

Ecologia



30 giugno 2022





wikitoLearn
collaborative textbooks

This book is the result of a collaborative effort of a community of people like you, who believe that knowledge only grows if shared.
We are waiting for you!

Get in touch with the rest of the team by visiting <http://join.wikitoLearn.org>

You are free to copy, share, remix and reproduce this book, provided that you properly give credit to original authors and you give readers the same freedom you enjoy.

Read the full terms at <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>



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	4
2.1	Flusso nel sistema terrestre	4
2.2	Flusso di energia e clima	4
2.3	Riflessione e rifrazione della luce	5
2.4	Flusso di energia nel comparto biologico	6
2.5	Efficienza biologica	7
3	Cicli biogeochimici	10
3.1	Pool di riserva e pool di scambio	10
3.2	Ciclo del carbonio	10
3.3	Ciclo del fosforo	11
3.4	Ciclo dell'azoto	12
3.5	Ciclo dell'acqua	12
4	Materia vivente	14
4.1	Habitat e nicchia ecologica	14
5	Ecologia delle popolazioni	16
5.1	Popolazione	16
5.2	Accrescimento esponenziale (popolazione R-stratega)	17
5.3	Accrescimento logistico (popolazione K-stratega)	18
5.4	Natalità e mortalità	19
5.5	Strategie di sopravvivenza	19
6	Comunità e popolazioni	21

6.1	Struttura della comunità	21
6.2	Biogeografia delle isole	22
6.3	Proprietà funzionali nelle comunità	23
6.4	Proprietà funzionali nelle comunità - parte 2a	23
6.5	Eterogeneità	25
6.6	Metodi di descrizione quantitativa delle comunità biologiche	26
6.7	Fattori che riducono l'eterogeneità biologica	27
7	Ecosistemi e biomi	28
7.1	Gli ecosistemi	28
7.2	Ecosistemi acquatici e fluviali	29
7.3	I biomi	29
8	Fonti per testo e immagini; autori; licenze	32
8.1	Testo	32
8.2	Immagini	34
8.3	Licenza dell'opera	34



Capitolo 1

Introduzione

1.1 Introduzione all'ecologia

L'ecologia cerca di comprendere l'organizzazione sempre più complessa della materia vivente nei confronti della realtà esterna; cerca 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, ma 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.

Luca Schivo

Le mie pagine.

1

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 ed 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: L'energia non può essere né creata né distrutta, ma solo trasformata da una forma all'altra.

Seconda: 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 fare una molecola serve lavoro, 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.

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 ad un massimo di entropia.

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



Capitolo 2

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 a quello ottenuto con la radiazione che colpisce la superficie terrestre. In particolare per quanto riguarda l'infrarosso, quando passa l'atmosfera si abbassa di molto il suo valore, mentre le altre variano meno.

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 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 questa viene assorbita dall' O_2 , che si rompe a livello dei propri legami permettendo agli atomi di ossigeno di aggregarsi e formare O_3 ozono, a sua volta, questo rompe i suoi legami e ricrea ossigeno questo passaggio si ripete in modo ciclico ed in questo modo il sistema rimane inalterato ma uso 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 sta diminuendo 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 creando 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, questo però è inclinato rispetto alla perpendicolare al piano dell'eclittica, questo fa sì che la Terra rivolgerrebbe al sole sempre nella stessa direzione e quindi avremmo un equatore troppo caldo e dei poli troppo



freddi, l'inclinazione 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, ed 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 all'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, infatti, l'aria assorbe l'energia la quale tende a salire, arrivata ad una certa altitudine forma la nuvola, formata da acqua condensata che poi raggiunto un certo limite cade e forma le 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. 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 rispetto al trattenere o rilasciare energia termica acquisita con l'incidenza del visibile. Per fare un esempio se prendiamo a confronto un mattone ed una pentola d'acqua, il mattone ci impiegherà meno tempo a scaldarsi ma poco tempo a raffreddarsi, comportamento completamente opposto invece assume 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 l'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 ma il clima viene influenzato anche dalla omogeneità delle terre.

2.3 Riflessione e rifrazione della luce

Circa il 71% della superficie terrestre è costituito da acqua, questa è una superficie trasparente, il fotone di luce quando 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 di dare i colori a 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 rimesso 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 le mette in agitazione aumentandone in questo modo 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; ad 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 diverse zone che riflettono più che 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 nell'equatore i raggi arrivano perpendicolarmente, un quantitativo elevato di energia colpirà una zona tutto sommato limitata, ma se lo stesso livello di energia va ad incidere in modo non perpendicolare su un territorio più ampio. Lo stesso quantitativo di energia è dunque diffuso in un area più grande, allontanandoci dall'equatore e quindi ci saranno anche temperature più basse.

2.4 Flusso di energia nel comparto biologico

Il flusso di energia comporta implicazioni anche sulla materia vivente e per le strutture di questa materia in organismi e comunità. Abbiamo un organismo soggetto ad un ingresso e perciò anche ad un uscita di energia. La biomassa dell'organismo per mantenersi da uno stato lontano dall'equilibrio termodinamico deve continuamente mettere in atto lavoro che è permesso grazie all'energia chimica derivante dal materiale organico. Mangiando l'organismo, 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 sottoforma di calore. La biomassa che si verrà a formare sarà assimilabile da altri individui come gli erbivori e quindi il secondo livello trofico, una quota verrà utilizzata mentre l'altra verrà persa e una parte messa a disposizione per l'organismo carnivoro che costituisce il terzo livello trofico ed anche in questo 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, infatti, venisse a mancare un solo anello crollerebbe tutto il sistema.

Ad 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** dove ad ogni livello vengono a posizionarsi forme tassonomiche diverse ma funzionalmente simili, si parla quindi di ridondanza, che quindi da luogo al concetto di biodiversità. Gli organismi quindi iniziano ad 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 ovvero che 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 viene fatto poco, 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 (bianchi) come il deserto, sia erbivori che piante sono regolate da processi bottom-up
- In ecosistemi estremamente produttivi (verdi) la regolazione avviene da processi top-down
- In ecosistemi tra questi due estremi (gialli), 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 possibili.

L'efficienza è il rapporto tra ciò che viene prodotto rispetto a 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 posso 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 tutta 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.

E' 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% (80/90% dell'energia in questi passaggi viene persa).



Capitolo 3

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 ad 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 e viene gestita da due processi biologici importanti: la **fotosintesi** togliendo CO_2 dall'ambiente, producendo 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). 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 ad un aumento della CO_2 , che essendo un gas ad effetto serra, va a rallentare l'uscita degli infrarossi dal sistema terrestre. Questo fenomeno fa sì che gli infrarossi ristagnano e la temperatura aumenta, determinando così un cambiamento di clima.

Guardiamo ora come il percorso del carbonio. Un cadavere di un animale viene mineralizzato mediante decomposizione ad opera di alcuni microrganismi. Tutta l'energia chimica liberata è sotto forma di infrarosso e soprattutto la materia

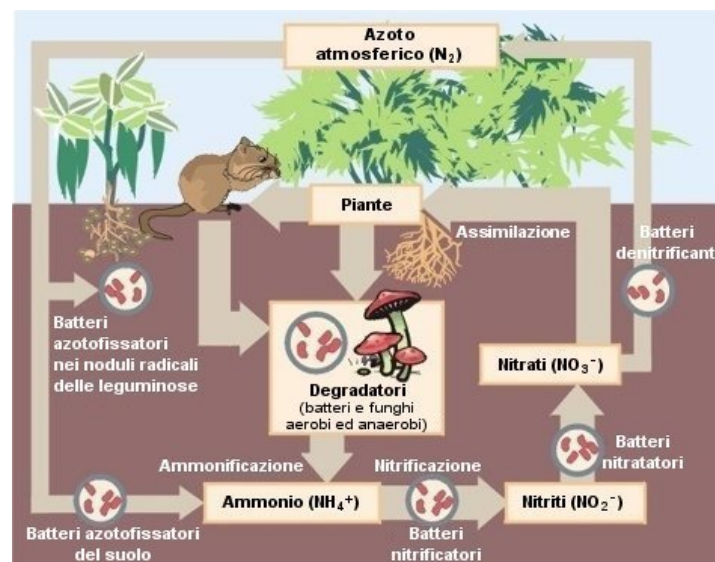


3.4 Ciclo dell'azoto

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 **azoto fissazione**. Questa forma viene utilizzata dai produttori primari che creano macromolecole a carattere organico con diverse finalità ed in questa forma l'azoto circola nella rete alimentare.



Come sempre la materia muore andando in contro 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 fanno chemiosintesi, attraverso la quale formano i nitrati; anche i nitrati possono essere usati dai produttori primari, ma questi presentano 3 atomi di ossigeno. Esistono quindi organismi che invece di respirare ossigeno atmosferico, sfruttano i nitrati, facendo così produrre 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 tra molecole (coesione), abbastanza



deboli, tanto che basta poca energia per causarne la rottura. L'acqua presenta degli spazi tra le molecole e inoltre ha delle cariche elettriche che riescono a far sì che sia un buon solvente, questo fatto consente il trasporto di tutti gli ioni che abbiamo nominato in precedenza.

La densità dell'acqua è un fattore molto importante, infatti la sua massima raggiunge i 3,98 m/V e si posiziona sui 4°C e 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, essa si muove, questo movimento che si attua permette alle masse d'acqua di muoversi. Inoltre avendo un altro 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 in modo da far entrare in vibrazione le molecole, infatti, 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 molto rilevabile ed 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. L'unica cosa che l'acqua è per la maggior parte salata, ma anche il concetto di dolce e salato non è corretto, infatti, entrambi contengono soluti e spesso sono sali.



Capitolo 4

Materia vivente

4.1 Habitat e nicchia ecologica

L'individuo ha una finalità: quella di duplicare il materiale genetico. Per poterlo fare deve **sopravvivere**, cosa non scontata visto che il mondo esterno contrasta la vita ed inoltre deve anche **accrescersi**. Se fa queste due cose la sua struttura sarà idonea alla riproduzione. La vita degli organismi è legata da 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 ed 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 influenzati dalle condizioni ambientali ma non le consumano né esauriscono. Tra queste troviamo: temperatura e umidità.

Perciò le condizioni servono ma non vengono consumate nel loro utilizzo, mentre una risorsa è consumabile e quindi entra in gioco la **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 ed adatti, riesce anche a riprodursi. Ecco quindi che gli organismi presenta 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 ed 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 delineato 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**.

Nel realizzare la nicchia ecologica troveremo altri organismi che vogliono a loro volta realizzare la loro nicchia dover però è presente l'organismo originario. Si crea una certa competizione, che si basa sulle 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 spesso 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**, che mostrano un'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. Questi 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.



Capitolo 5

Ecologia delle popolazioni

5.1 Popolazione

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:

- **densità** → numero di individui o quantità di biomassa per unità di superficie.

$$D = N/S$$

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; può permettere di comparare popolazioni di specie diverse.

- **distribuzione per età** → rappresenta, insieme con il sesso, 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 ad una colonna verticale; esistono anche grafici che rappresentano una **crescita negativa** che assumono una forma di piramide rovesciata.

- **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.

- Aspetti naturali:

- **accrescimento** → che può essere **esponenziale** o **logistico**.



5.2 Accrescimento esponenziale (popolazione R-stratega)

E' un meccanismo di accrescimento poco raffinato, che consente alla specie di colonizzare velocemente ecosistemi effimeri, cosa che non sarebbe possibile fare a molte altre specie che seguono un'altra strategia. Queste specie **r-strategie** 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 l'ambiente che non ponga limiti di spazio e di risorse utili per la crescita. Questa 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, questo 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, o meglio questi individui rimasti andranno a colonizzare nuovi ecosistemi.

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

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

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 $t \rightarrow 0$ (eq 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**.



Otengo 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 ad 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; 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 ed 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 climaz
- Stenoecie
- Alta resistenza
- Bassa resilienza

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

L'inizio dell'accrescimento anche in questo caso è di tipo esponenziale, questo perché comunque sia appena gli individui colonizzano un ambiente e 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 ad una semiretta che rappresenta la **capacità di sostentamento K** , con oscillazioni attorno a questo valore dipendente 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 la seguente:

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

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 ad 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 ad 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

Per specie che seguono l'accrescimento esponenziale, il tasso di mortalità e la natalità sono fissati geneticamente e non cambiano all'aumentare della popolazione, 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.

Nell'accrescimento logistico, mortalità e natalità sono valori anche in questo caso 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 stesse usufruendone. Se le risorse consentono la sopravvivenza di solo 100 individui questi saranno i migliori della popolazione di appartenenza, ma se viene a instaurarsi 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 ad uno sbilancio. 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 ad utilizzarla può esercitare una pressione più o meno forte.

Ogni specie ha a disposizione un certo numero di anni, certamente quando l'organismo nasce, e appena nato si trova in un mondo che contrasta il processo biologico quindi per accrescersi deve sopravvivere. Quando nasce ha elevate probabilità di sopravvivere fino ad una certa età, oltre la quale è sempre meno probabile



riuscirci. Si parla quindi di specie k-strateghe, che rimandano la fase di mortalità e r-strateghe che invece hanno più probabilità di morire alla nascita.

La sopravvivenza (\mathbf{l}_x) è concepita come la probabilità che un organismo viva dalla nascita fino all'età X:

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

La fecondità (\mathbf{m}_x), invece, indica il numero medio di femmine generate da una femmina ad ogni età della sua vita.

$M_3 = 4 \rightarrow$ una femmina al terzo anno di età ha generato 4 femmine



Capitolo 6

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 allo 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 come:

Aperta: una comunità in continuo movimento, ogni specie all'interno della comunità è distribuita in modo indipendente dalle altre e non ha confini ben definiti. A livello ambientale i cambiamenti non sono così drastici ma avviene in modo graduale.

Chiusa: lungo un gradiente di condizioni ambientali, le specie sono strettamente raggruppate insieme all'interno di ciascuna comunità. 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 cambiano, in alcune zone, questo cambiamento avviene in modo brutale, e da 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 in tempi lunghi.

Una comunità presenta diverse proprietà:

- **funzionali:** trasformazione e trasmissione di energia e la trasformazione della materia
- **strutturali:** numero di specie, ricchezza specifica, la diversità trofica e l'ab-



bondanza specifica relativa, ovvero il numero relativo di organismi delle diverse popolazioni

La struttura della comunità invece è determinata da vari fattori:

- **Abiotici:** clima, latitudine, continentalità e disturbi
- **Biotici:** interazioni intraspecifiche

L'interazione può essere sia **negativa** che **positiva** per una delle due specie e quindi alza o abbassa il numero di individui oppure può essere negativa o positiva per entrambe.

- **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 ad un effetto per la specie predatore 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 pregiudizio
- **Commensalismo:** una specie beneficia della presenza di un'altra specie
- **Mutualismo:** porta vantaggi ad 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 il primo la **dimensione** e il secondo la **distanza dalla terra ferma** 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 ho 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 avremo 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 lontananza vicinanza e grandezza dell'isola. Il tasso di colonizzazione sarà alto quando non ci sono molte specie. Man mano che arrivano le specie dalla ecosistema madre, la velocità di colonizzazione diminuisce. Quando le specie sono poche, saranno poche anche quelle che si estinguono, mentre più le specie aumentano, aumenta anche 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 ad 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 è la nascita e l'accrescimento ovvero il concetto di **successione biologica** ovvero, 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**. Le sequenze 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:

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

Possono essere distinte 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 ad 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

6.4 Proprietà funzionali nelle comunità - parte 2a

La comunità simula in un certo senso il singolo organismo. Abbiamo quindi una fase iniziale dove l'organismo si accresce, una comunità tramite colonizzazione sin forma ed inizia ad accrescersi per raggiungere una 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 differenzia in una prima fase in cui la produzione lorda e la respirazione consentono di avere una produzione netta che consente 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 precedenti lezioni 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:

1. **Resistenza:** Capacità dell'ambiente o della materia vivente di resistere a dei danni subiti durante i suoi stadi vitali.
2. **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, infatti:

Sistema giovane:

- $P > R$
- 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.

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 queste condizioni si è visto che la materia vivente è in grado di adattarsi. E' 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.

6.5 Eterogeneità

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

Ciò che determina l'eterogeneità è:

- **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.
- **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 ripartizione degli individui nelle diverse unità sistematiche. Per misurare la ricchezza in specie di una comunità conto 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 ad un metodo alternativo che utilizza indici, rendendo la misura indipendente dalla dimensione del campione.

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

S = numero di specie

N = numero di individui

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



a è il numero di specie trovate in funzione degli individui campionati, questo perché 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 perché la funzione con cui il numero di specie è relazionata al numero di individui è logaritmico. -1 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** $\rightarrow D = \frac{\sum(n/N_{tot})}{\sum(P_i x P_i)} = \frac{1}{\sum P_i^2}$
- La probabilità che due individui campionati appartengano a specie diverse è determinata dall'**indice di eterogeneità di Simpson** $\rightarrow 1 - D = 1 - \frac{1}{\sum P_i^2}$

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

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

6.6 Metodi di descrizione quantitativa delle comunità biologiche

Gli strumenti grafici fanno riferimento alla ricchezza in 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 \rightarrow E' definito modello a nicchia orientata perché presuppongono 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 non un numero eccessivo di specie perché queste satureranno lo spazio a disposizione in modo veloce. Riassumendo, le specie colonizzano un'area in successione ed ognuna utilizza una frazione costante delle risorse alimentari; la comunità risulterà formata da poche specie con una abbondanza che decresce in funzione del tempo di arrivo della specie stessa.

Broken Stick \rightarrow Se invece ipotizziamo che all'inizio arrivano diverse specie simultaneamente, allora queste partono tutte con la stessa quantità di risorsa. 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 → Questa struttura mi dice che le comunità che si configurano in questo modo sono costituite da poche specie rare, poche specie comuni e che 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; quindi è un momento di transizione di una struttura di cui non ho studiato bene tutto il sistema. Se l'avessi fatto, avrei trovato una distribuzione log normale.

6.7 Fattori che riducono l'eterogeneità biologica

Un fattore sono le perturbazioni indotte dall'attività umana, e la perdita e frammentazione di habitat per costruzioni di città o strade, abbiamo un abbassamento della diversità biologica. Questo può determinare cambiamenti ambientali che riducono la ricchezza in specie e le dimensioni delle popolazioni, più che perdita netta si parla di frammentazione. Dove l'ambiente confina con un'altro perturbato, in qualche modo questa perturbazione entra nell'ecosistema, 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 dovuti alla 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.



Capitolo 7

Ecosistemi e biomi

7.1 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 e 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 ad 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 trasformata in energia chimica dagli organismi autotrofi, passando poi alla rete trofica ed infine dissipata sotto forma di calore. La materia di un ecosistema invece deve essere riciclata per forza poiché essa è limitata, è bene quindi che le comunità siano strutturate in modo da far sì 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 il 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 ad uno squilibrio degli ecosistemi, infatti, 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.

Teoria dell'impronta ecologica → Viene definita come la quantità/superficie di territorio ecologicamente produttivo nelle diverse categorie (terreni agricoli, pascoli etc) 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 dei fenomeni grazie al movimento dell'acqua di erosione, questi 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 vi è un'alta concentrazione di produzione primaria solo nelle zone intermedie, mentre nei laghi vi 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 ad una formazione biologica coerente che si ripete con manifestazioni ecologicamente equivalenti in un'identica fascia climatica. Possono interessare sia acquatiche che terrestri. 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 come: intorno ad 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 ed impediscono all'aria umida di raggiungere l'entroterra. Presentano un produzione primaria pressoché inesistente.

Foresta temperata Caratterizzata da rilevanti variazioni stagionali con estati calde e inverni freddi, presenta un 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 e estati corte che provocano delle 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, 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.



Capitolo 8

Fonti per testo e immagini; autori; licenze

8.1 Testo

- **Corso:Ecologia/Introduzione/Introduzione all'ecologia** *Fonte:* https://it.wikitolearn.org/Corso%3AEcologia/Introduzione/Introduzione_all'ecologia?oldid=40220 *Contributori:* Cricchio14
- **Corso:Ecologia/Introduzione/Forme di energia** *Fonte:* https://it.wikitolearn.org/Corso%3AEcologia/Introduzione/Forme_di_energia?oldid=46536 *Contributori:* Cricchio14 e Khaos
- **Corso:Ecologia/Introduzione/Natura della radiazione solare** *Fonte:* https://it.wikitolearn.org/Corso%3AEcologia/Introduzione/Natura_della_radiazione_solare?oldid=40226 *Contributori:* Cricchio14
- **Corso:Ecologia/Flusso di energia/Flusso nel sistema terrestre** *Fonte:* https://it.wikitolearn.org/Corso%3AEcologia/Flusso_di_energia/Flusso_nel_sistema_terrestre?oldid=40236 *Contributori:* Cricchio14
- **Corso:Ecologia/Flusso di energia/Flusso di energia e clima** *Fonte:* https://it.wikitolearn.org/Corso%3AEcologia/Flusso_di_energia/Flusso_di_energia_e_clima?oldid=40237 *Contributori:* Cricchio14
- **Corso:Ecologia/Flusso di energia/Riflessione e rifrazione della luce** *Fonte:* https://it.wikitolearn.org/Corso%3AEcologia/Flusso_di_energia/Riflessione_e_rifrazione_della_luce?oldid=40241 *Contributori:* Cricchio14
- **Corso:Ecologia/Flusso di energia/Flusso di energia nel comparto biologico** *Fonte:* https://it.wikitolearn.org/Corso%3AEcologia/Flusso_di_energia/Flusso_di_energia_nel_comparto_biologico?oldid=40257 *Contributori:* Cricchio14
- **Corso:Ecologia/Flusso di energia/Efficienza biologica** *Fonte:* https://it.wikitolearn.org/Corso%3AEcologia/Flusso_di_energia/Efficienza_biologica?oldid=40274 *Contributori:* Cricchio14
- **Corso:Ecologia/Cicli biogeochimici/Pool di riserva e pool di scambio** *Fonte:* https://it.wikitolearn.org/Corso%3AEcologia/Cicli_biogeochimici/Pool_di_riserva_e_pool_di_scambio?oldid=40287 *Contributori:* Cricchio14
- **Corso:Ecologia/Cicli biogeochimici/Ciclo del carbonio** *Fonte:* https://it.wikitolearn.org/Corso%3AEcologia/Cicli_biogeochimici/Ciclo_del_carbonio?oldid=41437 *Contributori:* Cricchio14
- **Corso:Ecologia/Cicli biogeochimici/Ciclo del fosforo** *Fonte:* https://it.wikitolearn.org/Corso%3AEcologia/Cicli_biogeochimici/Ciclo_del_fosforo?oldid=41438 *Contributori:* Cricchio14
- **Corso:Ecologia/Cicli biogeochimici/Ciclo dell'azoto** *Fonte:* https://it.wikitolearn.org/Corso%3AEcologia/Cicli_biogeochimici/Ciclo_dell'azoto?oldid=40299 *Contributori:* Cricchio14



- **Corso:Ecologia/Cicli biogeochimici/Ciclo dell'acqua** Fonte: https://it.wikitolearn.org/Corso%3AEcologia/Cicli_biogeochimici/Ciclo_dell'acqua?oldid=40302 *Contributori:* Cricchio14
- **Corso:Ecologia/Materia vivente/Habitat e nicchia ecologica** Fonte: https://it.wikitolearn.org/Corso%3AEcologia/Materia_vivente/Habitat_e_nicchia_ecologica?oldid=40310 *Contributori:* Cricchio14
- **Corso:Ecologia/Ecologia delle popolazioni/Popolazione** Fonte: https://it.wikitolearn.org/Corso%3AEcologia/Ecologia_delle_popolazioni/Popolazione?oldid=40323 *Contributori:* Cricchio14
- **Corso:Ecologia/Ecologia delle popolazioni/Accrescimento esponenziale (popolazione R-stratega)** Fonte: [https://it.wikitolearn.org/Corso%3AEcologia/Ecologia_delle_popolazioni/Accrescimento_esponenziale_\(popolazione_R-stratega\)?oldid=49052](https://it.wikitolearn.org/Corso%3AEcologia/Ecologia_delle_popolazioni/Accrescimento_esponenziale_(popolazione_R-stratega)?oldid=49052) *Contributori:* V.e.padulano, Dan, Cricchio14 e Alessandrobucca
- **Corso:Ecologia/Ecologia delle popolazioni/Accrescimento logistico (popolazione K-stratega)** Fonte: [https://it.wikitolearn.org/Corso%3AEcologia/Ecologia_delle_popolazioni/Accrescimento_logistico_\(popolazione_K-stratega\)?oldid=49051](https://it.wikitolearn.org/Corso%3AEcologia/Ecologia_delle_popolazioni/Accrescimento_logistico_(popolazione_K-stratega)?oldid=49051) *Contributori:* Cricchio14 e Alessandrobucca
- **Corso:Ecologia/Ecologia delle popolazioni/Natalità e mortalità** Fonte: https://it.wikitolearn.org/Corso%3AEcologia/Ecologia_delle_popolazioni/Natalit%C3%A0_e_mortalit%C3%A0?oldid=40328 *Contributori:* Cricchio14
- **Corso:Ecologia/Ecologia delle popolazioni/Strategie di sopravvivenza** Fonte: https://it.wikitolearn.org/Corso%3AEcologia/Ecologia_delle_popolazioni/Strategie_di_sopravvivenza?oldid=40424 *Contributori:* Cricchio14
- **Corso:Ecologia/Comunità e popolazioni/Struttura della comunità** Fonte: https://it.wikitolearn.org/Corso%3AEcologia/Comunit%C3%A0_e_popolazioni/Struttura_della_comunit%C3%A0?oldid=40473 *Contributori:* Cricchio14
- **Corso:Ecologia/Comunità e popolazioni/Biogeografia delle isole** Fonte: https://it.wikitolearn.org/Corso%3AEcologia/Comunit%C3%A0_e_popolazioni/Biogeografia_delle_isole?oldid=40475 *Contributori:* Cricchio14
- **Corso:Ecologia/Comunità e popolazioni/Proprietà funzionali nelle comunità** Fonte: https://it.wikitolearn.org/Corso%3AEcologia/Comunit%C3%A0_e_popolazioni/Propriet%C3%A0_funzionali_nelle_comunit%C3%A0?oldid=40476 *Contributori:* Cricchio14
- **Corso:Ecologia/Comunità e popolazioni/Proprietà funzionali nelle comunità - parte 2a** Fonte: https://it.wikitolearn.org/Corso%3AEcologia/Comunit%C3%A0_e_popolazioni/Propriet%C3%A0_funzionali_nelle_comunit%C3%A0_-_parte_2a?oldid=41108 *Contributori:* Riccardo Iaconelli, V.e.padulano e Cricchio14
- **Corso:Ecologia/Comunità e popolazioni/Eterogeneità** Fonte: https://it.wikitolearn.org/Corso%3AEcologia/Comunit%C3%A0_e_popolazioni/Eterogeneit%C3%A0?oldid=41103 *Contributori:* Cricchio14
- **Corso:Ecologia/Comunità e popolazioni/Metodi di descrizione quantitativa delle comunità biologiche** Fonte: https://it.wikitolearn.org/Corso%3AEcologia/Comunit%C3%A0_e_popolazioni/Metodi_di_descrizione_quantitativa_delle_comunit%C3%A0_biologiche?oldid=41137 *Contributori:* Cricchio14
- **Corso:Ecologia/Comunità e popolazioni/Fattori che riducono l'eterogeneità biologica** Fonte: https://it.wikitolearn.org/Corso%3AEcologia/Comunit%C3%A0_e_popolazioni/Fattori_che_riducono_l'eterogeneit%C3%A0_biologica?oldid=41138 *Contributori:* Cricchio14
- **Corso:Ecologia/Ecosistemi e biomi/Gli ecosistemi** Fonte: https://it.wikitolearn.org/Corso%3AEcologia/Ecosistemi_e_biomi/Gli_ecosistemi?oldid=41392 *Contributori:* Cricchio14
- **Corso:Ecologia/Ecosistemi e biomi/Ecosistemi acquatici e fluviali** Fonte: https://it.wikitolearn.org/Corso%3AEcologia/Ecosistemi_e_biomi/Ecosistemi_acquatici_e_fluviali?oldid=41410 *Contributori:* Cricchio14
- **Corso:Ecologia/Ecosistemi e biomi/I biomi** Fonte: https://it.wikitolearn.org/Corso%3AEcologia/Ecosistemi_e_biomi/I_biomi?oldid=41411 *Contributori:* Cricchio14



8.2 Immagini

- **File:Ciclo_del_fosforo.jpg** Fonte: http://it.wikitolearn.org/images/it/5/50/Ciclo_del_fosforo.jpg Licenza: ? Contributori: ? Artista originale: ?
- **File:Ciclo_dellAzoto.jpg** Fonte: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/60/Ciclo_dellAzoto.jpg Licenza: Public domain Contributori: This file has been **extracted** from another file Artista originale: Greywolf
- **File:Diagramma_Ciclo_del_Carbonio.png** Fonte: http://it.wikitolearn.org/images/it/6/6f/Diagramma_Ciclo_del_Carbonio.png Licenza: ? Contributori: ? Artista originale: ?
- **File:Grafico_numero_di_specie_sulle_isole_.gif** Fonte: http://it.wikitolearn.org/images/it/6/68/Grafico_numero_di_specie_sulle_isole_.gif Licenza: ? Contributori: ? Artista originale: ?
- **File:LE_MIE_PAGINE.pdf** Fonte: http://it.wikitolearn.org/images/it/9/92/LE_MIE_PAGINE.pdf Licenza: ? Contributori: ? Artista originale: ?
- **File:Piramidi_di_accrescimento_popolazioni.jpg** Fonte: http://it.wikitolearn.org/images/it/b/b2/Piramidi_di_accrescimento_popolazioni.jpg Licenza: ? Contributori: ? Artista originale: ?

8.3 Licenza dell'opera

- [Project:Copyright Creative Commons Attribution Share Alike 3.0 & GNU FDL]
- [Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0](#)

