

2. ECOLOGIA

2.1. Introduzione

2.1.1. Ecologia

Il termine “ecologia” deriva dal greco “oikos” (casa, luogo in cui si abita) e “lògos” (studio). L’ecologia è la scienza che studia l’insieme delle interrelazioni degli esseri viventi fra loro e con l’ambiente fisico in cui vivono.

Recentemente le tematiche di ecologia sono state estese anche all’uomo e all’influenza che le variazioni climatiche, ambientali, ... (comprese quelle indotte dall’uomo) esercitano sull’uomo, sugli animali e sulle piante. Nel significato contemporaneo, l’ecologia è uno studio interdisciplinare delle problematiche ambientali che mira alla ricerca delle possibili modalità di recupero degli squilibri.

L’ecologia non è solo la protezione dell’ambiente e della natura, o lo studio dell’inquinamento, ma si occupa essenzialmente dei rapporti che si instaurano fra gli esseri viventi (uomo compreso) e l’ambiente che li circonda.

2.1.2. Gli ecosistemi

L’unità funzionale minima dell’ecologia è rappresentata dall’ecosistema: esso è formato da uno specifico ambiente fisico e da tutti gli esseri viventi che lo popolano. Gli ecosistemi hanno strutture e dimensioni molto variabili. Esempi di ecosistema sono rappresentati da un bosco, una riva di un lago, una pozzanghera, Gli ecosistemi non hanno veri limiti, essi sfumano gradatamente in quelli di un altro ecosistema. Molti organismi possono far parte di ecosistemi diversi in momenti diversi.

2.1.2.1. Fattori biotici e fattori abiotici

Gli ecosistemi sono formati da una comunità di esseri viventi (componente biotica) e da elementi non viventi (componente abiotica).

2.1.2.1.1. I fattori biotici

La componente biotica (dal termine greco “bios” che significa “vita”) comprendono tutti gli esseri viventi che vivono in un ecosistema. Essi interagiscono sia fra di loro che con l’ambiente che li circonda.

2.1.2.1.1.1. Produttori, consumatori e decompositori

Gli organismi, in base a come ricavano e utilizzano l’energia a loro necessaria, possono essere classificati in tre categorie: produttori, consumatori e decompositori.

I produttori raggruppano tutti gli organismi autotrofi, cioè in grado di produrre, tramite la fotosintesi clorofilliana, sostanze organiche partendo da sostanze inorganiche. Le alghe e i batteri fotosintetici sono degli organismi produttori. I produttori sono indispensabili per la vita degli ecosistemi: sono gli unici esseri viventi in grado di trasformare l’energia solare (energia luminosa) in energia chimica (immagazzinata nei legami chimici), rendendola così utilizzabile per gli altri esseri viventi.

I consumatori sono organismi eterotrofi, cioè non sono in grado di produrre sostanze organiche. Essi dipendono, per il nutrimento, da altri esseri viventi. Gli animali ed i funghi sono organismi consumatori.

I consumatori possono essere suddivisi in primari, secondari e terziari. I Consumatori primari si nutrono di produttori (animali erbivori), i consumatori secondari si nutrono di

consumatori primari (animali carnivori) e i consumatori terziari si nutrono di secondari (animali carnivori).

I decompositori sono organismi eterotrofi che utilizzano sostanze organiche provenienti da esseri viventi morti (o di parti di essi, come le foglie morte) o delle sostanze di rifiuto (feci e urine). Essi demoliscono tali sostanze trasformandole nuovamente in materiale inorganico che sarà nuovamente a disposizione dei produttori. Molti funghi, molti batteri non fotosintetici e alcuni invertebrati, come i lombrichi, sono degli organismi decompositori.

2.1.2.1.1.2. I livelli trofici

In un ecosistema gli organismi vengono distinti in vari “livelli trofici” (dal greco “trépo”, mi nutro), in base alla modalità con cui si nutrono. I livelli trofici corrispondono ad ogni anello della catena alimentare, tramite essi l'energia (nutrimento) attraversa l'ecosistema partendo dai produttori (primo livello trofico), passando ai consumatori primari (secondo livello trofico), ai consumatori secondari (terzo livello trofico) e ai consumatori terziari (quarto livello trofico).

Difficilmente in natura si superano quattro o cinque livelli trofici perché ad ogni “passaggio” da un livello trofico al successivo diminuisce l'energia disponibile e di conseguenza il numero di organismi.

2.1.2.1.1.3. Catene e reti alimentari

La catena alimentare può essere definita come la successione dei vari livelli trofici, all'interno di un ecosistema.

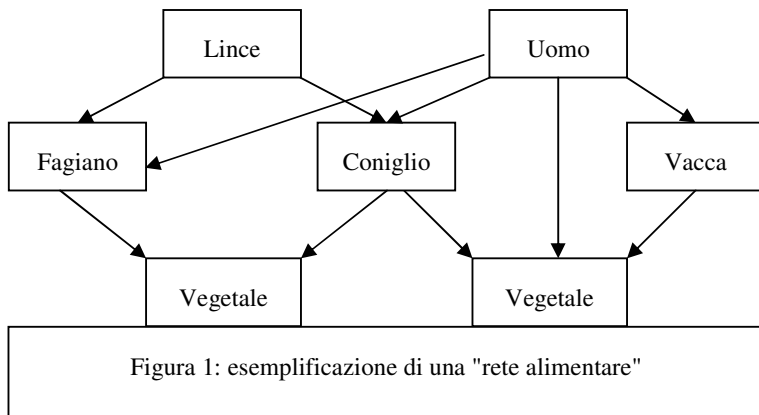
Esistono due tipologie di catene alimentari: “la catena alimentare del pascolo” e “la catena alimentare del detrito”.

Nella catena alimentare del pascolo il primo “anello” è occupato da un produttore, il secondo da un consumatore primario, e così via. Un esempio di questa tipologia di catena è il seguente: erba → lepre → falco.

Nella catena alimentare del detrito l'energia indispensabile per la vita deriva da sostanza organica proveniente da esseri viventi morti o da sostanze di rifiuto (detriti). Essa viene utilizzata

dai decompositori che possono essere “predati” da altri esseri viventi. Un esempio di questa tipologia di catena alimentare è il seguente: humus → lombrico → talpa.

Le catene alimentari di un qualsiasi ecosistema sono interconnesse fra di loro a formare dei sistemi molto complessi: le “reti alimentari”. Molte specie appartengono a diverse catene alimentari.



2.1.2.1.2. I fattori abiotici

Il termine abiotico deriva dal greco “a” (senza) e “bios” (vita) e significa “senza vita”. I principali fattori abiotici di un ecosistema sono l'acqua, il suolo, la luce e la temperatura.

L'acqua è presente in tutti gli ecosistemi, anche se in quantità notevolmente diversa. Essa influenza la vita e il comportamento di tutti gli esseri viventi: alcuni organismi necessitano di vivere costantemente in acqua (alghe, pesci, cetacei, ...) o nelle sue immediate vicinanze (anfibi); altri si sono adattati a vivere in ambienti poverissimi di acqua (cactus).

Il tipo di suolo, la dimensione delle particelle, il pH e la concentrazione di elementi nutritivi

in esso presenti sono fondamentali per la vita delle piante e di tutti gli organismi terricoli.

La luce è indispensabile per la fotosintesi ed è in grado di influenzare la vita ed il comportamento di molti esseri viventi: la lunghezza del periodo di illuminazione giornaliero influenza il periodo di fioritura di molti vegetali (fotoperiodismo) e il comportamento di molti animali (stagione riproduttiva, epoca della migrazione, alternanza di sonno e veglia, ...).

La temperatura determina la distribuzione delle diverse popolazioni (ogni specie si adatta ad una precisa condizione termica), regola il ciclo fisiologico di molti esseri viventi (periodo e lunghezza del letargo, periodo riproduttivo, ...).

2.1.2.2. Ecosistemi “naturali” a “artificiali”.

Gli “ecosistemi naturali” (ecosistemi in cui non vi è l’intervento dell’uomo) presentano le seguenti caratteristiche:

- ❖ Sono costituiti da un elevato numero di specie;
- ❖ Sono concettualmente autonomi e autosufficienti, anche se sono dotati di una struttura aperta: vi è un continuo scambio di energia e materia fra i diversi ecosistemi;
- ❖ Tendono a rimanere stabili nel tempo in quanto vi è un sostanziale equilibrio fra le diverse popolazioni che lo compongono.

Gli "ecosistemi artificiali" sono prodotti dall'attività umana. Essi presentano solo parzialmente le caratteristiche tipiche di quelli naturali:

- ❖ Sono costituiti da poche specie di esseri viventi;
- ❖ Non sono autonomi ed autosufficienti in quanto l’uomo asporta della materia prodotta dagli ecosistemi stessi: l’agricoltore raccoglie le produzioni di una coltivazione per “utilizzarle” all’interno di altri ecosistemi. Per sostituire quanto viene prelevato si ricorre alla concimazione;
- ❖ Rimangono stabili nel tempo solo grazie all’intervento dell’uomo; se dovesse venire meno tale opera, l’ecosistema tenderebbe più o meno velocemente a mutare e “regredirebbe” verso un “ecosistema naturale”.

2.1.2.2.1. Gli agroecosistemi

Un esempio tipico di “ecosistema artificiale” è rappresentato dagli agroecosistemi.

L’agroecosistema può essere definito come l’insieme degli ecosistemi, di origine antropica o di origine naturale, alterati per azione dell’uomo. In essi vengono svolte le attività di tipo agricolo, selvicolturali o pastorali. Gli agroecosistemi sono caratterizzati dalla presenza di una o poche specie (coltivazione di frumento, frutteto, castagneto, ...).

2.1.3. Habitat e nicchie ecologiche

Habitat è un termine latino usato in biologia ed ecologia che definisce l’insieme delle condizioni ambientali fisiche (luce, temperatura, ...) e chimiche (concentrazione di sostanze nutritive, pH, ...) in cui un organismo cresce ed espleta le sue funzioni vitali.

Ogni habitat ospita diverse specie di organismi. L’insieme degli organismi che popolano un habitat prende il nome di comunità biologica.

Ogni specie occupa, all’interno dell’habitat, una specifica “nicchia ecologica”. Essa può essere definita come il ruolo ecologico che ciascun organismo espleta all’interno dell’habitat. La nicchia ecologica rappresenta lo spazio fisico occupato dall’organismo e i rapporti che esso ha con gli altri esseri vivente e con l’ambiente fisico (la fonte di energia utilizzata per vivere, il tipo di impatto sull’ambiente, ...).

2.2. Struttura e funzionamento degli ecosistemi

Il funzionamento di tutti gli ecosistemi si basa sul flusso di energia e sul ciclo della materia.

La circolazione dell'energia in un ecosistema è unidirezionale: La luce solare viene "catturata" dai produttori tramite la fotosintesi clorofilliana (Solo lo 0,02% della luce del sole che raggiunge l'atmosfera viene utilizzata nella fotosintesi) e trasformata in energia chimica (immagazzinata all'interno dei legami chimici). In seguito l'energia passa ai livelli trofici successivi. Ad ogni passaggio si riduce la quantità di energia a disposizione degli organismi.

La materia, a differenza dell'energia, può essere utilizzata più volte. Essa è trasformata ad ogni passaggio, ma la sua quantità rimane sostanzialmente costante all'interno dell'ecosistema.

2.2.1. L'energia negli ecosistemi

Normalmente il flusso di energia che attraversa gli ecosistemi si misura con il peso della biomassa (peso secco della sostanza organica) dei vari livelli trofici.

Come già detto in precedenza, la quantità di energia disponibile diminuisce man mano che si avvanza nella catena alimentare. Una parte dell'energia assorbita tramite il cibo viene utilizzata per espletare le funzioni metaboliche dell'organismo (termoregolazione, movimento, respirazione, ...). Solo una porzione di energia viene immagazzinata nel corpo, quindi a disposizione degli organismi del livello trofico successivo.

Ad ogni passaggio da un livello trofico all'altro, l'energia disponibile diminuisce mediamente di dieci volte.

2.2.1.1. Le piramidi ecologiche

La piramide ecologica può essere definita come la rappresentazione grafica del ruolo ecologico degli organismi di un ecosistema, secondo una stratificazione sovrapposta (livelli trofici), che va dai produttori (base) ai superpredatori (vertice).

Esistono tre differenti piramidi ecologiche: piramide ecologica dell'energia, piramide ecologica dei numeri e piramide ecologica della biomassa.

2.2.1.1.1. Piramide ecologica dell'energia

La piramide dell'energia rappresenta le quantità di energia trasformata su una determinata superficie e in un determinato tempo dai diversi livelli trofici. La piramide ecologica dell'energia ha sempre la forma di un triangolo la cui base è rappresentata dai produttori ed il vertice dai consumatori finali. Essa dimostra che l'energia disponibile diminuisce ad ogni passaggio da un livello trofico al successivo.



Figura 2: Piramide dell'energia

2.2.1.1.2. Piramide ecologica dei numeri

La piramide dei numeri rappresenta il numero di individui appartenenti ai diversi livelli trofici. Essa ha normalmente la forma di un triangolo la cui base è rappresentata dai produttori ed il vertice dai consumatori finali. Essa dimostra che il numero di organismi diminuisce ad ogni

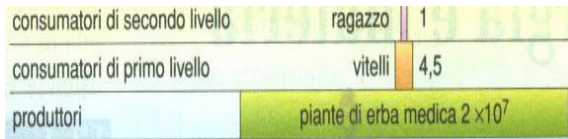


Figura 3: Piramide dei numeri

disparità di dimensione degli organismi appartenenti ai diversi livelli trofici.

passaggio da un livello trofico all'altro.

Costituiscono eccezione le catene alimentari in cui intervengono organismi consumatori di piccole o piccolissime

dimensioni, come ad esempio insetti: Il numero di afidi è nettamente maggiore a quello degli alberi di cui si nutrono. Ciò è dovuto all'enorme

2.2.1.1.3. Piramide ecologica della biomassa

La piramide della biomassa rappresenta la massa (quantità di materia vivente) degli individui appartenenti ai diversi livelli trofici. Essa ha normalmente la forma di un triangolo la cui base è rappresentata dai produttori ed il vertice dai consumatori finali. Essa dimostra che la massa complessiva degli organismi diminuisce ad ogni passaggio da un livello trofico all'altro.

Un'eccezione è rappresentata da alcuni ecosistemi acquatici in cui la biomassa dei produttori (fitoplancton) è inferiore alla biomassa dei consumatori primari (zooplancton). Ciò è possibile in quanto il fitoplancton è dotato di una maggiore velocità di riproduzione rispetto allo zooplancton.

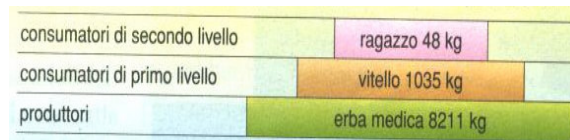


Figura 4: Piramide della biomassa

2.2.2. La materia negli ecosistemi

Come già accennato in precedenza, la materia può essere utilizzata più volte all'interno dell'ecosistema. Essa è trasformata ad ogni passaggio, ma la sua quantità rimane sostanzialmente costante all'interno dell'ecosistema.

Gli elementi chimici che costituiscono gli esseri viventi (carbonio, ossigeno, idrogeno, azoto, ...) non subiscono nessun cambiamento e possono essere riutilizzati in successivi cicli. È da sottolineare l'enorme importanza ecologica degli organismi decompositori che sono in grado di trasformare la sostanza organica in inorganica rendendola nuovamente disponibile ai produttori.

All'interno di ogni ecosistema il processo di trasformazione e di trasferimento della materia avviene a "ciclo chiuso". Nel corso del processo si verificano, tuttavia, perdite di materiale che devono essere reintegrate dall'esterno: se ciò non avvenisse il processo finirebbe con il bloccarsi e l'ecosistema si degraderebbe. I materiali inorganici provengono perlopiù dalla disgregazione delle rocce a opera degli agenti atmosferici e dalle polveri trasportate dal vento o dalle precipitazioni. Quantità variabili di sostanze nutritive vengono trasferite, attraverso i corsi d'acqua, dagli ecosistemi terrestri a quelli marini o costieri. Fenomeni ed eventi quali l'erosione, l'abbattimento dei boschi e la mietitura dei raccolti sottraggono agli ecosistemi notevoli quantità di sostanze nutritive, che devono essere in qualche modo reintrodotte, pena il progressivo impoverimento dell'ecosistema. Ecco perché, in agricoltura, i terreni devono essere costantemente concimati.

2.2.2.1. Cicli biogeochimici

Con il termine Ciclo biogeochimico si intende il percorso che effettuano gli elementi ed i composti chimici che passano alternativamente dalla materia vivente a quella inorganica.

2.2.2.1.1. Ciclo del carbonio

La principale fonte di carbonio utilizzata dagli esseri viventi è l'anidride carbonica (CO₂)

presente nell'atmosfera. Essa, tramite la fotosintesi clorofilliana², viene trasformata in sostanza organica (zuccheri, $C_6H_{12}O_6$). Tramite questa reazione si ottiene anche dell'ossigeno molecolare (O_2) che è rilasciato nell'atmosfera.

La sostanza organica (e quindi il carbonio) viene immagazzinata nei tessuti dei produttori e passa ai consumatori tramite l'alimentazione.

Gli zuccheri servono ai diversi organismi per ricavare l'energia necessaria per vivere. Questo avviene tramite la respirazione: trasformazione degli zuccheri, mediante ossidazione, in acqua e anidride carbonica che viene rilasciata nell'atmosfera.

2.2.2.1.2. Ciclo dell'azoto

L'azoto molecolare (N_2) è il principale componente dell'atmosfera (circa il 78%). Esso non può essere direttamente utilizzato dalla maggior parte degli organismi in quanto la molecola N_2 è molto stabile.

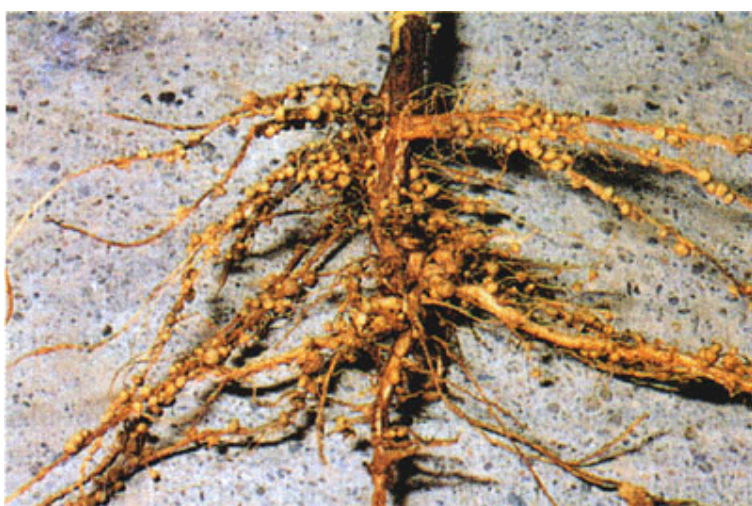


Figura 5: Batteri azotofissatori su radici di leguminose

Alcuni batteri (batteri azotofissatori) sono in grado di trasformare l'azoto atmosferico in ioni ammonio (NH_4^+). Questa trasformazione prende il nome di "fissazione".

La maggior parte dei batteri azotofissatori vive in simbiosi con le radici delle leguminose (soia, pisello, fava, fagiolo, robinia, ...). Altri vivono nel terreno in modo autonomo.

Una piccola parte di azoto viene fissato direttamente nell'atmosfera grazie alle scariche elettriche dei fulmini o a radiazioni cosmiche. In questo caso si formano ossidi di azoto (NO_x) o

ammoniaca (NH_3) che sono trasportati al suolo dalle precipitazioni.

La maggior parte degli ioni ammonio viene utilizzata da batteri nitrificanti. Essi lo trasformano in nitrati (NO_3^-) o nitriti (NO_2^-).

L'azoto nitrico, e parzialmente quello ammoniacale può essere assorbito dai vegetali e utilizzato per la costruzione dei tessuti (in particolare delle proteine).

L'azoto immagazzinato nei tessuti dei produttori passa ai consumatori tramite l'alimentazione.

L'azoto organico viene rimineralizzato durante la decomposizione degli organismi o dei detriti organici. Esso torna al terreno sotto forma di ione ammonio che potrà nuovamente essere utilizzato dalle piante e dai batteri nitrificanti.

Gli ioni NO_3^- e NO_2^- possono essere "attaccati" da batteri denitrificanti che li trasformano in azoto molecolare che viene rilasciato nell'atmosfera.

Essendo i nitrati molto mobili nel terreno, una certa quantità può migrare in profondità e raggiungere le falde determinando situazioni di inquinamento.

2.2.3. equilibrio degli ecosistemi

² Formula chimica della fotosintesi clorofilliana: $6CO_2 + 6H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$

Le catene alimentari pretesi in un ecosistema si autoregolano mediante un meccanismo basato su un equilibrio dinamico che consente di mantenere stabili i rapporti quantitativi tra i vari livelli trofici. Ad esempio, se condizioni climatiche particolarmente favorevoli consentono la crescita di una grande quantità di vegetali, si avrà un aumento di erbivori che, a loro volta, consumeranno un maggior quantitativo di erba, che diminuendo, consentirà la vita ad un numero sempre minore di tali erbivori ristabilendo un equilibrio denominato “dinamico”. Salendo al livello superiore, gli effetti saranno uguali e concatenati a quello inferiore: il maggior numero di erbivori consentirà la riproduzione di un numero superiore di carnivori che ridurranno quello degli erbivori e, di conseguenza, quello di se stessi. Il tutto in relazione alla fluttuazione dei vegetali. Così si ottiene un generale equilibrio nella catena alimentare.

La scomparsa di un livello trofico da una catena alimentare determina una catastrofe ecologica. Ad esempio la scomparsa dei leoni nella savana africana determinerebbe l'eccessivo aumento degli erbivori (zebre, gazzelle, ...) che consumerebbero una maggiore biomassa di vegetali, a discapito di altre specie viventi che andrebbero incontro ad una diminuzione drastica della loro popolazione. In sostanza, si determinerebbe un “danno” non solo verticale della catena alimentare in oggetto, ma anche orizzontale con un coinvolgimento di molte altre specie in una lenta ma inesorabile reazione a catena. Solo il riempimento della nicchia ecologica lasciata libera dai leoni da parte di altre specie potrebbe ristabilire l'equilibrio.

Le reti alimentari sono più stabili se risultano complesse perché sono più probabili le compensazioni da parte dei vari occupanti delle nicchie analoghe.

Il meccanismo di autoregolazione degli ecosistemi determina una fragilità di base degli stessi nel caso in cui i cambiamenti siano troppo drastici e repentini: troppi equilibri verrebbero ad essere modificati e si perderebbe il loro effetto di reciproca compensazione.

2.2.4. Evoluzione degli ecosistemi

La struttura degli ecosistemi tende a modificarsi nel corso del tempo. Questi cambiamenti sono determinati dalle interazioni degli esseri viventi con l'ambiente fisico. Ad esempio la vegetazione può modificare il tipo di terreno (aumento della sostanza organica, variazione di pH, ...), il clima (aumento dell'umidità dovuto alla traspirazione, variazioni termiche determinate dalla maggiore o minore copertura del suolo, ...). Le nuove condizioni possono rendere l'ambiente fisico adatto a nuove specie che vi si insedieranno andando a sostituire le specie precedentemente presenti. Si forma in questo modo una “successione ecologica”.

L'evoluzione procede fino al raggiungimento di una situazione di equilibrio in cui vi è il massimo sfruttamento delle risorse con il minimo dispendio energetico. Esso è detto “climax”. Molto spesso negli ecosistemi non si raggiunge il climax a causa di “disturbi” esterni come malattie, incendi, interventi umani, frane, ... , che rallentano o interrompono la successione ecologica.

2.3. Comunità e popolazione

Come già detto in precedenza, si definisce comunità biologica l'insieme degli organismi che popolano un habitat.

Le comunità biologiche sono costituite dalle popolazioni biologiche (individui della stessa specie che occupano lo stesso territorio).

2.3.1. Comunità biologiche

All'interno delle comunità biologiche si instaurano innumerevoli tipi di interazioni tra i diversi individui della stessa specie o di specie diverse. Gli organismi appartenenti a specie diverse possono associarsi per sfruttare meglio le risorse ambientali. Questo tipo di legame prende il nome di simbiosi: associazione di organismi appartenenti a specie diverse che interagiscono tra loro e in cui almeno uno ne trae un vantaggio. La simbiosi può avvenire fra animali, fra vegetali e fra un animale e un vegetale.

La simbiosi può assumere tre forme differenti: mutualismo, commensalismo e parassitismo.

Il mutualismo si verifica quando entrambi gli individui ricevono dei vantaggi dall'associazione (licheni, azotofissatori e leguminose, ...).

Il commensalismo si ottiene quando un organismo trae dei benefici, mentre l'altro non ha né vantaggi né danni.

Il parassitismo si ha quando una sola specie trae dei vantaggi, mentre l'altra ne è danneggiata (afidi e vegetali, pulci e animali, ...).

2.3.2. Popolazioni biologiche

2.3.2.1. Crescita delle popolazioni

Le popolazioni biologiche potenzialmente potrebbero crescere in modo esponenziale. In realtà questo avviene solamente in condizioni eccezionali, ad esempio quando una popolazione conquista un nuovo ambiente ricco di risorse e non trova antagonisti. Nella maggior parte dei casi la crescita è ostacolata da diversi fattori (quantità di risorse disponibili, competizione con altre specie, fattori ambientali come l'inverno più o meno rigido, ...) che determinano un sostanziale equilibrio nel numero di individui di una popolazione.

I suddetti fattori possono determinare la riduzione della natalità (rapporto tra nuovi nati e totale della popolazione in un intervallo di tempo) oppure l'aumento della mortalità (rapporto tra il numero di individui morti e totale della popolazione in un intervallo di tempo).

Queste due limitazioni possono essere determinate da condizioni climatiche sfavorevoli (gelate intense e prolungate, siccità, ...), da cambiamenti fisici repentini (incendi, inondazioni, frane, ...), da carenza di cibo, da spazi ristretti (numero limitato di tane e nascondigli, eccessivo sovraffollamento, ...), da predatori e da malattie. Gli ultimi quattro fattori sono strettamente correlati fra di loro.

2.3.2.2. Popolazioni animali

Gli animali creano all'interno delle loro popolazioni delle organizzazioni più o meno specializzate: raggruppamento, colonia e società.

L'organizzazione di animali più semplice è il raggruppamento. Esso costituito da individui della stessa specie che condividono lo stesso ambiente e interagiscono solo per riprodursi e per

individuare le risorse alimentari. Gli individui sono in grado di riconoscere gli esemplari del sesso opposto con cui possono suddividere i compiti e le risorse durante il periodo riproduttivo. Il raggruppamento è adottato dalle rane, da alcune specie di pesci,

La colonia è una forma di organizzazione in cui gli individui sono strettamente legati fra di loro a formare una unità (la colonia) e non esistono come organismi separati. (Coralli).

La società è un gruppo di animali appartenenti alla stessa specie in cui gli organismi sono legati da relazioni molto complesse, suddivisione dei ruoli e dei compiti e cooperazione per utilizzare le risorse. Nelle società spesso gli individui stabiliscono delle gerarchie. I lupi, le api e gli uomini vivono all'interno di società.