

# GLI ECOSISTEMI

## STRUTTURA E FUNZIONI



Paola Muzi  
SETTEMBRE 2007

## GLI ECOSISTEMI: STRUTTURA E FUNZIONI

### Definizione di ecosistema

Il termine ecosistema (sistema ambiente), è stato proposto per la prima volta dall'ecologo inglese George Tansley nel 1935, ma il concetto di ecosistema come idea di un tutt'uno tra organismi ed ambiente risale a tempi molto antichi, anche se solo nel XX secolo è entrato nel gergo scientifico ufficiale.

Un ecosistema è costituito dall'insieme di tutti gli esseri viventi che si trovano in un determinato ambiente fisico-chimico, e dalle relazioni reciproche che intercorrono sia tra di essi che tra essi e l'ambiente circostante, e che mantengono un equilibrio e una omeostasi nel tempo attraverso il continuo scambio di materia e di energia.

Tutti i fattori ambientali di natura chimico-fisica che caratterizzano un ecosistema, quali la temperatura, il pH, la concentrazione di sali minerali, la quantità di luce, l'ossigeno e l'anidride carbonica disponibili costituiscono le componenti abiotiche. In questa parte inanimata detta "biotopo" alberga la comunità vivente costituita dall'insieme delle componenti biotiche; esse sono formate da specie vegetali, animali e microrganismi e sono dette nel loro insieme "biocenosi".

Si tratta, quindi, di un'associazione biologica che si è creata soprattutto a causa di particolari condizioni climatiche, pedologiche, idrologiche presenti in un determinato spazio geografico, il biotopo, che funge da "supporto attivo" per la comunità vivente (biocenosi).

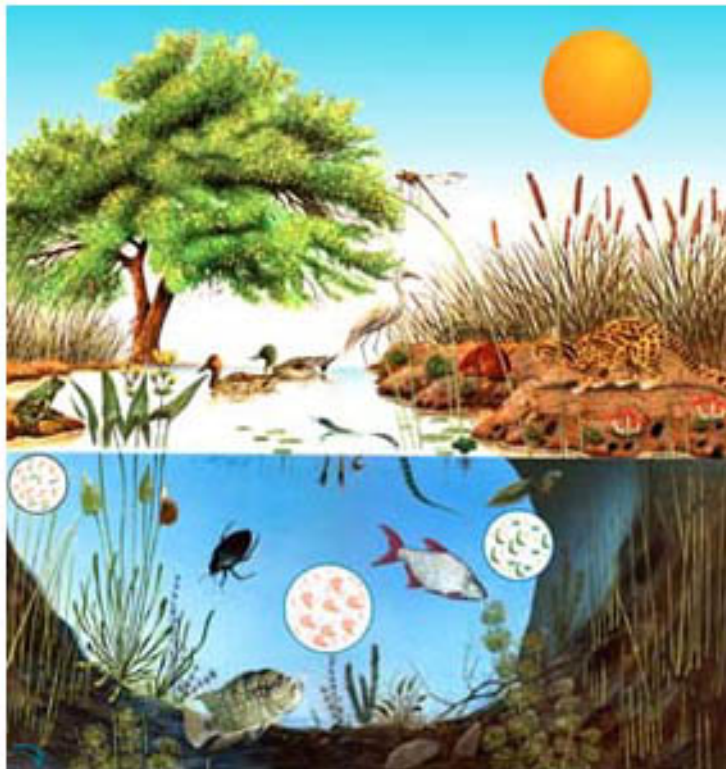


Fig. 1. Rappresentazione di un ecosistema.

Una comunità comprende tutte le popolazioni e gli organismi che abitano ed interagiscono tra loro in uno stesso ambiente. (fig 1)

Le interazioni tra le popolazioni possono essere di vario tipo:

- neutralismo: le popolazioni non interagiscono tra loro;

- competizione (per interferenza indiretta): entrambe le popolazioni si inibiscono reciprocamente;
- competizione (per sfruttamento): ciascuna popolazione inibisce indirettamente l'altra a causa dello sfruttamento di risorse comuni; La competizione tra organismi è tanto intensa quanto più essi sono simili, per esigenze o stili di vita.
- parassitismo e predazione: una popolazione influenza negativamente l'altra attaccandola direttamente; nella predazione (individuata da una catena di predatori) ogni popolazione è collegata in serie con le altre popolazioni.
- commensalismo: una popolazione è avvantaggiata mentre l'altra non è influenzata;
- protocoooperazione: interazione favorevole ad entrambe le popolazioni ma non obbligatoria;
- mutualismo: interazione favorevole ad entrambe le popolazioni, obbligatoria. Le interazioni competitive riguardano spazio, nutrienti, luce e prede.

La competizione può produrre una regolazione dell'equilibrio tra due popolazioni o una differenziazione delle loro attività giornaliere o stagionali; se invece una popolazione è decisamente più forte, può arrivare all'eliminazione dell'altra, o a costringerla ad usare un'altra zona o ad usare altro cibo. La tendenza alla separazione ecologica, risultante dalla competizione di specie simili tra loro, è nota come principio di esclusione competitiva.

Ciascuna specie, all'interno dell'ecosistema, occupa un determinato habitat, che è costituito dall'insieme delle condizioni ambientali da cui dipende la sua sopravvivenza, e che si determina attraverso l'interazione di tale specie con alcune delle componenti abiotiche disponibili e con alcune delle altre specie presenti. Tutte le condizioni fisiche chimiche e biologiche che permettono l'esistenza di una specie in quel particolare ambiente, costituiscono una nicchia ecologica. Per definizione una nicchia ecologica esiste solo se esiste una popolazione che la occupa.

Se si pensa ad es. all'ecosistema bosco, per bosco si intende tutto ciò che è compreso tra l'apice delle chiome degli alberi in alto e la roccia madre in basso, vivente o non vivente che sia. Tra gli esseri viventi si considerano quindi tutti i vegetali (alberi, arbusti, erbe, alghe, licheni), gli animali superiori (erbivori, carnivori), gli invertebrati (insetti, ragni, vermi), i funghi e i batteri, molti dei quali assolvono all'importante compito di degradazione delle sostanze morte. L'insieme degli organismi viventi (biocenosi) interagisce poi col clima e col suolo formando appunto, l'ecosistema bosco. (Fig. 2)

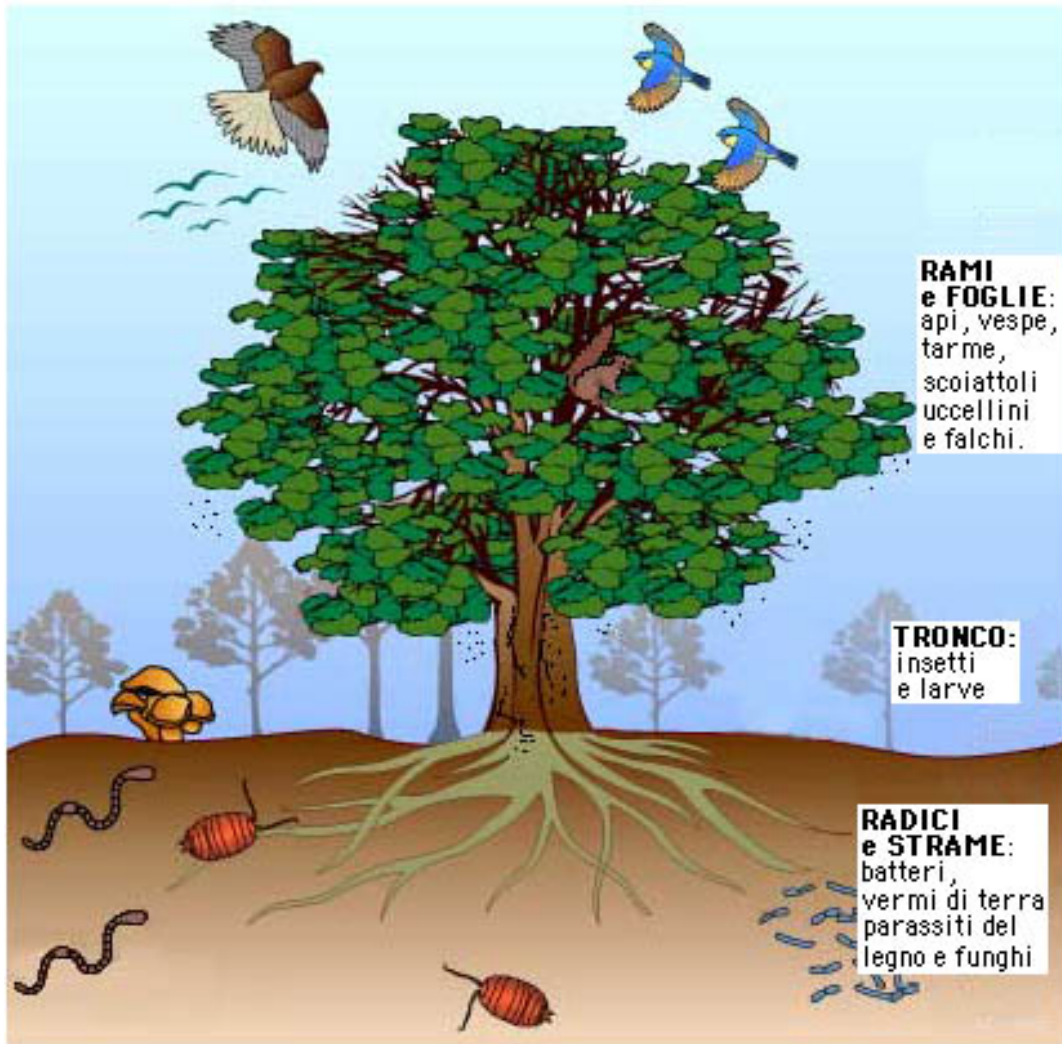


Fig. 2: L'ecosistema bosco

Sulla terra, la biosfera è data dall'insieme di una pluralità di ecosistemi caratterizzati da diverse dimensioni: i biomi. Essi sono dei macroecosistemi delimitati soprattutto in base al clima e alla vegetazione, che contengono a loro volta una miriade di ecosistemi. Esiste un numero enorme di ecosistemi diversi, per tipo ed estensione, ma ognuno di essi è integrato nel mondo circostante in maniera così completa che l'alterazione o la scomparsa di uno solo di essi si ripercuote su tutti gli altri. Fig. 3.

ghiaccio - tundra			
tundra	taiga		
deserto	prateria	foresta decidua	
deserto	savana	savana tropicale	foresta tropicale

Fig. 3: esempi di biomi terrestri

A livello ecologico i limiti degli ecosistemi sono facilmente riconoscibili, ma spesso sfumano l'uno nell'altro (ecotoni).

Non bisogna pensare all'ecosistema solo in scala gigante, come ad esempio una foresta tropicale o una grande barriera corallina; anche una zolla di terra con i suoi microrganismi rappresenta un ecosistema in scala microbica. La diversità ecologica o semplicemente diversità è il parametro che misura il numero di specie che convivono in un ecosistema.

Quando gli ecosistemi hanno raggiunto una certa stabilità, il numero di specie e l'abbondanza di individui per specie tende a regolarizzarsi. La stabilità di un ecosistema non dipende soltanto dal suo grado di organizzazione ma anche dal numero e dalla qualità delle interazioni che si stabiliscono tra le distinte specie: se questi valori risultano scarsi la persistenza temporale sarà breve. Perciò il grado di organizzazione dell'ecosistema dipende anche dalla persistenza delle specie, oltre che dal loro numero e dalla loro diversità.

Ci sono delle specie che possono assumere un ruolo chiave in questo senso, come ad esempio un particolare impollinatore che può essere un insetto o un pipistrello in un ecosistema tropicale. Se l'impollinatore viene a mancare, nel giro di poco tempo verrà a mancare tutta quella serie di organismi che dipendevano da esso, e di conseguenza tutte le specie che dipendevano dagli organismi vegetali per il loro sostentamento. In natura, nessun organismo vive per se stesso, ma tutti dipendono dall'ambiente circostante.

In sintesi si può affermare che l'ecosistema è l'unità funzionale di base in ecologia: esso è la più piccola entità, racchiusa in un confine, capace di autosostentamento attraverso utilizzazione di energia e rigenerazione dei nutrienti. Esso è formato dall'interazione tra le componenti non biotiche (l'ambiente chimico-fisico) e quelle biotiche (gli organismi viventi).

### **Termodinamica di un ecosistema**

L'ecosistema viene definito come un sistema aperto in cui sia la materia che l'energia vengono scambiate con l'ambiente circostante.

Un sistema si dice aperto quando c'è scambio sia di materia che di energia con l'ambiente esterno.

Un sistema si dice chiuso quando c'è scambio solo di energia (e non di materia) con l'ambiente esterno.

Un sistema si dice isolato quando non c'è scambio né di materia né di energia con l'ambiente esterno.

Nei sistemi aperti il flusso di materia e di energia si muove dalla concentrazione maggiore alla concentrazione minore. Quando le concentrazioni sono all'equilibrio, il flusso cessa. Il termine entropia dal greco "andare verso" indica la direzionalità del processo: infatti in tutti i processi di trasformazione energetica c'è un aumento di entropia. Si ha una diminuzione di entropia solo se dall'ambiente esterno interviene un flusso di materia e/o di energia volto a contenerla.

Esistono anche ecosistemi chiusi che sono autosufficienti perché la loro biocenosi può compiere tutte le tappe richieste. Tuttavia gli ecosistemi sono prevalentemente aperti, perché la loro biocenosi è insufficiente e richiede la collaborazione di altri ecosistemi circostanti.

Dal punto di vista termodinamico, l'ecosistema è in uno stato di equilibrio dinamico e non statico. Lo steady state o stato stazionario è caratterizzato dal minimo lavoro, da un minimo di entropia, dal massimo ordine per unità di flusso energetico e da una variazione media di entropia pari a zero. Affinché l'entropia possa essere mantenuta al minimo è importante che il disordine prodotto sia eliminato all'esterno tramite opportune strutture dissipative. Quindi complessivamente l'ecosistema può essere considerato come un sistema dissipativo. Tale dissipazione di energia consente la circolazione dei materiali mantenendo così l'organizzazione morfo-funzionale del sistema stesso. L'ambiente esterno dunque funziona da pozzo di entropia. In tali sistemi, l'ingresso di massa ed energia determina un aumento o almeno un mantenimento dell'energia libera disponibile nonché dell'organizzazione e del contenuto di informazione, riducendo con ciò

il contenuto dell'entropia (disordine) interna. Un bacino di drenaggio mantiene l'organizzazione di un fiume, della rete di affluenti e dei sistemi ripariali di afflusso delle acque pur in presenza di un continuo fluire delle stesse.

Nei sistemi aperti è molto importante considerare le caratteristiche dell'ambiente d'entrata dal quale essi ricevono energia e materiali, e dell'ambiente d'uscita nel quale vengono rilasciati i prodotti di scarto del metabolismo.

Dal momento che gli ecosistemi sono sistemi dinamici aperti in grado di mantenere uno stato stazionario, essi devono possedere una capacità di autoregolazione ossia avere dei meccanismi di feed back pienamente funzionanti.

Si tratta di meccanismi di autoregolazione che non seguono il semplice rapporto causa-effetto, ma attraverso i quali le caratteristiche dell'energia e/o dei materiali in uscita (output) ne regolano il flusso in entrata (input).

I feed back possono essere positivi o negativi.

Feedback negativo: l'output e l'input vanno in direzione opposta: questo permette l'attenuazione della deviazione, ovvero i feedback negativi sono capaci di attenuare i cambiamenti che si verificano nel sistema, sono quindi dei meccanismi di controllo che sono in grado di far tornare il sistema allo stato iniziale, agendo con regolazioni finì all'interno di un ecosistema.

Feedback positivo: l'output e l'input vanno nella stessa direzione esercitando nel tempo un effetto cumulativo e spingendo il sistema in una determinata direzione. Viene chiamato positivo perché provoca un'amplificazione della deviazione non perché lo sia in senso finalistico, basti pensare allo sviluppo di un ciclone. E' questo il meccanismo che porta ad esempio alle grandi estinzioni. Tuttavia, se i feedback positivi sono programmati e sotto controllo, non sono dannosi per il sistema, ma ne consentono uno sviluppo ed una evoluzione ordinati. Per esempio lo sviluppo di un individuo o, nel caso degli ecosistemi, le successioni ecologiche. Infatti una delle principali proprietà dei sistemi naturali è la tendenza a sviluppare nel tempo i cambiamenti in modo ordinato. In ogni istante, sono in funzione sia i feedback negativi che quelli positivi, che permettono di realizzare così una situazione di cambiamento controllato.

Metaforicamente il concetto di ecosistema può essere visualizzato come una grande ragnatela in cui ogni filo è legato all'altro e soggetto ad ogni sorta di perturbazione esterna che potrebbe provocare un disturbo di diversa entità. Se un elemento è di troppo, o viene a mancare, agisce come feedback verso gli altri componenti, causando conseguenze che rispecchiano il grado di importanza, in quell'ambiente, dell'elemento che viene a mancare.

Pertanto, a causa delle interazioni che si instaurano tra le sue componenti, un ecosistema possiede un numero di proprietà sempre maggiore della somma di quelle possedute dai suoi sottosistemi presi singolarmente, e non prevedibile dallo studio dei singoli elementi. E' questo il principio delle proprietà emergenti. Se consideriamo ad esempio le cellule, gli organi, gli organismi, le specie, ecc., essi sono ordinati secondo livelli di complessità sempre maggiori, sono disposti cioè in ordine gerarchico. Queste continue interrelazioni tra i componenti della biocenosi e del biotopo danno vita a una continua "circolazione della materia" ed a "flussi di energia". Tale insieme di passaggi è detto catena alimentare ed è la sequenza dei rapporti trofici o nutritivi tra gli organismi, solitamente rappresentata con una piramide.

## **Struttura di un ecosistema**

Cibo ed energia circolano continuamente in un ecosistema attraverso una successione di passaggi tra gli organismi. Nel flusso di materia e di energia che in esso si sviluppa si possono distinguere cinque tappe fondamentali

- a) Incorporazione di energia e composti organici
- b) Sintesi di materia organica a partire dalla materia inorganica e dall'energia
- c) Consumo della materia organica da parte di quegli esseri che sono incapaci di produrla
- d) Disintegrazione della materia organica fino a portarla nuovamente allo stadio di composti inorganici
- e) Trasformazione di questi componenti inorganici in altri composti minerali che possano essere sfruttati dai produttori di materia organica

In un ecosistema naturale interagiscono continuamente la componente autotrofa, rappresentata dai vegetali (produttori) e quella eterotrofa, rappresentata dagli animali (consumatori), che dipendono dai primi, direttamente o indirettamente.

La fonte primaria di energia, nella quasi totalità degli ecosistemi, è costituita dalla radiazione solare che, a differenza della materia, non è riciclabile. Essa, attraverso il processo di fotosintesi clorofilliana compiuto dai vegetali, subisce una prima trasformazione in materia organica, che comprende sostanze nutritive che sono indispensabili sia per la loro stessa vita che per quella degli animali. Questi organismi vegetali capaci di svolgere la fotosintesi e di produrre sostanza organica vengono detti produttori primari (o autotrofi). Per consumatori si intendono quegli organismi che, incapaci di produrre sostanza organica dalle sostanze inorganiche sono costretti a procurarsela nutrendosi di altri organismi (eterotrofi). I consumatori si dividono a loro volta in consumatori primari consumatori secondari e consumatori terziari. I consumatori primari (o erbivori), sono a loro volta preda dei consumatori secondari, (o carnivori) classificabili come predatori. Essi possono a loro volta essere preda di altri predatori detti consumatori terziari, così via fino a raggiungere la cima della piramide alimentare (Fig. 4).



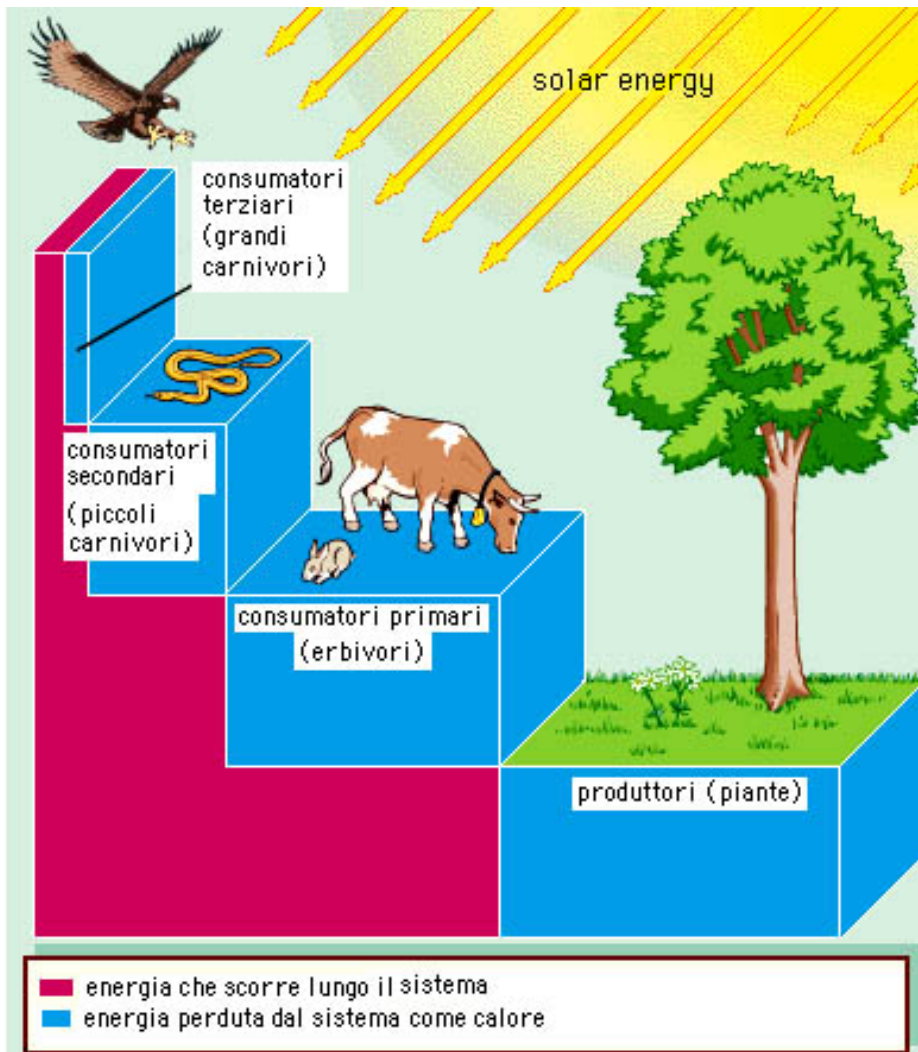


Fig. 4: struttura della piramide alimentare

Nella dinamica degli ecosistemi dunque, la materia organica prodotta passa continuamente da un



livello ad un altro della catena trofica e, ad ogni passaggio di livello trofico, l'energia accumulata diminuisce, ma la sua qualità, cioè la capacità di compiere un lavoro, aumenta. Da questo si deduce che l'energia è impiegata solo una volta e va estinguendosi poco a poco nelle tappe successive, quindi si perde irreversibilmente (flusso lineare). La materia, invece, sebbene subisca una serie di trasformazioni, è riutilizzata nuovamente in maniera ciclica nell'ecosistema. Visto che ad ogni passaggio si consuma energia è necessario un continuo rifornimento di questa risorsa. Ciò è possibile grazie al Sole. Fig. 5.

Affinché l'equilibrio sia mantenuto, i consumatori secondari e terziari devono essere in numero

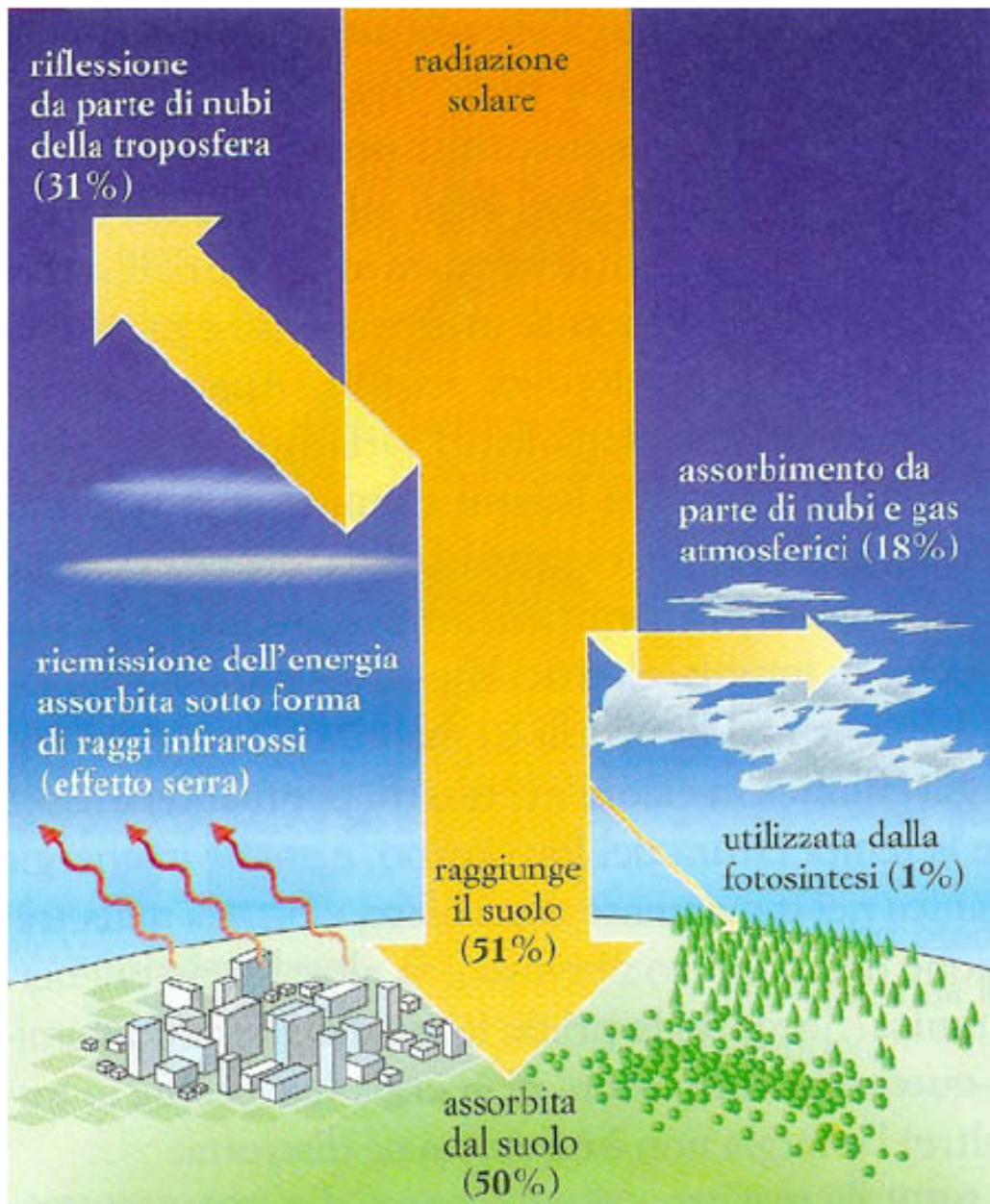


Fig. 5: percentuale di dispersione dell'energia solare inferiore rispetto ai produttori e ai consumatori primari. Le catene alimentari sono numerose, in quanto diversi consumatori si nutrono di più tipi di cibo. Gli animali che appartengono a più di una catena alimentare collegano una catena all'altra formando una rete. Più questa è fitta più vi è perdita di energia.

In un ecosistema nulla viene sprecato ma tutto si trasforma. Così quando un consumatore o un produttore muoiono, l'energia accumulata sotto forma di materia organica viene riciclata grazie a organismi fondamentali: i decompositori. Questi sono esseri viventi microscopici, in prevalenza batteri e funghi, che, degradando organismi vegetali e animali morti, mineralizzano e restituiscono al terreno la materia organica che le piante hanno assorbito per produrre le sostanze nutritive. Essa può quindi rientrare nel ciclo energetico, rendendosi di nuovo disponibile per le piante.

Si possono quindi distinguere due principali catene alimentari, quella del pascolo e quella del detrito. La catena del pascolo parte dalle piante verdi (produttori primari), va agli erbivori (consumatori primari) ed ai carnivori (consumatori secondari); sottraendo sostanza organica, essa incide direttamente sul tasso di produzione energetica, tramite l'ossidazione di materiale organico attivo.

La catena del detrito va dalla materia organica morta ai microorganismi, ed ha la funzione di smaltire l'eccesso di materiale organico inerte e di favorire la restituzione al sistema di sostanze minerali indispensabili ai produttori.

Nella sua forma più semplice questa materia si trova rappresentata dai bioelementi, tra i quali, come sappiamo, ce ne sono sei fondamentali: Carbonio (C), Ossigeno (O), Idrogeno (H), azoto (N), Fosforo (P), e zolfo (S). Di questi, H e O si trovano principalmente sotto forma di acqua. All'interno degli ecosistemi sono inoltre essenziali i cicli biogeochimici così definiti perché si sviluppano tra la componente biologica, quella geologica e quella chimica del sistema. Tali cicli permettono agli organismi viventi di usufruire di alcuni elementi fondamentali per lo svolgimento delle funzioni vitali e per il loro corretto sviluppo.

I cicli biogeochimici si distinguono in cicli gassosi (es. azoto, carbonio, idrogeno ecc.) e cicli sedimentari (es. zolfo e fosforo). In generale il meccanismo di funzionamento è comune a tutti i cicli geochimici. Gli organismi fotosintetici o chemiotrofi fissano un determinato elemento in composti organici, rendendolo così disponibile per gli eterotrofi. Quando gli eterotrofi muoiono o comunque eliminano tale elemento tramite gli escrementi, su di essi intervengono i decompositori che trasformano l'elemento in questione in maniera tale che esso rientri nella componente minerale dalla quale gli autotrofi ed i chemiotrofi lo trarranno di nuovo per renderlo disponibile agli eterotrofi.

## **Funzioni**

L'organizzazione dell'ecosistema ha un carattere funzionale dal momento che gli organismi non devono solo condividere lo spazio, ma anche l'energia e le risorse necessarie alla loro sopravvivenza. Questa struttura funzionale è costituita dai livelli trofici dei produttori, dei consumatori e dei decompositori. La collocazione di ciascun organismo nell'organizzazione di un ecosistema viene chiamata nicchia trofica ed è rappresentata dal posto che un animale occupa nell'ambiente biotico e dalle sue relazioni con il cibo, sia esso vivente (catena del pascolo) che trasformato in detrito (catena del detrito).

Il numero di individui di una specie che un ecosistema può contenere viene detto capacità portante. Questo numero di organismi cresce fino a un certo punto e poi rimane stabile nel tempo, ed è mantenuto costante dal rapporto preda-predatore. Se i predatori non ci fossero, gli erbivori crescerebbero a dismisura divorando i produttori primari, rompendo in tal modo l'equilibrio energetico interno dell'ecosistema, e acquisendo una dimensione maggiore della capacità portante. Allo stesso modo se i predatori fossero in numero maggiore, la piramide energetica sarebbe invertita ed essi divorerebbero gli erbivori; di conseguenza, il numero di produttori primari esploderebbe. Esiste una condizione notevole in cui la piramide

risulta invertita, una eccezione costituita dagli oceani. In questi ecosistemi i produttori primari, costituiti dal fitoplancton, sono talmente numerosi che i consumatori primari, cioè l'esoplancton sono in numero maggiore. Il tasso riproduttivo del fitoplancton è però talmente alto che il sistema non è squilibrato.

Quando si studia una piramide alimentare, non è abituale riferirsi alle dimensioni di ogni strato della piramide indicando il numero degli individui. Infatti questo numero, se non si tiene conto della dimensione di questi individui, è poco significativo per conoscere le possibilità alimentari dello strato immediatamente superiore. Perciò si è elaborato il concetto di biomassa: la biomassa è la quantità in peso dell'insieme degli individui che vivono in un dato spazio e in un dato momento. Applicando questo termine a distinti livelli di organizzazione, si parla di biomassa di un ecosistema, biomassa di uno strato determinato della piramide alimentare, biomassa vegetale o biomassa animale, eccetera.

La quantità di biomassa prodotta a partire da una determinata quantità di energia solare captata per unità di tempo e superficie costituisce la produttività di un ecosistema. Questo parametro rappresenta uno degli aspetti più importanti della dinamica di un ecosistema. Si definisce produttività primaria quella che misura la quantità di materia viva -biomassa- prodotta dagli esseri autotrofi fotosintetizzatori, vale a dire quelli alla base della piramide alimentare. La produttività secondaria, dovuta al resto dei livelli trofici delle catene alimentari, cioè ai consumatori e ai disintegratori, rappresenta la quantità di biomassa prodotta da questi livelli. Essa è inferiore alla produttività primaria, perché ogni livello trofico si nutre di quello sottostante. Quindi la produttività va diminuendo via via che si sale lungo la piramide alimentare, a causa di una progressiva perdita da un livello all'altro di energia (per la produzione di calore o lavoro) e materia (per la perdita cui va incontro per via dei prodotti di rifiuto).

Questa perdita inizia con la fotosintesi: solo le piante verdi possono utilizzare, per trasformarla in energia chimica, dall'1 al 5 per cento dell'energia solare ricevuta. A partire dai produttori, le perdite aumentano: di ogni 1000 Kcal generate dalle piante a partire dall'energia luminosa, la biomassa degli erbivori non rappresenta più che 10 Kcal; quella dei carnivori primari, 1 Kcal; e quella dei secondari, 0,1 Kcal. Come conseguenza di questa perdita progressiva di materia ed energia, le catene alimentari possono essere rappresentate graficamente come una piramide formata da vari strati in cui gli strati superiori sono più piccoli di quelli inferiori sia come quantità di materia e di energia, che come numero di individui.

In generale, il numero di livelli che costituisce una catena di alimentazione può essere variabile: dalle catene in cui non ci sono consumatori eterotrofi, fino a quelle catene nelle quali all'interno dei consumatori eterotrofi si stabiliscono numerosi anelli nutrizionali. Come la quantità di alimento disponibile va diminuendo da un livello all'altro, il numero di carnivori secondari è già molto piccolo, e quasi mai si dà un quinto livello (sebbene negli ecosistemi acquatici, per essere minore la caduta di biomassa da un sistema all'altro, le catene alimentari sono maggiori).

Il miglior rendimento del "motore termodinamico" dell'ecosistema è dato dalla biodiversità ecologica definita come la diversità relativa fra organismi presenti in ecosistemi diversi. Questa è solo una delle diversità biologiche presenti. Esistono poi la diversità genetica, che corrisponde alla somma delle informazioni contenute nei geni degli individui di una popolazione organismi di quella popolazione, e la diversità a livello di comunità, che considera sia il numero di specie presenti che le abbondanze relative.

Di fondamentale importanza per la stabilità degli ecosistemi è anche la ridondanza, cioè la presenza di più elementi adibiti alle stesse funzioni. Ad esempio un ecosistema in cui sono presenti diverse specie di decompositori è più stabile di un ecosistema in cui ce ne sono meno: infatti se verrà a mancare una specie

potrà intervenire l'altra per svolgere la stessa azione di decomposizione. La capacità di un ecosistema di mantenere uno stato di equilibrio dinamico è chiamata omeostasi.

Tuttavia non tutti gli ecosistemi sono in uno stato di equilibrio dinamico. Molti sono in evoluzione. In quest'ambito la capacità di un ecosistema di mantenere una data direzione di sviluppo è chiamata omeoresi. Quindi si può affermare che la funzione di un ecosistema è quella di tendere a mantenere sempre costante il livello di energia, mantenendo una condizione di bassa entropia, grazie al continuo riciclo della materia organica e al passaggio dell'energia attraverso i diversi livelli, detti livelli trofici. Questi livelli possono essere visualizzati come una piramide dove il livello più basso è costituito anche dal livello con più alta energia, caratterizzato dunque dagli organismi vegetali che ricevono l'energia solare. Ogni specie può catturare energia sotto varie forme, produrre o decomporre materiale organico e fornire un contributo all'equilibrio al sistema idrico e nutritivo dell'ecosistema, controllare l'erosione del terreno e regolare il clima.

In altri termini l'organizzazione di un ecosistema recupera sotto forma di materie prime tutti i sottoprodotti (rifiuti respiratori e digestivi dei viventi) in una condizione di autosufficienza, in cui le uniche necessità sono l'energia solare ed i sali minerali provenienti dalla decomposizione delle rocce.

### **Evoluzione di un ecosistema**

Un ecosistema è in uno stato di equilibrio se le masse, a breve o lungo periodo, rimangono pressoché costanti nei singoli comparti, pur con delle fluttuazioni, per esempio, nei paesi temperati, secondo i cicli stagionali.

La biocenosi, a sua volta, è un sistema che si trova in equilibrio con il suo biotopo, e potrà mantenere per molto tempo la sua struttura, sempre che non intervengano fattori esterni che perturbino questo equilibrio.

Tuttavia, per arrivare a questo punto di stabilità certa, l'ecosistema è passato attraverso vari stadi di evoluzione per tappe distinte: dapprima una colonizzazione da parte delle specie pioniere, i produttori, e più tardi con lo stabilirsi dei consumatori primari. Questo fenomeno è denominato successione ecologica durante la quale si succedono comunità transitorie che incorporano successivamente nuove popolazioni; nel corso del tempo molte specie si modificano e gli ecosistemi diventano sempre più strutturati e complessi. Quando il processo di successione regredisce ad una tappa anteriore con minore maturità - per disboscamento, fuoco, pascolo o erosione - la successiva successione sarà più rapida, e può non attraversare tutte le tappe intermedie. Questo processo è noto come successione secondaria.

Gli ecosistemi sono strutture dinamiche e qualunque biotopo può, col trascorrere del tempo, albergare una serie successiva e ordinata di biocenosi che cambiano parallelamente alle condizioni dell'ambiente. La successione tende fino ad una tappa stabile di maggior maturità, che si mantiene in consonanza con l'ambiente generale proprio della regione. Questo stadio maturo è noto con il nome di climax (proposto dall'ecologo americano Clements). Il climax è lo stadio di equilibrio stabile che la comunità raggiunge con il suo ambiente. Il sistema raggiunge una capacità portante in cui rimane stabile senza più variazioni a livello di numero di organismi vegetali o animali. I diversi stadi di maturazione di un ecosistema sono chiamati successione o preclimax. Una comunità in stadio di climax potrà essere espulsa dal biotopo che occupa ed essere sostituita da un'altra solo dopo cambiamenti molto radicali di tipo geologico, climatico e biotico. L'ecosistema quindi, per mantenersi in buona salute, deve essere in grado di sopportare cambiamenti ambientali di grosse entità.

Quando interviene una qualsiasi forza fisica (perturbazione) come il fuoco, il vento, le alluvioni, le temperature estremamente basse, le epidemie, essi possono provocare danneggiamenti agli ecosistemi naturali e determinare la morte degli organismi o la diminuzione della biomassa.

Queste perturbazioni possono determinare cambiamenti della diversità (in genere diminuzione) ma possono fornire anche a nuove specie l'opportunità di colonizzare il sito perturbato.

Un fattore di disturbo naturale e abiotico è rappresentato da un incendio. Se di dimensioni contenute, esso giova all'ecosistema perché permette il rinnovarsi della materia organica.

Caratteristiche delle perturbazioni sono l'intensità, la frequenza e la scala. L'intensità viene misurata dalla proporzione della biomassa totale o dalla popolazione di una determinata specie che viene uccisa o rimossa dall'ecosistema. La frequenza è il numero medio di perturbazioni che si verificano in un particolare intervallo di tempo. La scala rappresenta le dimensioni dell'impatto di una perturbazione sull'ecosistema. Una perturbazione su piccola scala è ad esempio l'azione delle onde che provoca dei vuoti tra gli organismi sessili presenti sui substrati rocciosi; mentre il fuoco, gli uragani, il disboscamento sono perturbazioni su larga scala che possono distruggere il sistema specie se sono di forte intensità e molto frequenti.

La capacità che hanno gli ecosistemi di opporsi o di resistere alle variazioni e di recuperare la loro condizione d'origine precedente all'intervento del fattore esterno è definita come resistenza. La resistenza è la capacità di un ecosistema di resistere a fattori perturbanti (es. capacità di un fiume di resistere all'inquinamento). Essa viene misurata dal grado di cambiamento rispetto alla sua situazione di equilibrio in seguito ad una perturbazione. La resilienza, invece, è la capacità di un ecosistema di ritornare allo stato iniziale dopo che esso è stato modificato in seguito all'intervento di un fattore perturbante. Si misura come l'inverso del tempo richiesto da un sistema per ritornare all'equilibrio, assorbendo il cambiamento (es. capacità di un fiume di tornare ad avere acqua pulita grazie alla depurazione dopo una forte immissione di inquinanti che ne avevano alterato le caratteristiche chimiche e fisiche). Ad esempio la grande massa arborea di una foresta presenta un'alta resistenza verso cambiamenti di temperatura, alla siccità, all'attacco di insetti, perché è capace di utilizzare le notevoli riserve di energia e nutrienti accumulate, ma se colpita da un incendio di forte intensità il suo ritorno alla condizione iniziale è lento e quindi presenta bassa resilienza. Se viene perturbato un livello energetico superiore di un ecosistema, ad es. con la perdita di un grande predatore, il danno è di minore entità per la resilienza dell'ecosistema che permetterà l'avvento di un altro consumatore che occuperà la nicchia ormai libera.

Normalmente un ecosistema che è molto resistente è poco resiliente e viceversa.

E' facile intuire dunque come gli ecosistemi sono fragili e soggetti a disturbi esterni. Il disturbo, definito come perturbazione, se è tollerabile, può essere assorbito dall'ecosistema, poiché esso è in grado di tornare a una condizione originale precedente al disturbo, grazie alla sua intrinseca resilienza. Gli ecosistemi sono però in continua trasformazione e il rinnovo della materia permette l'insediamento di comunità pioniere di associazioni vegetali diverse, che altrimenti non si sarebbero potute formare. Queste nuove comunità permettono il formarsi anche di nuove associazioni animali. Col passare del tempo l'ecosistema raggiungerà presto la condizione originaria raggiungendo di nuovo la capacità portante.

## **Conclusioni**

Gli ecosistemi naturali rappresentano ciò che di più prezioso abbiamo nel mondo naturale, il punto di arrivo di milioni di anni di evoluzione.

Nessuno conosce il numero di specie vegetali, animali e di microorganismi esistenti sulla Terra. Le stime vanno da 5 milioni ad un massimo di 30 milioni e molte specie sconosciute vengono scoperte ogni anno.

Quelle classificate e descritte sono meno di 2,5 milioni:

qualche decina di archeobatteri,

30.000 eubatteri,

40.000 funghi,

100.000 protisti,

250.000 piante

1.800.000 animali.

A partire dalla rivoluzione industriale, le attività umane hanno determinato una notevole riduzione della biodiversità. I cambiamenti indotti dall'attività umana distruggono, frammentano e alterano gli ambienti naturali portando all'estinzione di molte specie.

Si valuta che, ogni giorno, si estinguano dalle 50 alle 150 specie; ciò equivale ad una perdita annua approssimata compresa fra le 20.000 e le 50.000 unità.

Un quarto della diversità biologica del pianeta corre il rischio di estinguersi nei prossimi 30 anni.

La maggior perdita di biodiversità è attualmente dovuta alla distruzione delle foreste tropicali, in cui oltre la metà di tutte le specie viventi ha il proprio ambiente. In tal modo vengono distrutte complesse catene alimentari che garantiscono il mantenimento dello stato di equilibrio stazionario del pianeta.

La maggior parte dei cambiamenti prodotti dall'uomo è il frutto di continue modificazioni dei meccanismi che regolano l'ecosistema. Se ogni cosa ha un ruolo ed una direzione ben precisa, se i cicli disposti dalla natura sono i più idonei, nel momento in cui si altera il sistema ambientale, lo si fa solo contraendo un debito nei confronti della natura.

L'effetto delle attività umane sugli ecosistemi consiste nella redistribuzione della materia e dell'energia tra i diversi siti in cui le componenti degli ecosistemi si trovano accumulate, e nella modificazione sia della loro dimensione sia delle vie attraverso le quali esse vengono trasferite tra i diversi sistemi. In definitiva l'azione dell'uomo può essere identificata con l'interruzione dei cicli della materia e con l'alterazione dei flussi di energia.

Queste interruzioni potrebbero incidere sul delicato equilibrio termodinamico in cui si trovano gli ecosistemi, e potrebbero far aumentare l'entropia fino al raggiungimento di un massimo che porterebbe inevitabilmente alla distruzione del sistema stesso, ossia all'equilibrio termodinamico dove è azzerata la capacità del sistema di compiere lavoro.

L'evoluzione è una costante di tutto il sistema Terra, tuttavia l'uomo e gli eventi naturali catastrofici stravolgono a tal punto le relazioni instauratesi e consolidatesi nel tempo tra componenti biotiche e abiotiche da determinare la nascita di un nuovo ecosistema, che si sostituisce gradualmente al precedente. Spesso basta modificare anche un solo "anello" dell'ecosistema per decretarne la fine.

Benché numerosi ecosistemi abbiano una intrinseca resistenza alle perturbazioni che spesso li colpiscono, se esse rimangono ad un livello sostenibile, i disturbi rappresentati dall'attività dell'uomo sono tali da non poter essere sopportati dall'ecosistema, come nel caso del taglio di una intera foresta.



Se in un primo tempo gli ecosistemi sono stati profondamente modificati solo dall'intervento dell'uomo, oggi i forti cambiamenti climatici, a seguito delle continue emissioni di CO<sub>2</sub> ed altri gas-serra stanno determinando un'alterazione anche a livello dei biomi terrestri: il problema ambientale deve esser affrontato non solo a livello locale ma soprattutto attraverso interventi e coordinamenti globali.

#### Sitografia

<http://it.wikipedia.org/wiki/Ecosistema>

<http://www.aiig.it/Un%20quaderno%20per%20l'ambiente/offline/ecosistema.htm>

[http://www.pianetascuola.it/attualita\\_scientifica/articoli/collasso/pdf\\_collasso/aude.pdf](http://www.pianetascuola.it/attualita_scientifica/articoli/collasso/pdf_collasso/aude.pdf)

<http://library.thinkquest.org/11353/ecosystems.htm>

<http://www.nhptv.org/NatureWorks/nwepecosystems.htm>

<http://www.enviroliteracy.org/category.php/3.html>

<http://www.ubcbotanicalgarden.org/kids/ecosystem.php>

<http://www.sapere.it/tc/img/cellula/energia>

ODUM E. P., Ecologia, un Ponte tra Scienza e Società. Piccin, Padova, 2001