«Quando si descrive un'associazione vegetale si fa riferimento ad un momento del divenire inarrestabile della sua composizione e della sua struttura, un po' come una fotografia cristallizza un preciso momento della vita di un individuo. Ogni comunità vegetale è dunque lo specchio di una situazione ecologica attuale, che è il risultato del passato e che contiene in se i germi per gli sviluppi futuri.

Valerio Giacomini

La regolazione nei sistemi ecologici

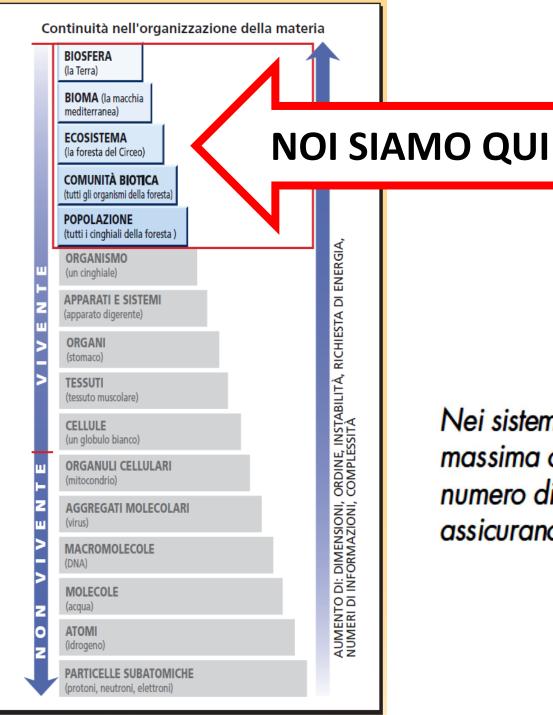
Lezione 7



La definizione di essere vivente di Pietro Omodeo

"Un essere vivente è un sistema cellulare aperto, autoriproducibile, attraversato da flussi autoregolati di materia, di energia e di informazione che ne consentono la crescita, lo sviluppo e la **conservazione dello stato** stazionario. Per queste loro caratteristiche le popolazioni dei viventi sono in grado di evolversi nel tempo adeguandosi alle mutevoli condizioni ambientali".





A quale livello di organizzazione ci situiamo?

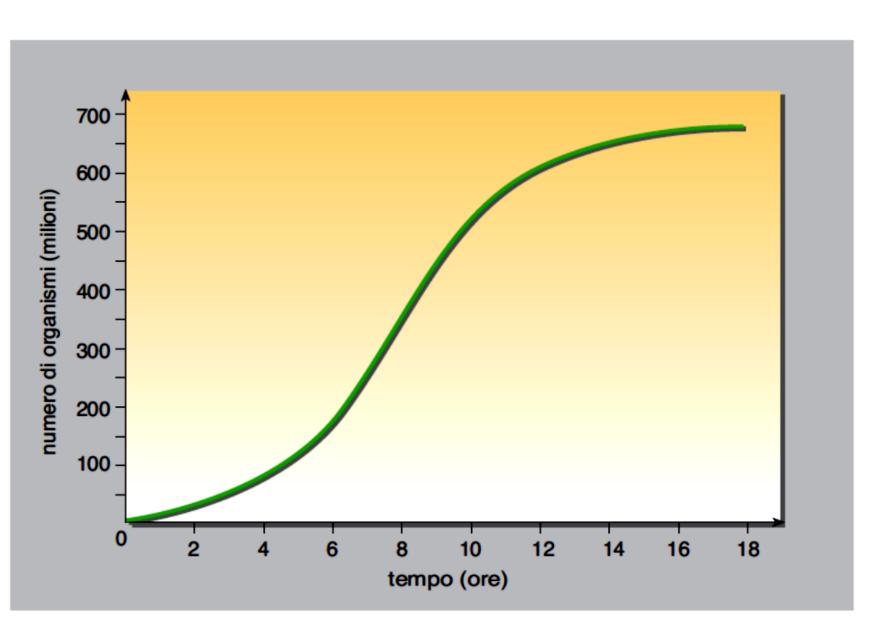
Nei sistemi ecologici il fenomeno "vita" raggiunge la massima complessità; ciò è evidenziato dall'enorme numero di meccanismi di regolazione che ne assicurano l'equilibrio.

Le popolazioni

Si definisce **popolazione** un gruppo di organismi appartenenti alla stessa specie che vive contemporaneamente in una determinata area.



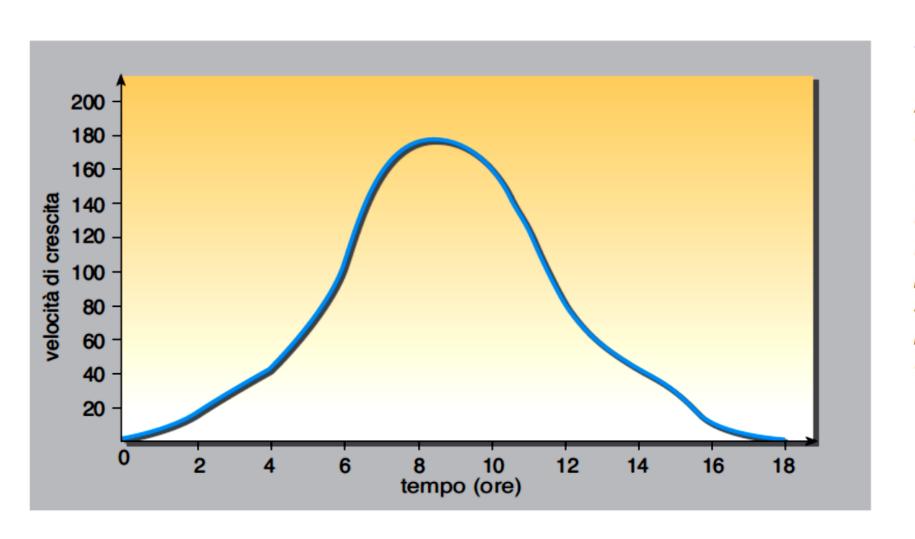
Curva di crescita di una popolazione



▼ Figura 2 - Curva di crescita di una popolazione di lieviti.

Sono stati riportati nel grafico i dati della Tavola I relativa alla crescita di una popolazione di lieviti. La curva mostra un tipico andamento a S, con una fase iniziale di crescita lenta, seguita da una fase a crescita esponenziale. Dopo 8 ore, la velocità di crescita della popolazione inizia a diminuire, segno che cominciano a farsi sentire i fattori limitanti dell'ambiente (soprattutto disponibilità di spazio e di nutrienti), fino a arrivare a una fase stazionaria.

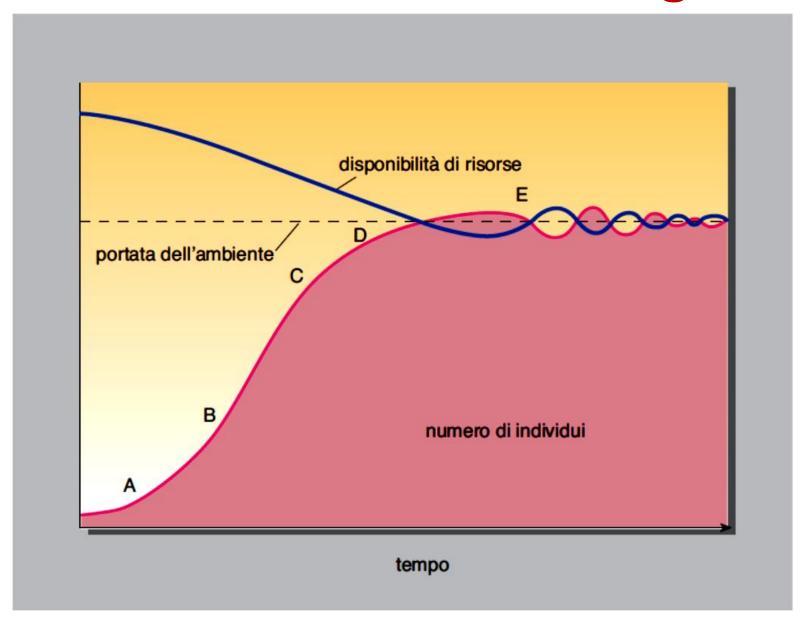
Curva di crescita di una popolazione



▼ Figura 3 - Variazione della velocità di crescita di una popolazione di lieviti.

I dati della terza colonna della Tavola I sono stati riportati in funzione del tempo. La velocità di crescita della popolazione aumenta prima lentamente, poi rapidamente. Intorno all'ottava ora si attesta a un valore massimo, per poi diminuire, prima rapidamente e poi lentamente, fino al valore zero.

Il modello logistico



▼ Figura 5 - II modello raffigurato nel grafico illustra bene la modalità di crescita di una popolazione, ad esempio di cinghiali, introdotta in un nuovo ambiente caratterizzato da scarsità di risorse alimentari. Come quella dei lieviti, anch'essa presenta un andamento a S: dopo un'iniziale crescita lenta (A), la crescita si fa via via più rapida (B). Nell'insieme le parti della curva indicate con A e B costituiscono la fase esponenziale che è seguita da un tasso di crescita via via più basso (C e D), dovuto al fatto che la crescita rallenta man mano che la popolazione si avvicina alla capacità portante dell'ambiente, fino a che la popolazione si stabilizza (E). Permangono solo piccole oscillazioni intorno alla portata dell'ambiente.

I fattori che influenzano la crescita delle popolazioni

I fattori che influenzano la crescita di una popolazione sono frequentemente suddivisi in fattori dipendenti dalla densità e fattori indipendenti dalla densità.

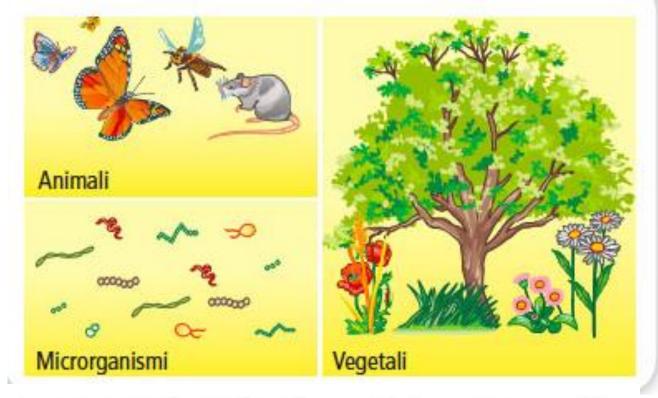


I primi (fattori densità-dipendenti) producono cambiamenti nei tassi di natalità e di mortalità al variare della densità di una popolazione; i secondi (fattori densità-indipendenti) possono provocare tali cambiamenti ma non dipendono dalla densità di una popolazione. Tra i primi possiamo citare la disponibilità di spazio e di cibo, che diminuisce all'aumentare della densità, provocando un aumento della competizione tra i membri di una popolazione e di conseguenza l'elevazione del tasso di mortalità e la diminuzione di quello di natalità. I fattori climatici e le perturbazioni ambientali operano invece come fattori indipendenti dalla densità. Spesso una popolazione può essere interessata da entrambi i tipi di fattori. La distinzione tra i due tipi di fattori non sempre è netta.

Le comunità biotiche

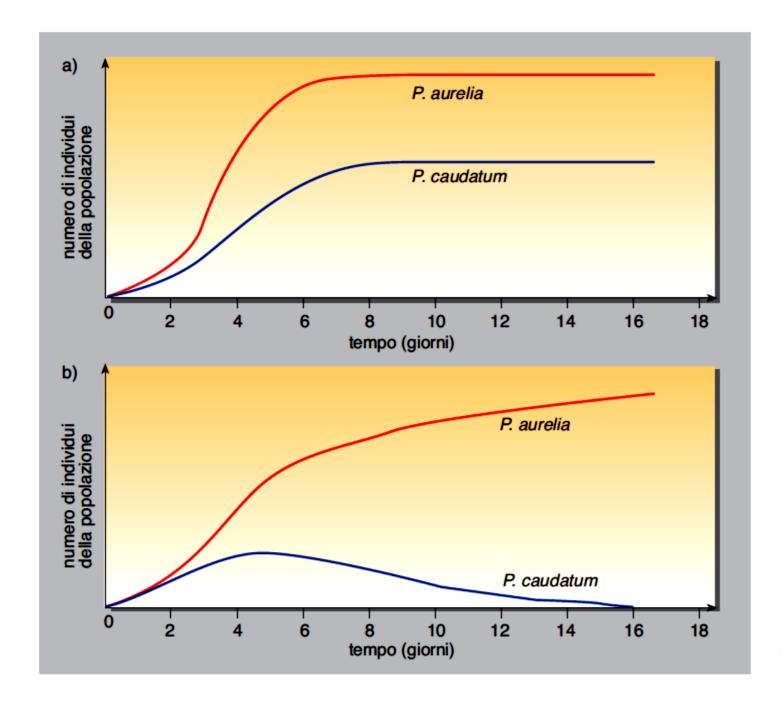
Si definisce comunità biotica l'insieme di tutte le popolazioni di organismi che vivono nello stesso ambiente e che interagiscono tra loro. Nonostante le interazioni all'interno di una comunità biotica siano in realtà molto complesse e diversificate, è possibile distinguerle in tre grandi gruppi.

1. Interazioni competitive o competizioni: si hanno quando due o più specie utilizzano le stesse risorse, quasi sempre presenti in quantità limitate,



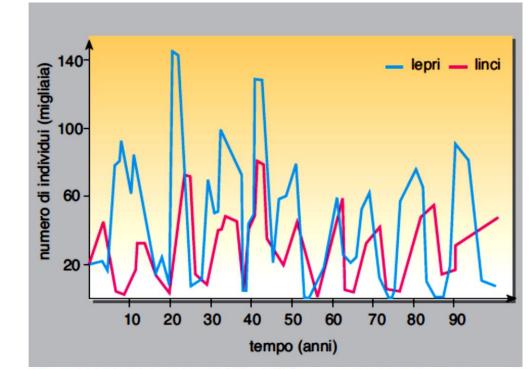
ca); è possibile anche che la competizione si verifichi tra gli individui appartenenti alla stessa specie (competizione intraspecifica).

- 2. Interazioni predatorie: si verificano quando un organismo si nutre a spese di un altro.
- 3. Interazioni simbiotiche: si hanno quando due individui appartenenti a specie diverse si associano in modo stabile tra loro.



La competizione: il principio dell'esclusione competitiva

▼Figura 11 - Il principio dell'esclusione competitiva dimostrato con gli esperimenti con i parameci. a) Curva di crescita delle due specie allevate separatamente. Si noti la minore velocità di crescita del Paramecium caudatum. b) Curva di crescita delle due specie coltivate insieme. La specie che si moltiplica più velocemente (Paramecium aurelia) elimina l'altra.



La predazione: equilibri preda / predatore

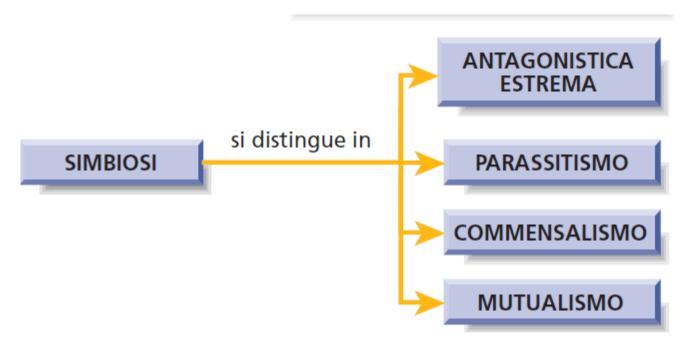




→ Figura 19 - Andamento delle popolazioni di lepri e di linci. Il grafico mostra il numero di lepri e di linci abbattute ogni anno nel nord del Canada in un periodo di circa 100 anni. Si noti come ogni circa 10 anni la popolazione di lepri raggiunga un picco, seguito, dopo uno o due anni, da un picco della popolazione di linci. I picchi di entrambe le specie sono seguiti ogni volta da una rapida diminuzione delle due popolazioni.

La simbiosi





Simbiosi mutualistica tra attinia e paguro

Si definisce successione ecologica la sequenza dei cambiamenti progressivi che si verificano nella comunità di vegetali e animali presenti in una determinata area. Le comunità biotiche, infatti, cambiano nel tempo e come ogni altro livello di organizzazione biologica, sono sistemi viventi che come tali hanno un loro sviluppo.

Se si considerano intervalli molto lunghi, dopo la colonizzazione iniziale di una certa area da parte di piante poco esigenti che costituiscono le associazioni pioniere, avvengono dei cambiamenti graduali nella composizione di una comunità. Si susseguono infatti diversi tipi di associazioni di vegetali (e animali che le accompagnano), dette stadi serali, fino a che si raggiunge uno stadio stabile e "maturo", detto comunità climax. La comunità climax costituisce lo stadio di massima stabilità per la comunità presente in un particolare habitat.

Le comunità evolvono verso una maggiore complessità: la successione ecologica

roccia nuda



licheni e muschi (associazioni pioniere)



erbe perenni e arbusti

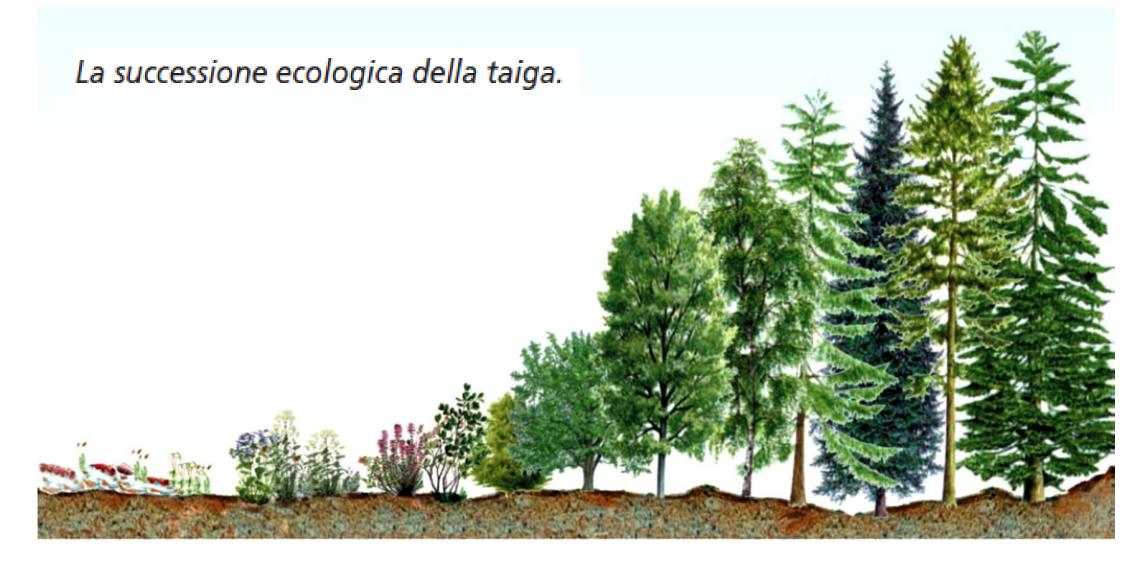


pioppi



foresta di abeti (stadio climax in equilibrio)

La successione della taiga



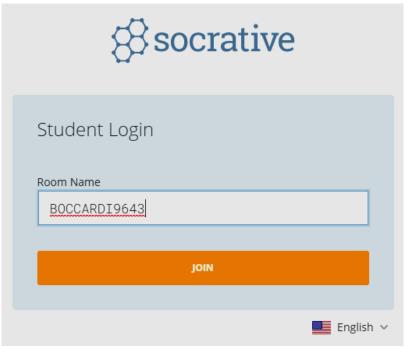
licheni e muschi sul suolo nudo erbe perenni

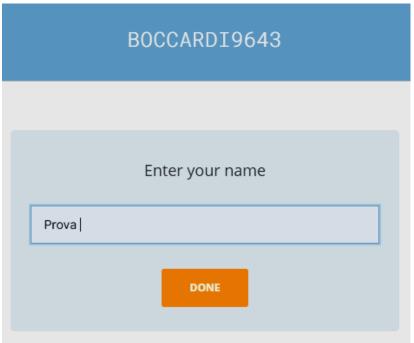
arbusti

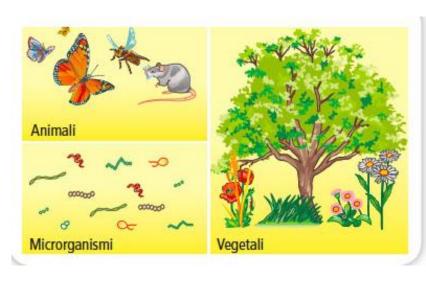
pioppi e pini

stadio climax: foresta di abeti Nel modello di crescita di tipo logistico (curva a S) quando si verifica la massima velocità di crescita?
Un aumento del numero delle prede che cosa provoca?

Scrivi su Socrative la risposta a queste due domande.









Gli ecosistemi

na comunità biotica, insieme con l'ambiente con cui interagisce, costituisce un ecosistema. Gli ecosistemi sono continuamente attraversati da flussi di energia, di materia e di informazioni. Il primo flusso ha origine nel Sole ed è a senso unico, poiché l'energia che circola tra i viventi viene

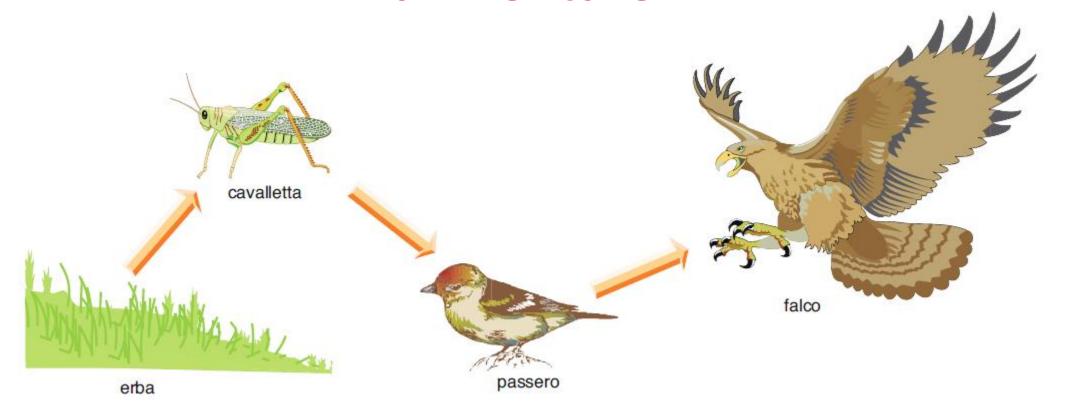
alla fine dispersa nell'ambiente. La materia, invece, è continuamente riciclata attraverso circuiti che, oltre agli organismi viventi, coinvolgono la litosfera, l'idrosfera e l'atmosfera. Un terzo flusso riguarda le informazioni: esso consente a un ecosistema di poter essere un sistema regolato.



La definizione di ecosistema

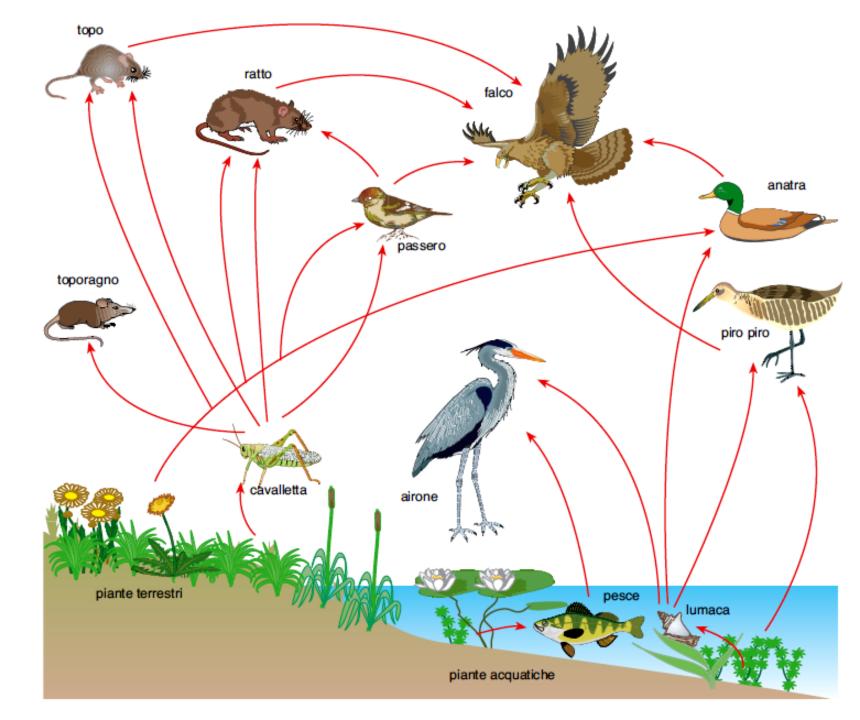
- Un ecosistema è costituito da una comunità biotica e dall'ambiente con il quale essa interagisce.
- Esso è attraversato da flussi di energia e da una circolazione di sostanze (flussi di materia) tra le sue parti. La materia viene riciclata, l'energia no.
- E' presente inoltre un flusso di informazioni che gli consente di essere un sistema autoregolato.

Flussi di materia e di energia: la catena alimentare



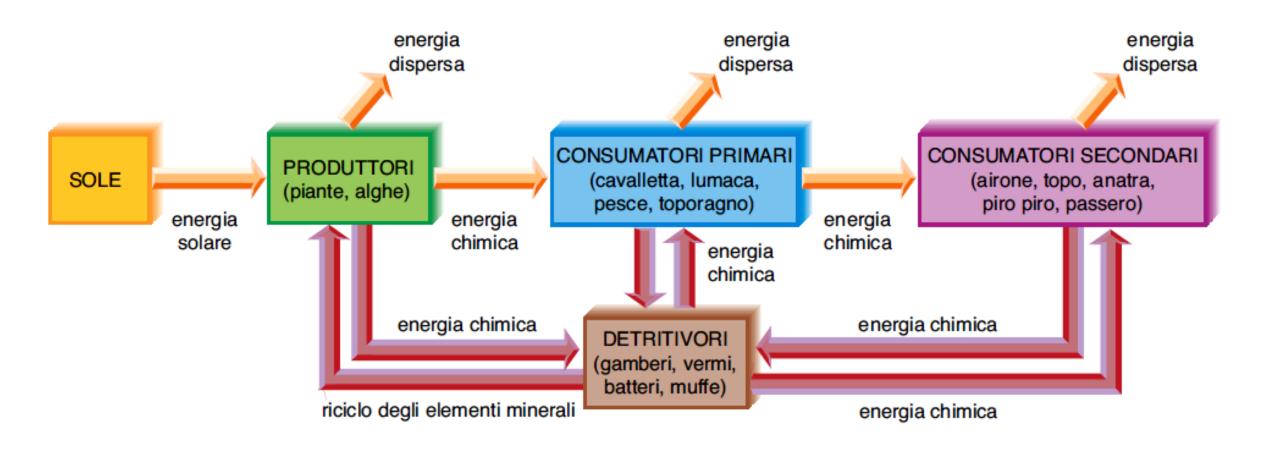
La catena alimentare è caratterizzata dal passaggio di materia e di energia da un organismo all'altro

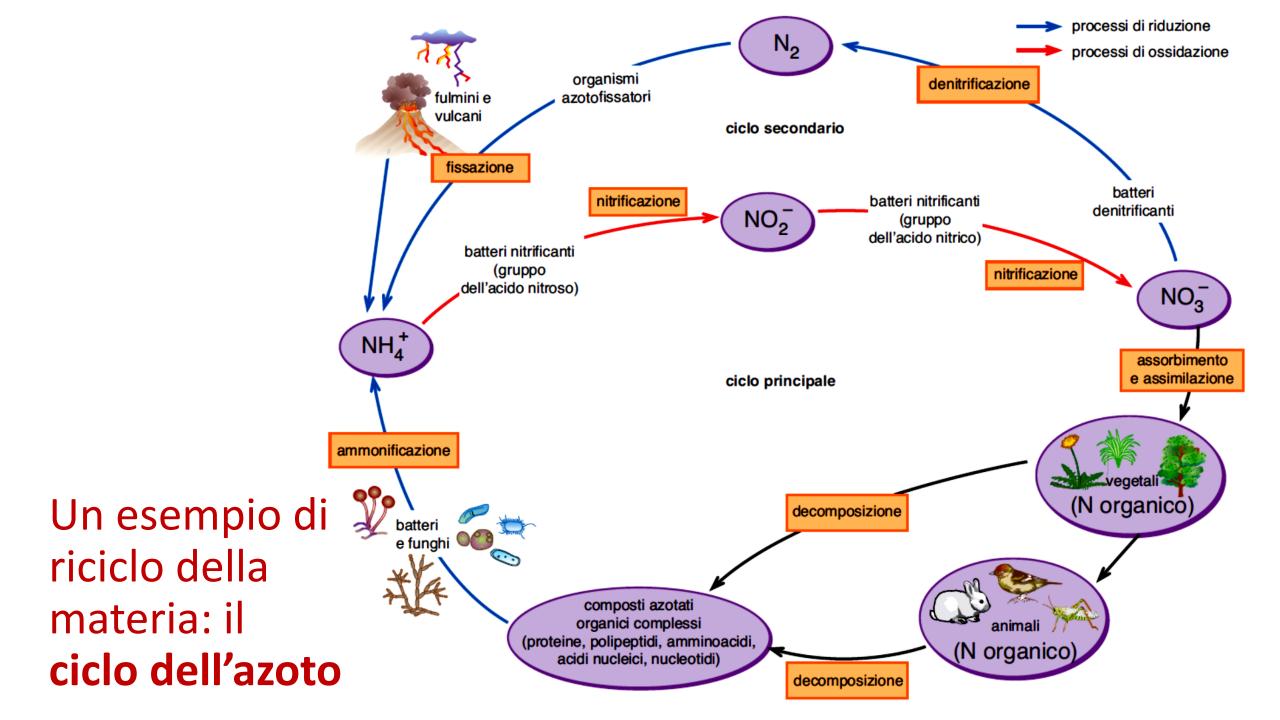
Flussi di materia e di energia: la rete alimentare



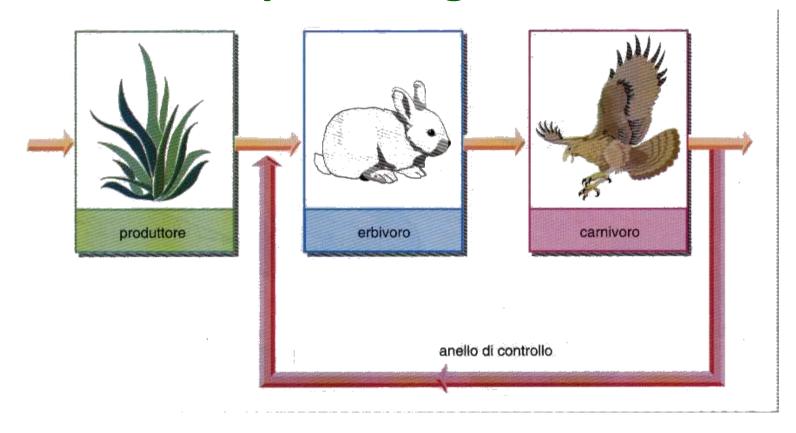
Flussi di materia e di energia negli ecosistemi

86. L'interdipendenza delle creature è voluta da Dio. Il Sole e la Luna, il cedro e il piccolo fiore, l'aquila e il passero: le innumerevoli diversità e disuguaglianze stanno a significare che nessuna creatura basta a se stessa, che esse esistono solo in dipendenza le une dalle altre, per completarsi vicendevolmente, al servizio le une delle altre.





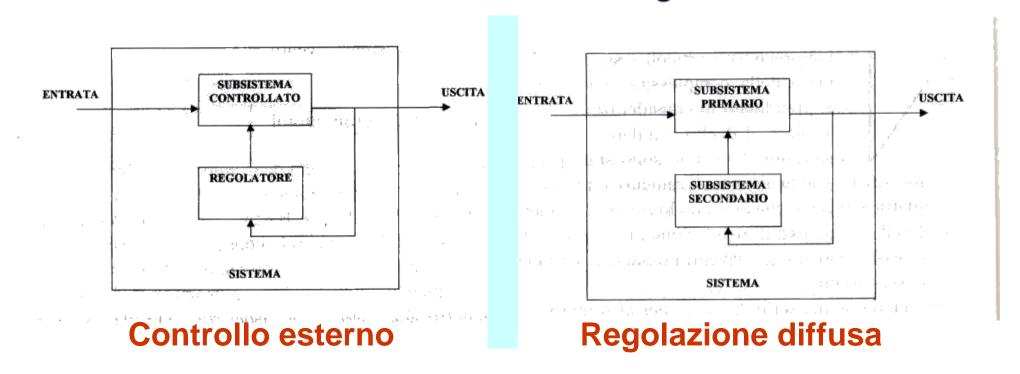
Un esempio di regolazione



- In un sistema a feedback è presente un **anello di controllo** grazie al quale l'uscita a valle, o parte di essa, è riciclata per controllare i componenti a monte.
- In questo esempio l'anello di controllo è rappresentato dalla **predazione dei carnivori**, che riduce, e quindi controlla, l'accrescimento degli erbivori presenti più a monte della catena alimentare.
- Un sistema lineare si trasforma così in un sistema in parte circolare.

La regolazione degli ecosistemi

Ciò che differenzia i meccanismi omeostatici che intervengono a livello dell'organismo da quelli presenti in un ecosistema è che mentre i primi prevedono un meccanismo di regolazione a feedback con controllo esterno, i secondi presentano un controllo a feedback con sistema di regolazione diffusa.



(organismo)

(ecosistema)

La regolazione degli ecosistemi

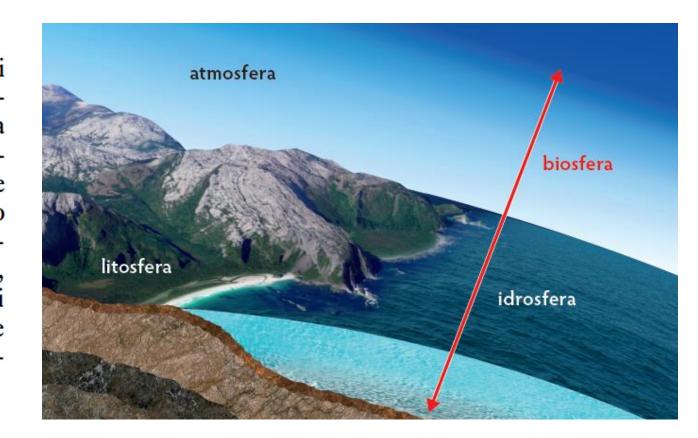
- ► Oltre ai flussi di energia ed ai cicli della materia, gli ecosistemi sono ricchi di **reti di informazioni**: flussi di informazioni fisiche e chimiche necessarie per i processi di regolazione. Quest'ultima è attuata attraverso meccanismi di feedback che possono essere:
- ▶ **feedback negativi** (*nodi a retroazione*): sono tipici meccanismi di correzione della variazione. Essi hanno un **effetto stabilizzante** e tendono al mantenimento dei sistemi intorno allo stato stazionario.
- ► **feedback positivi**: sono meccanismi di esaltazione della variazione. Essi hanno **effetto destabilizzante** e in un sistema maturo portano alla sua distruzione.

La biosfera

- l'atmosfera è l'involucro di gas che avvolge tutta la Terra;
- la litosfera è la parte solida del Pianeta, costituita dalle rocce e dal suolo;
- 📍 l'idrosfera è l'insieme di tutta l'acqua presente sul pianeta

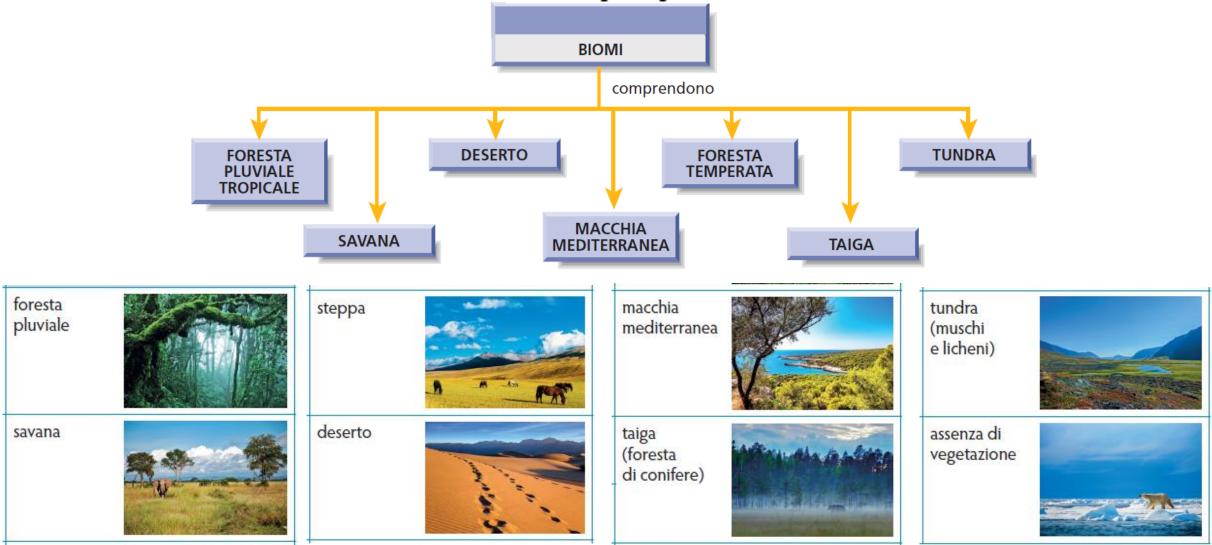
La biosfera compenetra le altre sfere, poiché la vita è presente sia nell'aria, sia nell'acqua, sia nel terreno. La biosfera comprende la litosfera fino a una certa profondità, l'intera idrosfera e l'atmosfera fino a una determinata altitudine.

La biosfera è la parte del pianeta in cui sono presenti organismi viventi. Essa include solo parte dell'atmosfera e della litosfera e l'intera idrosfera ed è costituita da un sottile strato di circa 10 km di spessore comprendente aria, suolo e acqua. Nelle zone emerse comprende il suolo sino alla profondità dove riescono a penetrare le radici delle piante e si rinvengono microrganismi, parte dell'atmosfera, dove vivono uccelli, insetti e chirotteri (pipistrelli), e le acque continentali (fiumi, torrenti, stagni e laghi); nelle zone oceaniche arriva sino alle massime profondità (fosse abissali), dove la vita è presente con forme molto particolari.



I biomi

I biomi sono estesi ambienti delle terre emerse in cui prevale una determinata comunità vegetale sostenuta dal clima. Il tipo di comunità biotica che si instaura è determinato soprattutto dalla temperatura e dalle precipitazioni.



Se improvvisamente venissero a mancare i detritivori, che cosa ti aspetteresti?

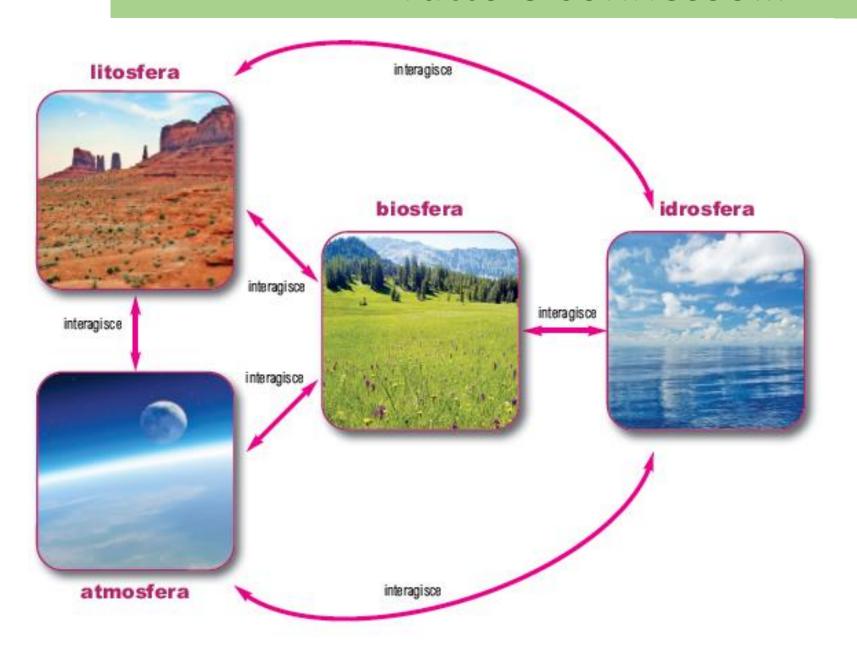
Lo sviluppo di una successione ecologica dalla roccia nuda fino allo stadio climax da quali meccanismi di feedback è regolato ?

Scrivi su Socrative la risposta a queste due domande.





Tutto è connesso...



Occorre "tener conto della natura di ciascun essere e della sua mutua connessione in un sistema ordinato"

Enciclica di papa Francesco *Laudato si'* (2015) n. 5



Nel corso degli ultimi decenni si sta affermando sempre più in biologia una nuova prospettiva "biosferocentrica", che mette in risalto le connessioni presenti tra le varie parti che costituiscono la Biosfera. Quest'ultima è considerata come un unico oggetto complesso che si evolve nel tempo, il massimo livello di organizzazione della vita il cui equilibrio è basato sulla presenza di un gran numero di meccanismi di regolazione a feedback negativo.

Un'ecologia integrale

138. Come i diversi componenti del pianeta – fisici, chimici e biologici – sono relazionati tra loro, così anche le specie viventi formano una rete che non finiamo mai di riconoscere e comprendere.

139. E' fondamentale cercare soluzioni integrali, che considerano le interazioni dei sistemi naturali tra loro e con

i sistemi sociali.

Le reti di interazioni e i meccanismi di regolazione aumentano ad ogni passaggio a un livello successivo di organizzazione dei viventi.



La prospettiva "biosferocentrica"

Secondo L. Galleni, la più grande scoperta della scienza del ventesimo secolo consiste nella "consapevolezza che ci troviamo a vivere su un piccolo pianeta a risorse limitate e dagli equilibri fragili".

Una serie di connessioni ...



A partire dalle prime idee in tal senso di P. Teilhard de Chardin, fino agli sviluppi più moderni di J. Lovelock e L. Margulis, tale approccio ha posto in risalto l'esistenza di una serie di connessioni che si sono stabilite tra le varie parti della Biosfera, e in particolare tra la componente vivente e quella non vivente.



La prospettiva "biosferocentrica"

Tale prospettiva mette in risalto le connessioni presenti tra le varie parti che costituiscono la Biosfera. Essa è considerata come un unico oggetto complesso che si evolve nel tempo, il massimo livello di organizzazione della vita il cui equilibrio è basato sulla presenza di un gran numero di meccanismi di regolazione a feedback negativo.

La prospettiva "biosferocentrica"

A partire da tale nuova consapevolezza l'etica ambientale, una branca della bioetica, dà molta importanza alla <u>relazione di tipo simbiotico</u> che sussiste tra la Biosfera e l'uomo.



La landscape ecology

Recentemente si sta assistendo al diffondersi di una nuova visione ecologica che potrebbe realizzare, nell'ambito dell'ecologia, una vera e propria rivoluzione: l'ecologia del paesaggio o landscape ecology.



ECOSISTEMA UOMO-NATURA bio-ecosistemi ecosistemi ecosistemi bio-ecosistemi agricoli tecnico-rurali urbano-tecnologici naturali DOMINANZA DI MANUFATTI ANTROPICI **PAESAGGIO** ecotopo **NATURALE PAESAGGIO** ecotopo SEMI-NATURALE foreste. **PAESAGGIO** pascoli, SEMI-AGRICOLO laghi campi, piantagioni **PAESAGGIO PAESAGG** piscicoltura **AGRICOLO APERTI** azienda agricola, **PAESAGGIO** fattoria, villaggio **RURALE PAESAGGI PAESAGGIO** sobborghi COSTRUITI **SUBURBANO PAESAGGI PAESAGGIO** CULTURALI città URBANO-INDUSTRIALE (**BIOSFERA TECNOSFERA** modificazione – trasformazione – ripristino dei bio-ecosistemi naturali informazioni bio-fisiche organismi naturali energia solare informazioni culturali e controllo manufatti antropici energia fossile

La landscape ecology

 mentre l'ecologia tradizionale afferma la necessità di studiare ambienti non disturbati, contrapponendo gli ambienti naturali a quelli artificiali, creati o modificati dall'uomo, l'ecologia del paesaggio considera invece una serie continua di paesaggi che passa gradatamente dagli ecosistemi naturali, nei quali l'az omo può, di fatto, considerarsi trascurabile, via via fino a quelli urbano-tecnologici dove l'impatto dell'uomo è fortissimo (Figura 26);

La landscape ecology

 da un punto di vista etico l'ecologia tradizionale contrappone l'uomo alla natura, ponendo l'accento sul ruolo negativo dell'uomo distruttore della natura; la landscape ecology cerca invece di graduare l'impatto delle attività umane compatibilmente con le vocazioni del territorio, contribuendo ad affrontare il problema dello sviluppo sostenibile e del benessere umano, e sottolineando il ruolo dell'uomo collaboratore della natura;



La landscape ecology: ecotessuto territoriale e paesaggio

L'ecologia del paesaggio considera invece due nuove categorie, l'ecotessuto e il paesaggio, che s'inseriscono tra quelle di ecosistema e di bioma



Un equilibrio fragile ...



L'uomo non può sopravvivere senza la Biosfera; d'altro canto la Biosfera non potrà sopravvivere se l'uomo non se ne farà carico.

Una simbiosi Biosfera - Noosfera

problema fondamentale dell'etica ambientale diventa pertanto quello di capire in che modo le attività umane possano inserirsi all'intero degli anelli di retroazione negativi della Biosfera, evitando il rischio che la loro trasformazione in anelli retroazione positivi determini una forte instabilità non più controllabile.



L'uomo: simbionte con la biosfera



Solo considerando la Noosfera, comprendente la globalità delle opere dell'uomo, una entità simbionte con Biosfera, sarà possibile mantenere la stabilità dei parametri che permettono sopravvivenza della vita e la sua evoluzione.

Un punto di rottura ...

Il concetto di geosistema, come ecosistema naturale, deve essere ulteriormente ampliato, allargandosi a comprendere anche il mondo socio economico, in modo da considerare le interazioni dei sistemi naturali non solo tra loro, ma anche con i sistemi sociali, diventando un vero e proprio *sistema* socio-ecologico, in quanto non può esistere l'ambiente senza l'uomo e neppure i sistemi sociali senza l'ambiente.



Il ritmo di alterazione dell'ambiente ha superato le possibilità del pianeta... può sfociare solamente in catastrofi.

Ambiente umano e ambiente naturale si degradano insieme



- Inquinamento e cambiamenti climatici
- La questione dell'acqua
- La perdita di biodiversità
- Il deterioramento della qualità della vita umana e la degradazione sociale
- L'inequità planetaria

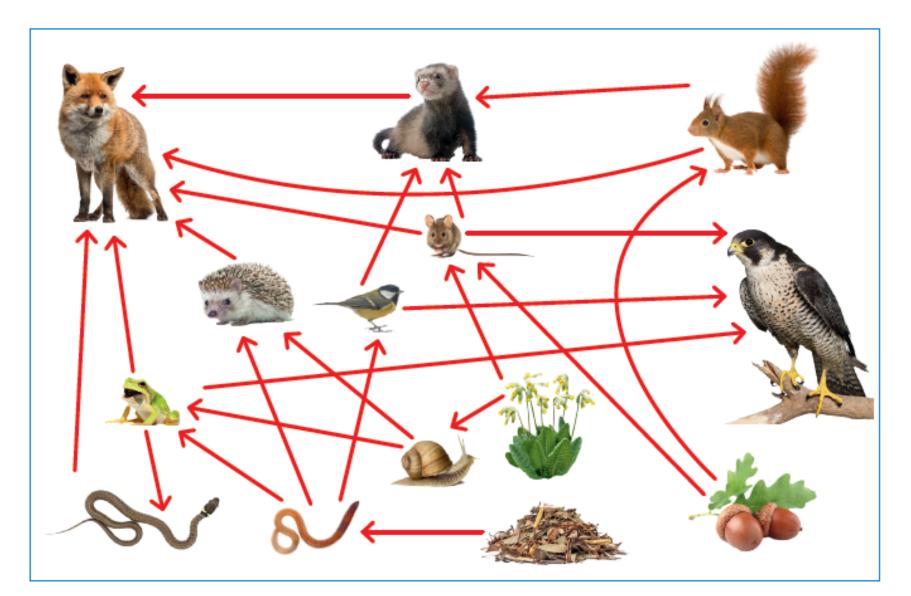
Un vero approccio ecologico diventa sempre un approccio sociale ... (48)





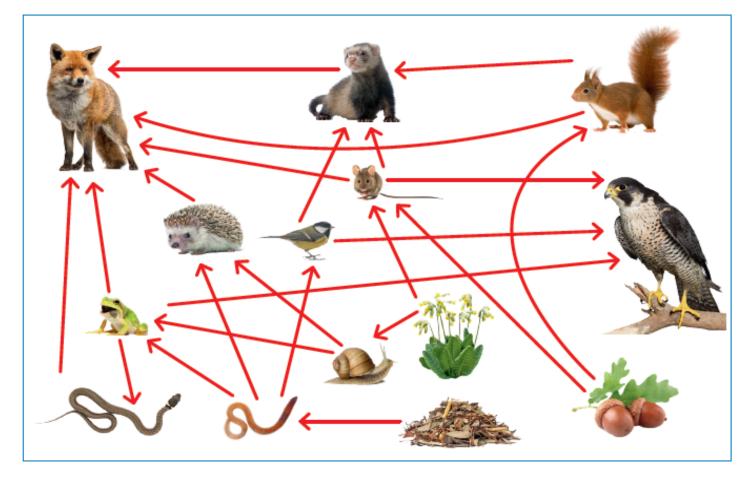
LA RETE ALIMENTARE

LABORATORIO



L'immagine è un esempio di rete alimentare tipica dei nostri boschi. Le frecce vanno lette come "è mangiato da..."

LA RETE ALIMENTARE



LABORATORIO

Immagina che un insetto parassita o un inquinante prodotto dall'uomo faccia diminuire improvvisamente il numero di primule. Indica se ciascuna delle seguenti previsioni è **VERA** o **FALSA**.

- Le chiocciole aumenteranno di numero.
- I ricci mangeranno meno chiocciole.
- Aumenterà la competizione tra scoiattoli e topi.
- Le cinciallegre mangeranno più lombrichi.

Un'ultima conclusione



Nel campo dell'ecologia si raggiunge il massimo livello di complessità della vita, caratterizzato da una complessa rete di meccanismi di regolazione. La biosfera è il livello più alto di organizzazione della vita il cui equilibrio è basato sulla presenza di un gran numero di meccanismi di regolazione a feedback negativo.

Bibliografia

- 1. V. Boccardi, «L'importanza della dimensione storico epistemologica nell'insegnamento delle scienze naturali Parte Prima La Biologia SICSI SCUOLA INTERUNIVERSITARIA CAMPANA DI SPECIALIZZAZIONE ALL'INSEGNAMENTO» (appunti per le lezioni di tirocinio indiretto).
- 2. V. Boccardi "I viventi come sistemi complessi: spunti didattici", Bollettino Sezione Campana ANISN, 46-48, 22, luglio 2001.
- 3. V. Boccardi, "Gli esseri viventi: un percorso sulla complessità", Didattica Delle Scienze, 5-9, 218, La Scuola, febbraio 2002.
- 4. V. Boccardi, "Gli esseri viventi: un percorso sulla complessità 2", Didattica Delle Scienze, 19-23, 219, La Scuola, aprile 2002.
- 5. V. Boccardi, "Gli esseri viventi: un percorso sulla complessità 3", Didattica Delle Scienze, 5-8, 220, La Scuola, maggio 2002.
- 6. V. Boccardi, Moduli di Biologia, Editrice La Scuola, 2002.
- 7. V. Boccardi, Moduli di Biologia per la riforma, Editrice La Scuola, 2009.
- 8. V. Boccardi, "Insegnare scienze naturali alla luce dell'enciclica "Laudato sì", Rivista Lasalliana, 197-206, 83, 2016.