantitativo di energia e una diversa tipologia di individui. Nell'oceano troviamo una situazione paradossale perché se misuriamo l'energia troviamo un sistema che rispetta la suddivisione in livelli trofici, ma se invece misuriamo la biomassa, quella dei produttori primari è inferiore a quella degli individui erbivori. La presenza di una biomassa minore si spiega col fatto che questa può essere facilmente riprodotta poiché ha vita breve.

In un sistema biologico la vita può mantenersi inalterata nel tempo. Si tratta di un sistema complesso, costituito da diversi elementi la cui funzione è in qualche modo controllata. Se infatti il trasferimento di energia viene fatto male o in scarsa misura, la struttura cambia. Le variazioni della produttività primaria spostano l'equilibrio tra controllo **top-down** (dove abbiamo variazioni di densità nei predatori che causano variazioni di densità nei livelli inferiori) e controllo **bottom-up** (dove sono i produttori primari che controllano il funzionamento dell'ecosistema).

- In ecosistemi estremamente improduttivi come il deserto, sia erbivori che piante sono regolate da processi bottom-up.
- In ecosistemi estremamente produttivi la regolazione avviene da processi top-down.
- In ecosistemi tra questi due estremi, le piante sono controllate da sistemi top-down in quanto limitate dagli erbivori; questi infatti sono in numero insufficiente per sostenere una significativa popolazione di predatori. Questo tipo di organizzazione ha una stabilità tale che consente di mantenere più specie.

L'efficienza è il rapporto tra ciò che viene prodotto e ciò che riguarda l'ingresso energetico. A livello ecologico si è interessati a misurare l'efficienza dei produttori primari, quindi misurare la loro produzione netta rispetto all'energia che hanno in entrata, ossia la luce elettromagnetica. Più efficiente è la trasformazione più è possibile contare su materiale organico. Viene misurata quindi l'attività fotosintetica, il cui valore medio nella biosfera è molto basso (0,2-0,3%). Bisogna però considerare solo i fotoni che cadono su siti fotosinteticamente attivi: prendendo in considerazione solo quella frazione, ossia quella che può essere trasformata, il valore diventa 35%, che è estremamente alto. Quello che viene considerato è quindi l'**efficienza biochimica del processo**.

Alla fine la maggior parte degli organismi primari muore e va a costituire la rete del detrito: questo perché la biomassa è poco assimilabile dagli erbivori. In ecosistemi marini i produttori primari marini sono più assimilabili, poiché mancano di strutture di sostegno. Infatti, nell'acqua la densità è più bassa che nell'aria, dove un organismo richiede invece strutture di sostentamento che implicano biomasse molto grandi e consumi energetici alti: in acqua, mancando queste strutture, abbiamo delle biomasse più piccole con una riproduzione più veloce.

È da tenere in considerazione che non tutte le forme di energia sono uguali in termini di quantità energetica. Più l'energia si trasforma più diminuisce di quantità ma aumenta la qualità, intesa come capacità di compiere un lavoro.

Come detto in precedenza, la maggior parte dell'energia viene persa e una parte viene utilizzata dagli organismi. Si definisce **efficienza trofica** la percentuale della produzione trasferita da un livello trofico a quello successivo: 10% (l'80-90% dell'energia in questi passaggi viene persa).

Cicli biogeochimici

3.1 Pool di riserva e pool di scambio

Energia e materia sono due fattori che identificano l'ambiente. L'unica differenza rilevante è che l'energia non può essere né creata né distrutta, arriva sulla Terra in quantità molto abbondante e attraversa il sistema. Si parla allora di flusso in quanto l'energia è infinita; la materia invece non lo è e quindi deve essere riciclata, per questo si parla di ciclo.

La materia è contenuta in un **pool di riserva**, ovvero un dato compartimento ambientale dove ci sarà la presenza di tanta componente di quella materia. L'atmosfera, come ben sappiamo, è costituita per la maggior parte da azoto, carbonio e ossigeno. Poiché esiste la vita, questa materia inizia a muoversi da un organismo a un altro costituendo un **pool di scambio**.

3.2 Ciclo del carbonio

La CO_2 nell'atmosfera rappresenta il principale vettore tra i vari comparti. La **fotosintesi** toglie CO_2 dall'ambiente e produce biomassa. La biomassa prodotta viene utilizzata a livello della rete alimentare e resa di nuovo disponibile attraverso il processo di **diffusione**. Il carbonio in eccesso forma con l'acqua carbonati e bicarbonati, che troviamo soprattutto nell'acqua e quindi negli oceani.

La fotosintesi produce energia di tipo chimico che con la respirazione viene bruciata e ridotta di nuovo a energia elettromagnetica. Si produce energia di tipo chimico ma anche materia organica (glucosio). Con la creazione di sistemi come il motore a combustione ci siamo liberati dalla dipendenza dell'energia prodotta dalle piante al fine di produrre energia per altri scopi e non più solo per il mantenimento biologico. Questo ha portato però a un aumento della CO_2 , che, essendo un gas a effetto serra, rallenta l'uscita degli infrarossi dal sistema terrestre. Questo fenomeno fa sì che gli infrarossi ristagnino e la temperatura aumenti, determinando così un cambiamento di clima.

Guardiamo ora come avviene il **percorso del carbonio**. Il cadavere di un animale viene mineralizzato mediante decomposizione a opera di alcuni microrganismi. Tutta l'energia chimica liberata è sotto forma di infrarosso e soprattutto la materia viene mineralizzata, ossia subisce una trasformazione in materia inorganica. Questa non può essere assimilata da organismi eterotrofi. A questo punto intervengono le piante, che trasformano la materia inorganica in organica, assimilabile dagli organismi eterotrofi

come gli erbivori. In seguito l'erbivoro verrà mangiato dal carnivoro, che assimilerà a sua volta materia organica che poi subirà mineralizzazione una volta che l'individuo andrà incontro alla morte. Il punto chiave del ciclo del carbonio è quando viene utilizzato nella sua forma organica: questo utilizzo produce infrarosso ma mineralizza anche la materia organica. Così facendo gli organismi che compiono questo processo mantengono il ciclo della materia. I produttori primari poi riprendono la materia inorganica generata e, attraverso l'energia fornita dalla luce solare, organicano il carbonio rendendolo disponibile ai vari livelli trofici.

3.3 Ciclo del fosforo

La materia che si trova in forma inorganica è di difficile assimilazione. Per esempio abbiamo bisogno di fosforo per sopravvivere, ma non possiamo assimilarlo così com'è: per questo dobbiamo acquisirlo in forma organica. Fortunatamente i produttori primari riescono a fare anche questa trasformazione. La materia può assumere diverse forme a seconda di come si conforma la molecola. Il fosforo fortunatamente si trova in natura sotto forma di **ortofosfato**.

Esso si trova nel tessuto nervoso e nelle ossa, e fa parte della struttura delle membrane cellulari di tutti gli esseri viventi. Inoltre, viene utilizzato in tutte le trasformazioni dove si scambia energia a livello cellulare (ATP) ed è costituente di tutte le catene nucleotidiche (RNA e DNA). Le rocce sono i depositi naturali di fosforo, che viene rilasciato da esse attraverso il dilavamento, l'erosione e l'attività estrattiva finalizzata alla produzione di fertilizzanti. La presenza di acqua aiuta a reperire fosforo: l'ortofosfato all'interno dell'acqua si scioglie e può essere trasportato facilmente fino a un produttore primario che lo assorbe attraverso le radici. L'organismo poi trasforma questo fosfato di forma inorganica nella sua forma organica e così facendo lo rende disponibile ai livelli trofici successivi. Con la morte dell'organismo, il fosforo viene mineralizzato e il ciclo ricomincia.

3.4 Ciclo dell'azoto

Nel comparto di riserva dell'atmosfera, su 100 parti d'aria (100%) si ha:

- 78% di azoto,
- 21% di ossigeno,
- 1% di altri gas, tra cui anidride carbonica.

L'azoto è presente in diversi stati di ossidazione come pure in forma organica e inorganica. Questo significa che ci saranno diverse forme biologiche che potranno utilizzare l'azoto nelle diverse valenze. In atmosfera l'azoto è presente in forma di N_2 : i due atomi sono legati attraverso legame triplo che gli permette di rimanere inerte. Alcuni organismi attuano la rottura di questo legame fino alla formazione di ione ammonio attraverso un processo chiamato **azotofissazione**. Questa forma viene utilizzata dai produttori primari che creano macromolecole a carattere organico con diverse finalità, e in questa forma l'azoto circola nella rete alimentare.

Come sempre la materia muore andando incontro al processo di decomposizione. In questo modo si ritorna allo ione ammonio con il processo di mineralizzazione.

Lo ione ammonio viene anche utilizzato dai batteri che compiono la chemiosintesi, attraverso la quale formano i nitrati. Anche i nitrati possono essere usati dai produttori primari, ma questi presentano tre atomi di ossigeno. Esistono quindi organismi che,

invece di respirare ossigeno atmosferico, sfruttano i nitrati: facendo ciò producono azoto in forma di N_2 come scarto del processo respiratorio.

3.5 Ciclo dell'acqua

L'acqua è un elemento limitato. La sua molecola presenta un dipolo elettrico che consente la formazione di legami idrogeno abbastanza deboli tra le molecole (coesione), tanto che basta poca energia per causarne la rottura. L'acqua presenta degli spazi tra le molecole e ha delle cariche elettriche che la rendono un buon solvente. Quest'ultimo aspetto consente il trasporto di tutti gli ioni che abbiamo nominato in precedenza.

La densità dell'acqua è un fattore molto importante: la sua massima raggiunge i $3,98 \text{ m/V}$ e si posiziona sui 4°C e al di sotto tende a diminuire. Continuamente durante l'anno l'acqua passa da una forma più leggera a una più pesante, e ogni volta che cambia di densità si muove. Questo movimento permette alle grandi masse d'acqua di muoversi. Inoltre, avendo un alto calore specifico, l'acqua non subisce immediatamente un calo di temperatura; di conseguenza per far aumentare la temperatura di un grado di un'unità di massa d'acqua c'è bisogno di molte calorie, così da far entrare in vibrazione le molecole. Per questo motivo le variazioni termiche dell'emisfero sud sono molto meno evidenti, perché l'acqua assume molto calore rilasciandolo molto lentamente. Organismi che vivono in acqua non necessitano di un sistema che permetta il mantenimento della temperatura.

La tensione superficiale è data dalle molecole di acqua che formano una patina, spesso usata da organismi molto piccoli per camminare. La viscosità invece esprime la resistenza che un corpo incontra nel muoversi dentro un fluido. La resistenza dipende dalla superficie del corpo, dalla sua velocità, dalla concentrazione delle sostanze disciolte e dalla temperatura. L'acqua infatti può essere considerata un fluido poco viscoso per un natante di grandi dimensioni, ma per un batterio o protozoo è relativamente molto viscosa, ed è per questo che tali microrganismi non sono in grado di provocare turbolenze, il flusso del fluido intorno ad esso risulta essere perfettamente laminare.

L'inerzia è proporzionale alla lunghezza del natante e alla sua velocità. Il numero di Reynolds mette in relazione proporzionale l'inerzia e la viscosità:

$$Re = LU/V$$

dove L è la lunghezza del natante, U la sua velocità e V la viscosità cinematica dell'acqua, il risultato è un numero puro e pertanto non ha dimensioni.

- $Re < 2000$ non vi è turbolenza e il flusso risulta laminare.
- $Re > 2000$ il flusso è turbolento con formazione di vortici.

Quando il valore è molto basso, allora l'organismo è piccolo e si muove a scatti; se il valore è alto invece i pesci mantengono l'inerzia con effetti di viscosità minori.

La disponibilità idrica è molto elevata. Tuttavia l'acqua è per la maggior parte salata, ma anche il concetto di dolce e salato non è corretto: entrambe, sia le acque salate sia le acque dolci, contengono soluti e spesso sono sali.

Materia vivente

4.1 Habitat e nicchia ecologica

L'individuo ha una finalità: duplicare il proprio materiale genetico. Per poterlo fare deve **sopravvivere** (cosa non scontata visto che il mondo esterno contrasta la vita) e deve anche **accrescersi**. Se fa queste due cose la sua struttura sarà idonea alla **riproduzione**. La vita degli organismi è legata a dei **fattori ambientali**, che vengono convenzionalmente suddivisi in:

- condizioni,
- risorse.

L'ambiente esterno è condizionato dalla presenza di materia ed energia, come fotoni, energia chimica, materiale organico e inorganico. Queste sono definite **risorse**, ossia fattori ambientali che vengono utilizzati e consumati dagli organismi in modo da non essere più disponibili per altri. Sono presenti, poi, anche determinate **condizioni** ossia fattori abiotici fisici e chimici che determinano le caratteristiche dell'ambiente. Esse possono variare, influenzate dalle condizioni ambientali, ma non si consumano né si esauriscono. Tra queste troviamo la temperatura e l'umidità.

Perciò le condizioni servono ma non vengono consumate nel loro utilizzo, mentre una risorsa è consumabile e quindi si crea una **competizione**. Per ogni fattore ambientale, nel mondo, condizioni e risorse cambiano, perché può presentare valori troppo bassi o troppo elevati per la sopravvivenza di un organismo. Quest'ultimo infatti tollera un certo ambito di valori e quindi avremo un certo ambito in cui ogni organismo è capace di sopravvivere. Per ambiti più ottimali, non solo sopravvive, ma riesce anche ad accrescersi. Per ambiti ancora più ristretti e adatti, riesce anche a riprodursi. Ecco quindi che gli organismi presentano un minimo e un massimo ecologico: tale intervallo rappresenta i **limiti di tolleranza**.

Per ogni fattore ambientale vi è quindi un ambito di tolleranza, uno di accrescimento e uno di riproduzione. Il luogo fisico in cui i fattori ambientali stessi consentono la sopravvivenza di una specie è definito **habitat**, mentre lo spazio concettuale delimitato da tutti i fattori ambientali e da tutte le interazioni, biotiche e abiotiche, che influenzano l'esistenza di una specie in un ecosistema va a costituire una **nicchia ecologica**. Essa identifica quei valori naturali in cui l'animale può vivere, accrescersi e riprodursi. Viene definita **nicchia fondamentale** la nicchia massima teorica occupata da una popolazione in condizioni ideali, cioè in assenza di competizione e con risorse non limitanti. Esiste però anche la **nicchia realizzata**, che è invece

quella realmente occupata da una popolazione e la cui ampiezza è minore a causa della **competizione intraspecifica**.

In una nicchia ecologica troveremo altri organismi che vogliono a loro volta realizzare la loro nicchia, nella quale però è presente l'organismo originario. Si crea una certa competizione per le risorse, e per riuscire a sopravvivere sarà obbligatorio spostarsi al limite della sopravvivenza.

Gli organismi adottano un sistema particolare dal momento che la competizione è negativa, perché si perderebbe patrimonio genetico. All'interno di uno stesso ambiente, le due specie si posizionano l'uno lontano dall'altra per non entrare in competizione. La tolleranza fa sì che in uno stesso ambiente ci siano più patrimoni genetici e non uno solo. Quindi la nicchia non si realizza in habitat che rispecchiano perfettamente la nicchia ecologica, ma in qualcosa che ci assomiglia. In questo modo, non si entra in competizione. L'evoluzione lavora cercando di evitare competizione. Per allontanare le nicchie l'una dall'altra si cerca di allontanare le forme biologiche. Si forma così una distinzione tra organismi eurieci e stenoeci. Gli **eurieci** mostrano ampia capacità di adattamento a condizioni ambientali variabili e si caratterizzano perciò come specie molto versatili, più o meno ubiquitarie e talvolta invasive: infatti, occupano areali piuttosto vasti, caratterizzati anche da habitat differenti, e mostrano un potenziale biotico notevole. In condizioni di degrado ambientale tendono a sostituire le popolazioni stenoecie. Gli organismi **stenoeci** mostrano una particolare esigenza in uno o più fattori ecologici, con stretto margine di tolleranza. Si rivelano perciò sensibili anche a modeste variazioni.

Ecologia delle popolazioni

5.1 Popolazione

Definiamo popolazione un insieme di individui della stessa specie, tra i quali è quindi possibile lo scambio di informazioni genetiche, che occupano un determinato territorio. Una popolazione presenta aspetti strutturali e naturali.

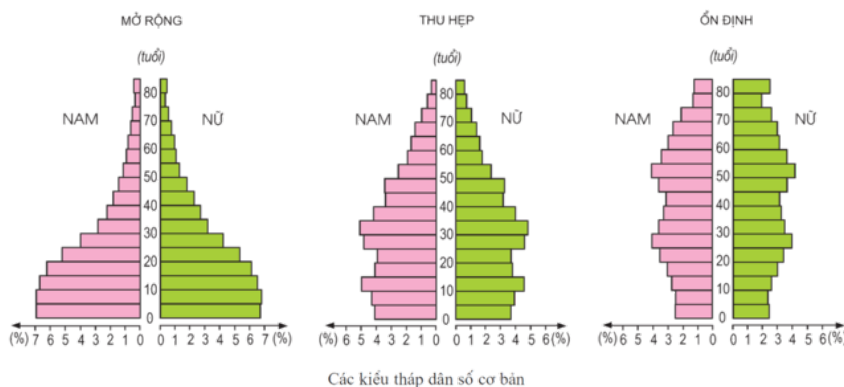
5.1.1 Aspetti strutturali

La **densità** è numero di individui o quantità di biomassa per unità di superficie. È espressa dalla formula

$$D = N/S$$

dove S è la superficie del territorio su cui si distribuisce la popolazione. La densità si può esprimere come numero quando gli individui hanno dimensioni simili, biomassa generalmente più significativa in termini funzionali, flusso di energia e produttività. Esprime un concetto dinamico, riferito all'unità di tempo, e può permettere di comparare popolazioni di specie diverse.

La **distribuzione per età**, insieme con il sesso, può essere rappresentata con piramidi demografiche, le cui forme dipendono dall'andamento demografico.



I grafici sopra riportati indicano i vari modelli di crescita di una popolazione. Da sinistra a destra abbiamo: crescita rapida con un profilo di crescita a piramide, bassa crescita con un profilo a piramide più "appuntito" e crescita pari a zero che

somigliano a una colonna verticale; esistono anche grafici che rappresentano una crescita negativa che assumono una forma di piramide rovesciata.

La **dispersione** può essere di diversi tipi: casuale nel caso di interazione intra-specifica naturale, uniforme nel caso di competizione intraspecifica per le risorse limitanti, oppure raggruppata se c'è attrazione tra organismi o tra organismi e risorse ambientali.

5.1.2 Aspetti naturali

L'**accrescimento** può essere esponenziale o logistico.

5.2 Accrescimento esponenziale (popolazione r-stratega)

È un meccanismo di accrescimento poco raffinato, che consente alla specie di colonizzare velocemente ecosistemi effimeri, cosa che non sarebbe possibile a molte altre specie che seguono un'altra strategia. Queste specie **r-strateghe** hanno le seguenti caratteristiche:

- elevato potenziale riproduttivo,
- elevata mortalità postnatale,
- specie invasive, spesso opportuniste,
- scarse cure parentali,
- euriecie,
- bassa resilienza,
- elevata resistenza.

Il tasso di crescita dipende, in questo caso, dalla sola capacità di aumentare di numero, cioè dal potenziale biotico r e, ovviamente, dal numero di individui iniziale N . Questo tipo di crescita è compatibile solo con un ambiente che non ponga limiti di spazio e di risorse utili. La crescita esponenziale non continua però all'infinito, ma si arresta in funzione di eventi di disturbo prevedibili o imprevedibili oppure per la presenza di fattori limitanti. Quest'ultima situazione causa un crollo della popolazione, che si può anche avvicinare all'estinzione. I sopravvissuti si troveranno a vivere in un ambiente in cui le risorse saranno di nuovo disponibili oppure andranno a colonizzare nuovi ecosistemi.

Per valutare la variazione nel tempo di una popolazione r-stratega:

$$\Delta N = B(\text{born}) + I(\text{immigration}) - D(\text{dead}) - E(\text{emigration})$$

Si assume una popolazione chiusa nella quale quindi non vi sono fenomeni di migrazioni (I e E)

$$\Delta N = B(\text{born}) - D(\text{dead})$$

Tempo $t \rightarrow 0$ (equazione differenziale = velocità)

$$dN/dt = bN - dN$$

$B = bN$ b : **natalità specifica**, ovvero la velocità individuale di nascita, il numero di figli prodotti in media da un individuo in un unità di tempo.

$D = dN$ d : **mortalità specifica**, ovvero la velocità individuale di mortalità, il numero medio di morti per individuo per unità di tempo (es. se muore 1 individuo su 10 al giorno, $d = 0,1$ individui per individuo per giorno).

$$dN/dt = (b - d)N$$

visto che $b - d = r$, il **tasso di accrescimento** della popolazione

$$dN/dt = rN$$

con tale formula possiamo perciò ricavare la **velocità di accrescimento esponenziale**.

Rappresentando il tutto su un grafico, si ottiene una retta la cui risultante, ossia la variazione del numero di individui ($N_{t+1} = N_t e^{rt}$) è esponenziale. Una prima fase sarà lenta perché all'inizio la popolazione è bassa, quindi N cambierà lentamente, poi sempre più velocemente.

$dN/dt = rN$ è la retta che intercetta l'asse delle y a un certo numero positivo, perché la popolazione non può essere zero ma deve avere una cosiddetta massa critica, ossia il numero minimo di individui che è in grado di far partire un accrescimento positivo, dove i nati sono maggiori dei morti. Questo è diverso per ogni specie.

5.3 Accrescimento logistico (popolazione K-stratega)

Tiene conto del fatto che l'ecosistema ha risorse limitate e che consentono il mantenimento di un certo numero di individui e una velocità di accrescimento bassa. Le caratteristiche delle specie che hanno un comportamento **K-stratega** sono:

- ridotta mortalità postnatale,
- basso potenziale riproduttivo,
- elevate cure parentali,
- elevata competizione,
- tipiche degli stadi di climax,
- stenoecie,
- alta resistenza,
- bassa resilienza.

Il vantaggio di questa strategia è che la popolazione può rimanere a lungo in quell'ecosistema, perché, una volta stabilizzata, sarà l'ambiente stesso a regolare il numero di individui che può vivere in quell'ambiente.

L'inizio dell'accrescimento anche in questo caso è di tipo esponenziale perché, comunque sia, appena gli individui colonizzano un ambiente è bene che la popolazione cresca il più velocemente possibile. Arrivati all'asintoto, dove l'accrescimento della popolazione è massimo, la crescita comincerà a ridursi e si stabilizzerà intorno a una semiretta che rappresenta la **capacità di sostentamento** K , con oscillazioni attorno a questo valore dipendenti da vari fattori.

La capacità portante (K) dell'ambiente definisce il numero massimo di individui sostenibile da quel particolare ecosistema. Di conseguenza per questo tipo di accrescimento l'equazione che regola l'andamento della popolazione è:

$$dN/dt = rN((K - N)/K)$$

Quando N sarà in prossimità di K o uguale a K , l'equazione si annulla, e quindi la crescita della popolazione sarà pari a zero. Per calcolare la velocità di accrescimento massima basterà fare $K/2$.

La velocità di accrescimento quindi non è più una retta. All'inizio la velocità è bassa perché il numero di individui è basso, poi la velocità si alza fino a un valore massimo che coincide con il punto di flesso. Da questo punto in avanti l'ambiente comincia a farsi sentire e la velocità di accrescimento diminuisce fino a incontrare di nuovo l'asse delle x , che coincide con l'annullamento della crescita della popolazione, che dunque si stabilizza. La maggior parte delle popolazioni naturali mostra un accrescimento logistico.

5.4 Natalità e mortalità

Nelle specie che seguono l'accrescimento esponenziale, il tasso di mortalità e la natalità sono fissati geneticamente e non cambiano all'aumentare della popolazione. Ciò vale, ovviamente, fino a che l'ecosistema ha le risorse necessarie alla sopravvivenza. Questi due aspetti possono essere rappresentate quindi con un grafico dove esse sono due rette parallele all'asse x , dove la mortalità sarà minore della natalità.

Anche nell'accrescimento logistico, mortalità e natalità sono valori fissati geneticamente e anche qui la mortalità è bassa. L'interesse in questo caso è che l'individuo viva e si riproduca tanto. Se la natalità diminuisce con l'accrescere della popolazione e la mortalità aumenta, ci sarà un punto di incontro tra le due rette rappresentate in un grafico teorico. In questa situazione abbiamo tanti morti quanti i nati. Qualora la popolazione eccedesse a questo valore, allora la mortalità supererebbe la natalità e la crescita diventerebbe negativa.

5.5 Strategie di sopravvivenza

Quando due specie utilizzano la stessa risorsa (alimentare o di altro genere) queste entrano in competizione. L'ecosistema non percepisce la differenza tassonomica, quindi se due popolazioni utilizzano la stessa risorsa per l'ambiente è come se solo una ne stesse usufruendo. Se le risorse consentono la sopravvivenza di solo 100 individui, questi saranno i migliori della popolazione di appartenenza; se però si instaura un'altra popolazione con le stesse esigenze, chiaramente il numero della prima specie diminuirà in funzione della seconda. Questo concetto è vero solo se la capacità di competizione delle due specie è equivalente. A volte però succede che la specie secondaria utilizzi il doppio delle risorse di quella primaria, quindi questo porta a uno sbilanciamento. L'equazione che regge questo concetto è:

$$dN_1/dT = rN_1(K - N_1 - \alpha N_2)/K$$

Se questa capacità di competizione, identificata con α è troppo elevata, ovvero la seconda popolazione abbassa sempre di più la capacità portante della prima, potrebbe succedere un fenomeno di **estinzione locale**. Tramite controllo della risorsa, la specie più brava e veloce a utilizzarla può esercitare una pressione più o meno forte.

Ogni specie ha a disposizione un certo numero di anni: appena nato un organismo si trova in un mondo che contrasta il processo biologico, quindi per accrescersi deve sopravvivere. Quando nasce ha elevate probabilità di sopravvivere fino a una certa età, oltre la quale è sempre meno probabile riuscirci. Si parla quindi di specie *k-strategie*, che rimandano la fase di mortalità, e *r-strategie*, che invece hanno più probabilità di morire alla nascita.

La sopravvivenza (lx) è concepita come la probabilità che un organismo viva dalla nascita fino all'età X :

$$lx = S(x)/S(0)$$

La fecondità (mx), invece, indica il numero medio di femmine generate da una femmina ad ogni età della sua vita. Per esempio $M_3 = 4$ indica che una femmina al terzo anno di età ha generato quattro femmine.

Comunità e popolazioni

6.1 Struttura della comunità

La comunità è un insieme di individui che appartengono a specie diverse, che interagiscono tra loro e condividono lo stesso spazio nello stesso tempo. La comunità è determinata dalla combinazione di diverse specie, ognuna regolata da modalità di accrescimento diverse. Si considera anche, in termini geografici, come un insieme di popolazioni che condividono lo stesso spazio ovvero lo stesso ecosistema.

La comunità può racchiudere un gruppo filogeneticamente affine (*taxon*), un *assemblage* (gruppo di specie all'interno della comunità che sono relazionate filogeneticamente) oppure una *guild* (gruppo di specie che senza una relazione tassonomica sfruttano le stesse risorse ambientali in modo simile).

Esistono due teorie che identificano le comunità.

- **Comunità aperta:** una comunità in continuo movimento, al cui interno ogni specie all'interno è distribuita in modo indipendente dalle altre e non ha confini ben definiti. A livello ambientale i cambiamenti non sono drastici ma avvengono in modo graduale.
- **Comunità chiusa:** le specie sono strettamente raggruppate all'interno di ciascuna comunità, lungo un gradiente di condizioni ambientali. Esistono confini ben definiti e la zona di transizione tra due comunità viene definita come **ecotone**, a livello di questa regione avviene una rapida e brusca sostituzione delle specie lungo il gradiente ambientale.

Se mi muovo su un asse spaziale, le condizioni ambientali in alcune zone cambiano. Il cambiamento avviene in modo brutale, e dà luogo a matrici ambientali diverse. Se cambia l'organismo cambieranno gli organismi che potranno vivere in quel dato ecosistema. Alle volte invece i cambiamenti di fattori ambientali non avvengono in modo così rigido ma gradualmente: le specie in questo caso cambiano in modo graduale e in tempi lunghi.

Una comunità presenta proprietà:

- **funzionali:** trasformazione e trasmissione di energia, trasformazione della materia;
- **strutturali:** numero di specie, ricchezza specifica, diversità trofica e abbondanza specifica relativa, ovvero il numero relativo di organismi delle diverse popolazioni.

La struttura della comunità invece è determinata da fattori:

- **abiotici:** clima, latitudine, continentalità e disturbi;
- **biotici:** interazioni intraspecifiche.

L'interazione può essere sia **negativa** che **positiva** per una delle due specie, quindi alza o abbassa il numero di individui. Tuttavia può anche essere negativa o positiva per entrambe. Vediamo i possibili tipi di interazione.

- **Competizione:** negativa per entrambi perché si abbassa la capacità portante.
- **Amensalismo:** una specie B impedisce l'accrescimento di una specie A, ma non ne risulta avvantaggiata né svantaggiata.
- **Antagonismo:** la predazione porta a un beneficio per la specie predatrice e un svantaggio per quella predata.
- **Neutralismo:** relazione biologica che prevede la compresenza di alcune specie nella stessa area, senza che nessuna di questa ne riceva beneficio o svantaggio.
- **Commensalismo:** una specie beneficia della presenza di un'altra specie.
- **Mutualismo:** porta vantaggi a entrambe le specie, vi è cooperazione.

6.2 Biogeografia delle isole

L'isola in ecologia è un pezzo di ecosistema isolato in un'altra matrice ambientale. All'interno di queste isole c'è un certo numero di specie. La regolazione di queste specie è data da due fattori fondamentali, riguardanti la **dimensione** e la **distanza dalla terraferma** dell'isola. Avremo, infatti, isole di dimensioni grandi o piccole: più è grande più aumenta il numero di specie, dal momento che si hanno a disposizione tante risorse e di conseguenza le popolazioni sono più stabili e si verificano meno estinzioni, ma soprattutto si ha la presenza di diversi habitat. L'isola inoltre può essere vicina o lontana dall'ecosistema madre: più ci si allontana da quest'ultimo, meno specie si avranno perché non riescono facilmente a migrare fino a lì.

Dobbiamo prendere in considerazione il **tasso di colonizzazione** e il **tasso di estinzione**. Questi controllano il numero di specie in funzione della distanza e delle dimensioni dell'isola. Il tasso di colonizzazione sarà alto quando non ci sono molte specie. Man mano che arrivano le specie dall'ecosistema madre, la velocità di colonizzazione diminuisce. Quando le specie sono poche, saranno poche anche quelle che si estinguono, mentre più le specie aumentano, maggiore sarà il tasso di estinzione, e il suo valore sarà più elevato in grandi isole rispetto a quelle piccole. Inoltre anche la vicinanza controlla la colonizzazione: quando le specie sono poche e l'isola è vicina, la velocità di colonizzazione è più alta rispetto a un'isola lontana.

6.3 Proprietà funzionali nelle comunità

La comunità è percepita anche come un **superorganismo**, ossia una forma organizzata superiore all'organismo che non solo metabolizza ma nasce, cresce e muore. Questo superorganismo ha tempi di vita molto lunghi che noi ovviamente non percepiamo.

La prima cosa da analizzare sono la nascita e l'accrescimento, ovvero il concetto di **successione biologica**: con questo termine si intende la serie di comunità di specie che si susseguono in un ecosistema nel corso del suo sviluppo, da uno stadio iniziale dominato da organismi detti **pionieri**, fino al raggiungimento di una comunità stabile, detta **climax**. La sequenza delle comunità che si alternano nell'ecosistema è detta **sere** e sono definiti **stadi serali** le diverse fasi di transizione. Queste successioni possono essere definite in base all'origine.

- **Origine autogena:** la successione non è guidata da forze esterne, ma dalle modificazioni dell'ambiente dovute agli organismi che compongono la comunità stessa.
- **Origine allogena:** la successione è guidata da forze esterne alle comunità che ne regolano le variazioni (incendi, eruzioni, uragani etc.). Essa opera su una scala temporale proporzionale alla scala temporale del disturbo.

Possono essere distinte anche in base ai valori di produzione e respirazione dell'ecosistema.

- **Autotrofa:** parte da una condizione di abbondanza di nutrienti inorganici; nelle fasi iniziali la produzione primaria prevale sulla respirazione $P/R > 1$. La successione tende a spostare il tutto a uno stato stazionario $P/R = 1$.
- **Eterotrofa:** parte da una condizione di abbondanza di nutrienti organici; nelle fasi iniziali la produzione primaria è minore della respirazione $P/R < 1$. La successione tende a spostare anche in questo caso il tutto ad uno stato stazionario $P/R = 1$.

Si può distinguere in fine in base alle caratteristiche dell'ambiente in cui esse si originano.

- **Primaria:** lo sviluppo delle comunità inizia su di un'area mai colonizzata.
- **Secondaria:** lo sviluppo della comunità inizia su di un'area precedentemente colonizzata.

La comunità simula in un certo senso il singolo organismo. Come abbiamo una fase iniziale in cui l'organismo si accresce, così una comunità tramite colonizzazione si forma e inizia ad accrescersi per raggiungere un sistema stabile. L'energia utilizzata dalla comunità sarà diversa in base alla fase in cui siamo. All'inizio la produzione lorda continua ad aumentare, ma soprattutto è necessario che la respirazione si mantenga bassa. Questo genera un disavanzo che viene chiamato produzione netta.

Abbiamo quindi due situazioni:

- $P_L > R$: la materia organica e la biomassa si accumulano all'interno del sistema durante le fasi iniziali della successione;
- $P_L < R$: la produzione lorda risulta simile alla respirazione, si entra nella fase di **climax**.

Quindi durante lo sviluppo di un sistema complesso l'uso dell'energia si articola in più momenti. In una prima fase la produzione lorda e la respirazione consentono di avere una produzione netta, che permette alla comunità di accrescersi. Dopo il punto di climax la comunità deve svolgere le sue funzioni e da qui in poi la respirazione bilancia la produzione. In una terza fase la respirazione può superare la produzione: allora la comunità declina e muore.

Come detto in precedenza, la sopravvivenza di una comunità non è facile perché ci sono pressioni esterne che vanno a contrastare la vita. Per resistere gli organismi utilizzano due tipi di filosofie:

- **resistenza:** capacità dell'ambiente o della materia vivente di resistere a dei danni subiti durante i suoi stadi vitali;
- **resilienza:** capacità dell'ambiente o della materia vivente di tornare al suo stato originario o iniziale dopo essere stato soggetto a danni.

Questi due filosofie ci possono indicare anche a che punto della crescita una comunità si trova.

In caso di **sistema giovane** avremo:

- $P > R$,
- bassa biomassa,
- specie con comportamento R-stratega,
- specie opportuniste,
- alta resilienza,
- bassa resistenza,
- bassa diversità biologica.

In questo caso si avrà una biomassa inferiore, ma l'importante è avere una produzione netta alta.

Se invece è un **sistema maturo**:

- P circa R ,
- elevata biomassa,
- specie con comportamento K-stratega,
- specie specialistiche,
- bassa resilienza,
- alta resistenza,
- alta diversità biologica.

In questo caso si tende a raggiungere uno stato di climax, ovvero uno stato stazionario.

Esistono però ambienti dove le condizioni di vita sembrano quasi impossibili, in cui la materia vivente è in grado di adattarsi. È difficile però che la comunità, o, meglio, il suo accrescimento prosegua mantenendosi in uno stato stazionario perché è troppo influenzata dalle pressioni delle perturbazioni, che ostacolano la crescita della comunità.

6.4 Eterogeneità

La biodiversità è una proprietà strutturale di tutti i sistemi, delle popolazioni, delle comunità e degli ecosistemi. Per ognuna di queste abbiamo attributi di biodiversità diversi, che corrispondono a diversità genetica, tassonomica ed ecosistemica. La biodiversità regola la prevedibilità dell'ecosistema, lo stabilizza e lo guida verso un traguardo preciso.

Ciò che determina l'eterogeneità è:

- la **ricchezza in specie**: numero di elementi che compongono una comunità. Più elevato è il numero più elevata è l'eterogeneità; misura la ricchezza delle unità sistematiche;
- l'**evenness**: quantità relativa per ogni elemento. Se ogni specie ha bene o male lo stesso numero di elementi, l'eterogeneità sarà maggiore. Se invece le specie presentano una ripartizione non omogenea, l'eterogeneità sarà ridotta.

Per misurare la ricchezza in specie di una comunità si potrebbe contare il numero delle specie: questo metodo non va però bene, perché il numero di specie è in funzione del numero di individui, più aumenta il numero di individui campionati più aumentano le specie. Si è optato quindi per un metodo alternativo che utilizza indici, rendendo la misura indipendente dalla dimensione del campione.

$$S - 1/\ln(N)$$

in cui S è il numero di specie e N il numero di individui.

$$a = S - 1/\ln(N)$$

a è il numero di specie trovate in funzione degli individui campionati. Infatti, se due ricercatori contano le specie, rimanendo comunque nello stesso ecosistema ma in zone diverse, uno ne potrebbe contare 30 e l'altro 60. Il logaritmo è necessario perché la funzione con cui il numero di specie è relazionato al numero di individui è logaritmico. Il valore -1 è per far in modo che il valore più basso sia zero.

L'eterogeneità di una comunità è inversamente proporzionale alla probabilità che due individui campionati in modo casuale appartengano alla stessa specie.

- La probabilità che due individui campionati appartengano alla stessa specie è determinata dall'indice di dominanza di Simpson: $D = \Sigma(n/N_{tot}) = \Sigma(P_i x P_i) = P_i^2 \rightarrow \Sigma P_i^2$.
- La probabilità che due individui campionati appartengano a specie diverse è determinata dall'indice di eterogeneità di Simpson: $1 - D = 1 - \Sigma P_i^2$.

La evenness misura la modalità di ripartizione degli individui nelle diverse specie che compongono una comunità. Se abbiamo Evenness con valore uguale a 1, vuol dire che le specie sono ripartite in modo omogeneo.

$$Evenness = H' / H'_{max}$$

6.5 Metodi di descrizione quantitativa delle comunità biologiche

Gli strumenti grafici fanno riferimento alla ricchezza di specie e alla evenness, messi in relazione sugli assi cartesiani. Tale relazione costituisce una forma, che ci dice che questi due parametri non variano in modo casuale, ma che sono il risultato di diversi processi.

- **Serie geometrica:** è definito modello a nicchia orientata perché presuppone che la struttura della comunità eterogenea sia il risultato delle modalità di colonizzazione nelle sue prime fasi. La serie geometrica presenta una colonizzazione sequenziale, quando la prima specie arriva ha a disposizione una risorsa molto ampia quindi può mettere in pratica il suo potenziale biotico. Parliamo di specie r-stratega con un potenziale biotico forte e non controllato nella fase iniziale di accrescimento. Quindi la popolazione della prima specie si accresce velocemente e occupa un certo quantitativo di risorsa. La seconda specie arriva dopo e, ipotizziamo, si ritrova la metà delle risorse. Comincia a crescere ma di meno perché ha meno risorse; poi arriva la terza specie e così via. Se la colonizzazione è sequenziale e le specie tra di loro non hanno capacità di competizione (e così è per le r-stratega), il risultato finale sarà un numero non eccessivo di specie perché queste satureranno velocemente lo spazio a disposizione. Riassumendo, le specie colonizzano un'area in successione e ognuna utilizza una frazione costante delle risorse alimentari; la comunità risulterà formata da poche specie con un'abbondanza che decresce in funzione del tempo di arrivo della specie stessa.
- **Broken-stick:** se invece ipotizziamo che all'inizio arrivano diverse specie simultaneamente, allora queste partono tutte con la stessa quantità di risorse. Piano piano ogni singolo quantitativo di accrescimento saturerà l'ambiente, ma cambierà il fatto che non ci saranno grosse differenze nella quantità di

distribuzione per ogni specie. La comunità risulterà formata da poche specie con abbondanza simile.

Esistono in natura anche situazioni intermedie

- **Log-normale:** le comunità che si configurano in questo modo sono costituite da poche specie rare, poche specie comuni e la maggior parte delle specie ha un'abbondanza intermedia. La maggior parte delle popolazioni presenta un numero intermedio tra specie comuni e specie rare.
- **Serie logaritmica:** la comunità ha una struttura diversa, in cui le specie comuni hanno pochi individui e le specie rare con pochi individui sono tante. La serie logaritmica è composta da tante specie con pochi individui.

6.6 Fattori che riducono l'eterogeneità biologica

Un fattore sono le perturbazioni indotte dall'attività umana: con la perdita e la frammentazione degli habitat in seguito alla costruzione di città o strade, si ha un abbassamento della diversità biologica. Questo può determinare cambiamenti ambientali che riducono la ricchezza in specie e le dimensioni delle popolazioni: più che di perdita netta si parla di frammentazione. Dove l'ambiente confina con un altro perturbato, in qualche modo questa perturbazione entra nell'ecosistema. In questo caso si parla di effetto margine, ossia un'area dell'habitat influenzata dall'ambiente circostante. La forma e la dimensione del frammento determinano l'entità dell'effetto margine.

Se i frammenti sono:

- **larghi**, si hanno meno estinzioni, più risorse e popolazioni più abbondanti;
- **vicini**, i fenomeni di colonizzazione sono facilitati;
- **compatti**, ci sono meno estinzioni, a causa della riduzione dell'effetto margine.

Anche la complessità dell'ambiente (eterogeneità ambientale) ha una forte influenza sulla ricchezza in specie: più elevato è il grado di complessità, maggiore sarà la quantità di habitat e di risorse disponibili. Insieme con essa, ad aumentare l'eterogeneità biologica, vi è anche il ripristino dell'ecosistema originario.

Ecosistemi e biomi

7.1 Gli ecosistemi

Gli ecosistemi sono elementi costitutivi dei biomi. Esiste una variazione spaziale e temporale del clima, ma in tutti i sistemi abbiamo inverni freddi con poca energia elettromagnetica ed estati con caldo e luce. Quello che cambia è il movimento delle celle di Hadley, che si spostano a nord d'estate e a sud d'inverno.

L'ecosistema è un insieme di organismi che interagiscono con le componenti abiotiche del comparto ambientale, dando luogo a un sistema dinamico, complesso, organizzato e stabile nel tempo.

L'energia all'interno di un ecosistema non può essere riciclata, una volta entrata viene utilizzata; essa entra come energia elettromagnetica e viene trasformata in energia chimica dagli organismi autotrofi, passando poi alla rete trofica e infine dissipata sotto forma di calore. La materia di un ecosistema invece deve essere riciclata per forza perché è limitata: è bene quindi che le comunità siano strutturate in modo che la materia non lasci l'ambiente o comunque l'ecosistema, perché è difficile da riassumere. Si può dire quindi che il fine ultimo di un ecosistema è quello di mantenere delle strutture biologiche funzionali, ossia far sì che col passare del tempo quell'ecosistema possa sostenere il più grande numero possibile di patrimoni genetici e di specie, lontani dall'estinzione.

Il fenomeno dell'urbanizzazione ha portato a uno squilibrio degli ecosistemi. Nel caso dell'uomo, gli ecosistemi urbani presentano un'alta densità di popolazione che porta ad attivare meccanismi densità-dipendenti, ossia mortalità e natalità. La densità inoltre comporta un effetto di ridotta natalità e più alta mortalità. Le aree metropolitane alterano diversi aspetti tra cui: temperatura locale, drenaggio del suolo, flusso delle acque e disponibilità di luce. Vanno invece a concentrare, prodotti di rifiuto e domanda energetica.

Viene definita **impronta ecologica** la quantità/superficie di territorio ecologicamente produttivo nelle diverse categorie (terreni agricoli, pascoli ecc.) necessaria per fornire le risorse di energia e materia per i consumi in atto e per assorbire gli scarti di una popolazione.

7.2 Ecosistemi acquatici e fluviali

La classificazione degli ecosistemi terrestri è basata sulle forme di vegetazione dominante, mentre quella degli ecosistemi acquatici soprattutto sulle caratteristiche fisiche

dell'ambiente. Un fattore fondamentale è la salinità dell'acqua: i fiumi e i laghi sono perciò detti **ecosistemi dolci** e possono anche comprendere zone come acquitrini, paludi, marcite, stagni e torbiere. Tutti i sistemi acquatici contengono una certa salinità vengono classificati in continentali o non continentali tenendo conto anche della motilità/velocità di corrente. In alcuni ecosistemi l'acqua si muove mentre in altri rimane ferma nel mezzo.

Nei fiumi abbiamo fenomeni di erosione dovuti al movimento dell'acqua: i punti in cui avviene il distacco di parte della materia presente sui versanti e sulle sponde sono strategici per la produzione di energia e cibo. La nascita dei fiumi avviene a monte, dove abbiamo la presenza di sorgenti o da ghiacciai. Si possono distinguere due tipi di fiumi:

- **perenni**: presentano base-flow (portata bassa) che può cambiare per fenomeni di forti precipitazioni ma che rimangono sempre presenti;
- **effimeri**: hanno acqua solo quando piove o si scioglie la neve.

Parlando ora di laghi, essi si differenziano dagli ambienti fluviali per diverse caratteristiche:

- il lago ci mette molto tempo per ricambiare l'acqua a differenza di un fiume;
- nei fiumi c'è un'alta concentrazione di produzione primaria solo nelle zone intermedie, mentre nei laghi c'è un classico ecosistema con una piramide di livelli trofici;
- nel lago il controllo è generalmente effettuato dai produttori primari perché la loro produzione è fortemente influenzata dalla presenza di sostanze nutrienti;
- la vita nei laghi avviene lungo un asse verticale, mentre nei corsi d'acqua la rete alimentare è organizzata su un profilo orizzontale da monte a valle.

7.3 I biomi

Con il termine bioma ci si riferisce a una formazione biologica coerente che si ripete con manifestazioni ecologicamente equivalenti in un'identica fascia climatica. I principali biomi presenti sono determinati dal clima e dalla disponibilità idrica, e sono definiti sulla base della vegetazione dominante. È necessario quindi definire un bioma in base ai vegetali e su questo poi costruire anche i produttori secondari.

Ci sono diversi fattori che determinano la distribuzione dei principali biomi:

- riscaldamento differenziato della superficie terrestre,
- distribuzione delle masse d'acqua,
- umidità.

I primi due fattori portano i biomi a configurarsi come fasce continue e parallele all'equatore, il terzo invece altera questa configurazione.

Ecco l'elenco dei biomi terrestri presenti in natura.

- **Foresta tropicale**: si localizza vicino all'equatore (10° Nord e 10° Sud) e riceve in media 250 cm di acqua all'anno, con una temperatura annua superiore ai 18°C. Le variazioni termiche sono inesistenti ma abbiamo una diversità delle piogge durante l'anno. La radiazione solare può in questo caso essere l'unico fattore limitante.
- **Deserti**: si trovano all'equatore e hanno temperature estremamente elevate. Si sviluppano in diverse zone: intorno a una fascia climatica vicino ai 30° di latitudine, in zone con alta pressione atmosferica, nelle aree occidentali tra i

20° e 30° di latitudine, dove i venti dominanti provengono da est e impediscono all'aria umida di raggiungere l'entroterra. Presentano una produzione primaria pressoché inesistente.

- **Foresta temperata:** caratterizzata da rilevanti variazioni stagionali con estati calde e inverni freddi, presenta una produzione netta elevata, poiché avviene l'alternanza tra stagioni produttive e non, ovvero avvengono fenomeni di stagionalità molto marcati.
- **Taiga:** denominata foresta boreale, si localizza vicino al circolo artico e costituisce una cintura di conifere. La zona è caratterizzata da lunghi inverni ed estati corte, che provocano elevate escursioni termiche. Le temperature medie fanno sì che ci siano stagioni di accrescimento molto corte rispetto alla foresta temperata.
- **Tundra:** localizzata a nord del circolo artico, è caratterizzata dalla presenza di permafrost in cui la vegetazione arborea è assente.
- **Prateria:** si trova all'interno di continenti dove la piovosità non è eccessiva (25/28 cm/y) e limita lo sviluppo della vegetazione arborea; il clima presenta inverni freddi ed estati calde con piovosità media.
- **Macchia:** sono biomi simili a quelli che troviamo nella zona mediterranea. All'incirca si collocano al 30° e 40° di latitudine sul lato occidentale dei continenti. Presentano una quantità elevata di endemismi e la stagione piovosa coincide con il periodo di bassa insolazione. La vegetazione è caratterizzata da arbusti e vi è un'elevata erosione dei suoli.
- **Savana:** caratteristica delle regioni semiaride con piogge stagionali.
- **Zona alpina:** mette in luce come il bioma sia regolato anche dalla quota. È tipico dei ghiacciai al polo nord e sud; il clima ha temperature basse, sono presenti ghiacciai perenni ed è caratterizzato da lunghe notti in inverno. La vegetazione è assente e ci vivono solo pochi licheni, muschi e alghe terrestri.

Crediti

Fonti dei testi

- <https://it.wikibooks.org/w/index.php?title=Ecologia/Introduzione&oldid=442891>
- https://it.wikibooks.org/w/index.php?title=Ecologia/Flusso_di_energia&oldid=442897
- https://it.wikibooks.org/w/index.php?title=Ecologia/Cicli_biogeochimici&oldid=442909
- https://it.wikibooks.org/w/index.php?title=Ecologia/Materia_vivente&oldid=442910
- https://it.wikibooks.org/w/index.php?title=Ecologia/Ecologia_delle_popolazioni&oldid=442920
- https://it.wikibooks.org/w/index.php?title=Ecologia/Comunit%C3%A0_e_popolazioni&oldid=443304
- https://it.wikibooks.org/w/index.php?title=Ecologia/Ecosistemi_e_biomi&oldid=442925

Fonti delle immagini

- p. 17: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dia10_b23_h1.png