

## 5. Funzioni degli organismi viventi negli ecosistemi

**Produttori**

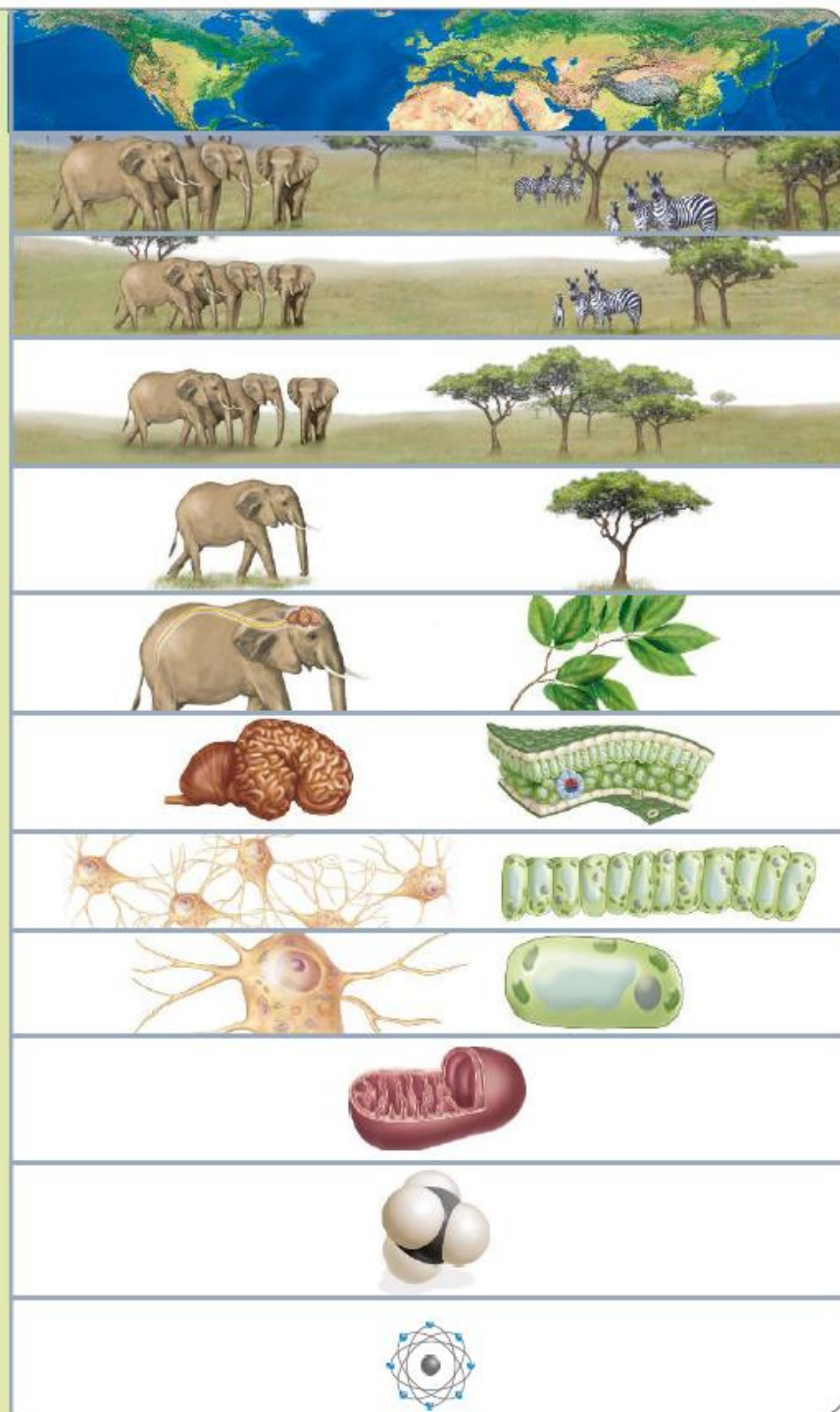
**Consumatori**

**Decompositori**

L'**Ecologia** è la disciplina biologica che studia le interazioni degli organismi con l'ambiente fisico-chimico e con gli altri organismi viventi

L'**ecosistema** è l'oggetto di studio dell'**Ecologia**

12. **Biosfera**  
Porzione della crosta terrestre, delle acque e dell'atmosfera abitata da forme viventi.
- ↑
11. **Ecosistema**  
Comprende la comunità dei viventi e l'ambiente fisico.
- ↑
10. **Comunità**  
Popolazioni che interagiscono in una determinata area.
- ↑
9. **Popolazione**  
Insieme di organismi della stessa specie che vivono in una determinata area.
- ↑
8. **Organismo**  
Individuo singolo; gli individui delle specie complesse contengono sistemi di organi.
- ↑
7. **Sistema di organi**  
Insieme di diversi organi che lavorano insieme per svolgere funzioni complesse.
- ↑
6. **Organo**  
Insieme di tessuti organizzati per lo svolgimento di funzioni specifiche.
- ↑
5. **Tessuto**  
Gruppo di cellule caratterizzate da struttura e funzione comuni.
- ↑
4. **Cellula**  
Unità strutturale e funzionale di base, tipica di ogni organismo vivente.
- ↑
3. **Organuli**  
Microstrutture funzionali provviste di membrane, presenti all'interno di una cellula eucariote.
- ↑
2. **Molecola**  
Unione di due o più atomi dello stesso elemento chimico o di elementi diversi.
- ↑
1. **Atomo**  
La più piccola unità di un elemento chimico, composta da elettroni, protoni e neutroni.



# Cos' è un ecosistema?

## **Ecosistema**

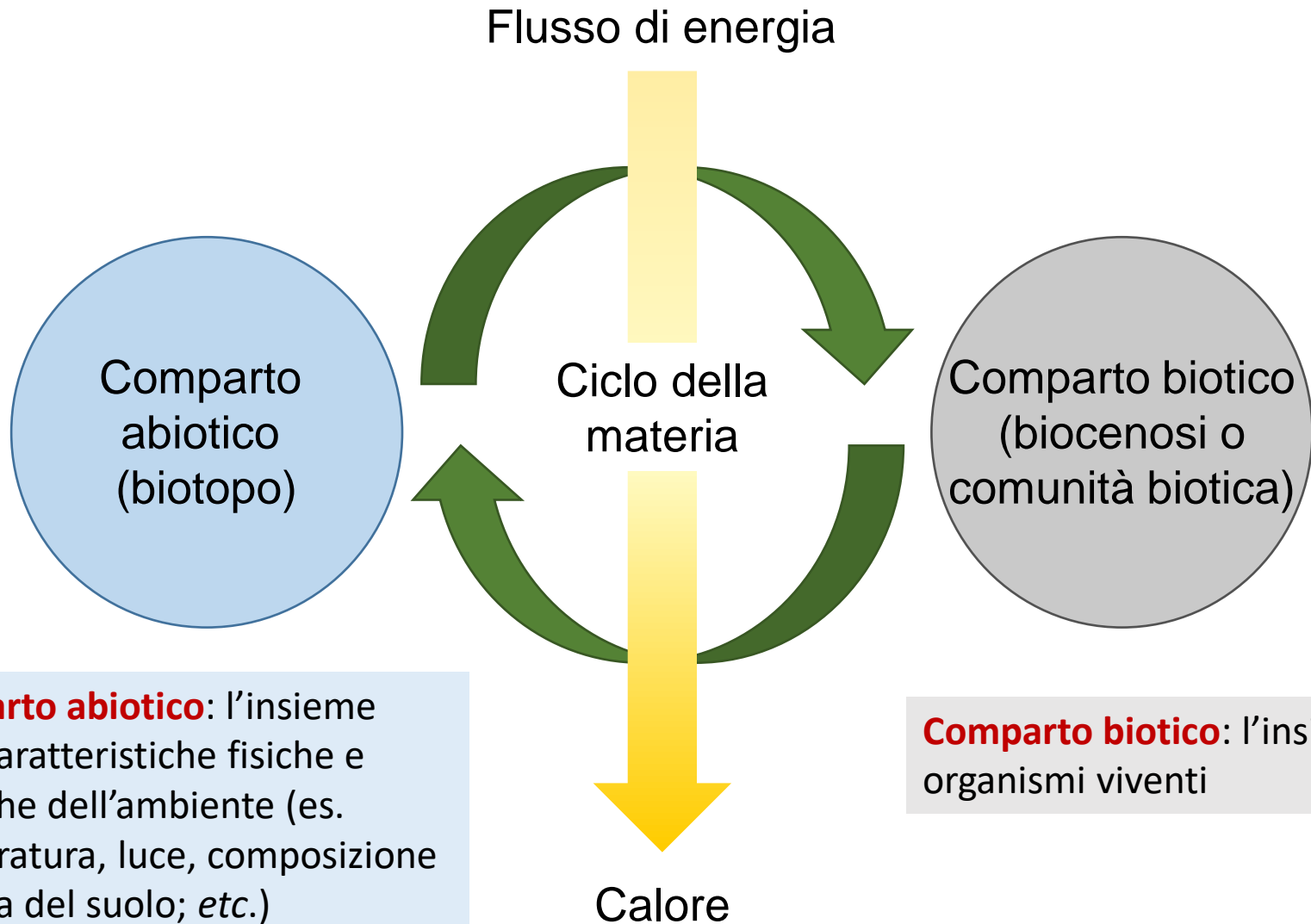
**(termine coniato da Arthur G. Tansley, 1935)**

*“Una porzione di biosfera delimitata naturalmente e comprendente un insieme di organismi che interagiscono tra loro e con l’ambiente fisico che li circonda”*

**Ecosistema (secondo Eugene P. Odum, 1953):**

*“Un insieme di organismi viventi (comparto biotico) e ambiente fisico (comparto abiotico) che interagiscono tra loro in modo da determinare un continuo scambio (ciclo) dei materiali grazie alla presenza di un continuo flusso unidirezionale di energia”*

# Struttura e funzionamento di un ecosistema (Eugene P. Odum, 1953)



# Esempi di ecosistemi



Lago



Fiume



Prato



Macchia mediterranea



Foresta



**Lecceta**



**Castagneto**



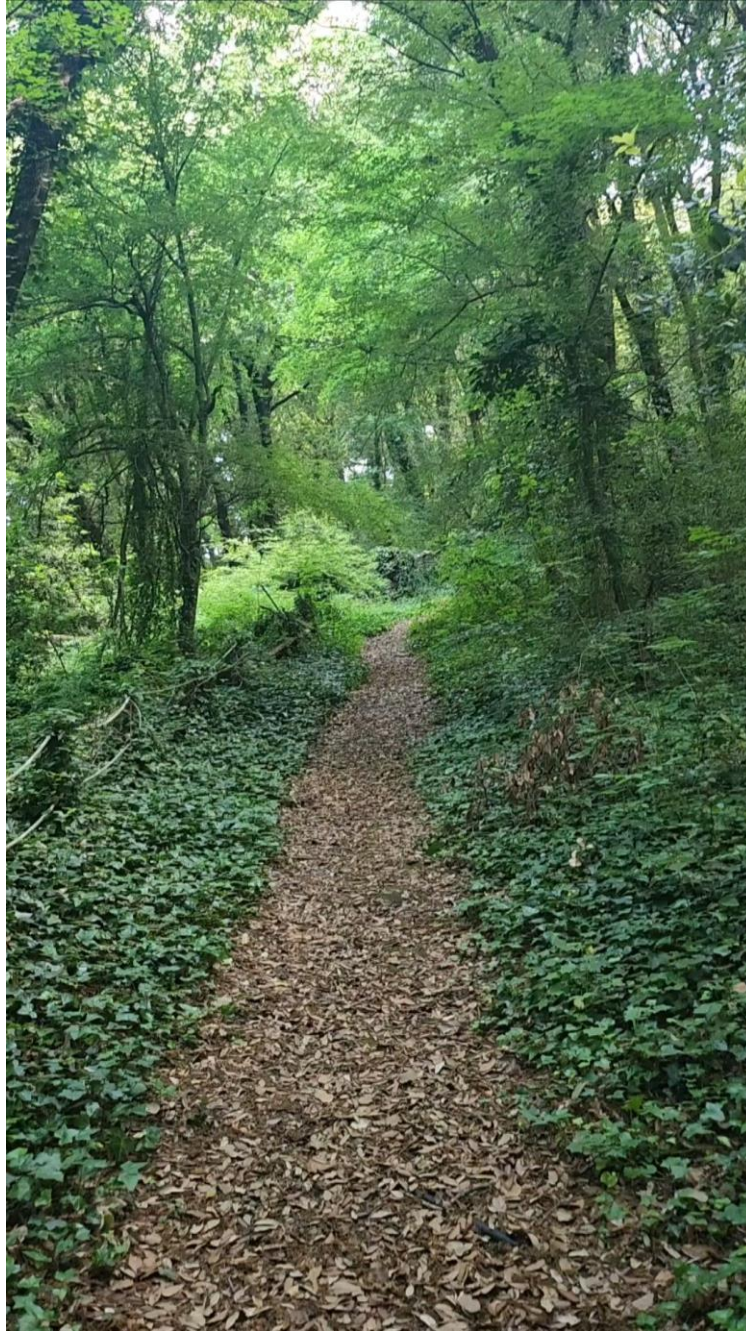
**Bosco misto**



**Faggeta**

**Osserviamo un  
ecosistema da vicino:**

escursioni in aree  
naturali



# COMPONENTE BIOTICA DEGLI ECOSISTEMI

**È organizzata in diversi  
livelli gerarchici**

Organismi

Popolazioni

Comunità

**Include organismi con diversi  
ruoli funzionali**

Produttori

Consumatori

Decompositori

## **POPOLAZIONE**

**Gruppo di individui della stessa specie che occupa una determinata area**  
(per es. l'insieme di tutti i faggi della stessa faggeta)

## **COMUNITÀ**

**Insieme di popolazioni di specie diverse che occupano la stessa area e che interagiscono tra loro**

(per es. l'insieme di tutte le piante, gli animali e i microorganismi della faggeta)



**Faggeta**

# PRODUTTORI

**Organismi autotrofi: in grado di produrre da sé la sostanza organica (fonte di energia per tutte le loro attività) a partire da composti inorganici semplici**

## Fotoautotrofi

Usano la luce come fonte di energia per produrre sostanza organica

**Con fotosintesi ossigenica**  
(piante vascolari, briofite, alghe eucarotiche, cianobatteri)

## Con fotosintesi anossigenica

(batteri fotosintetici: batteri rossi sulfurei, i batteri rossi non-sulfurei, i batteri verdi sulfurei e i batteri verdi non-sulfurei)

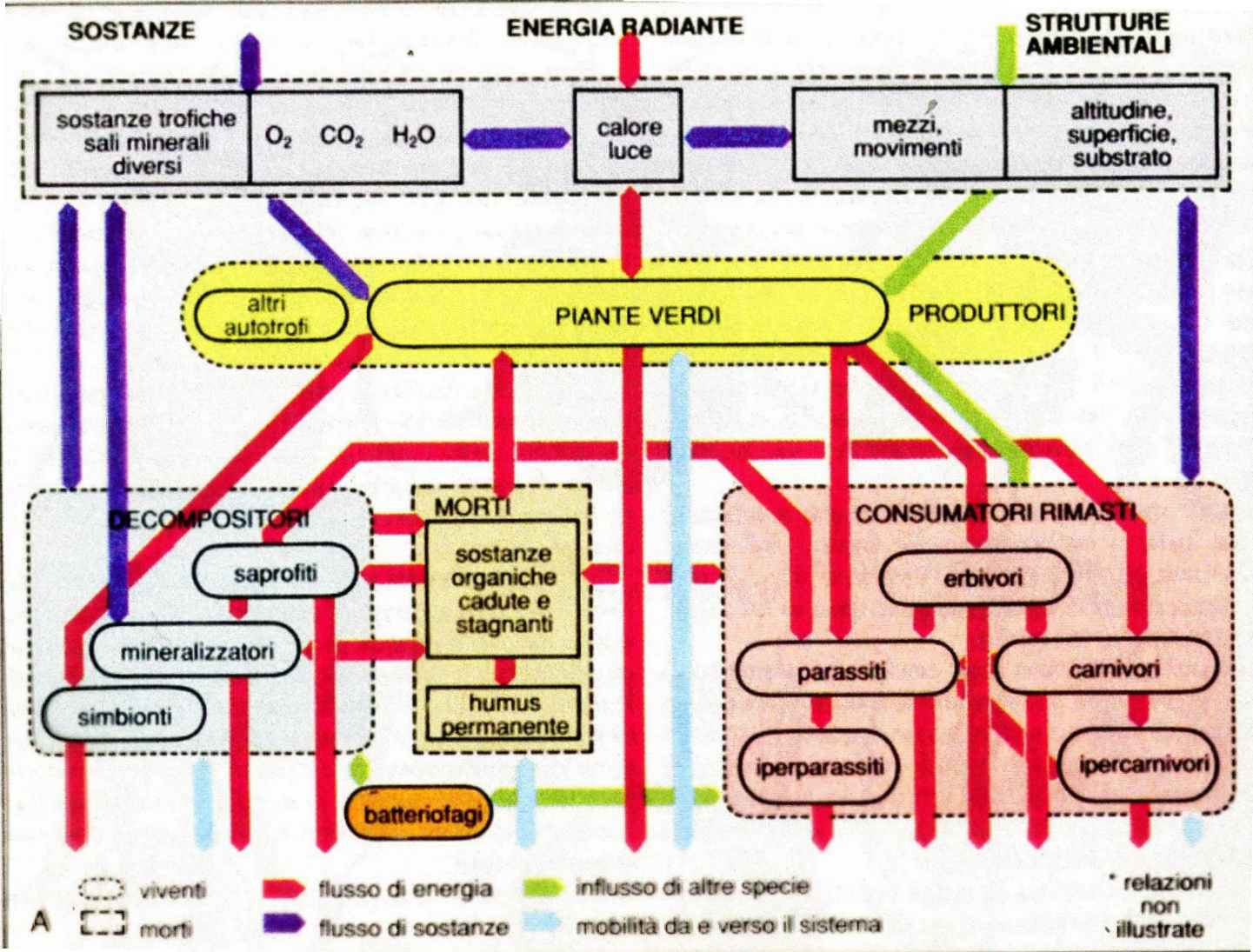
## Chemioautotrofi

(batteri chemiosintetici o chemioautotrofi)

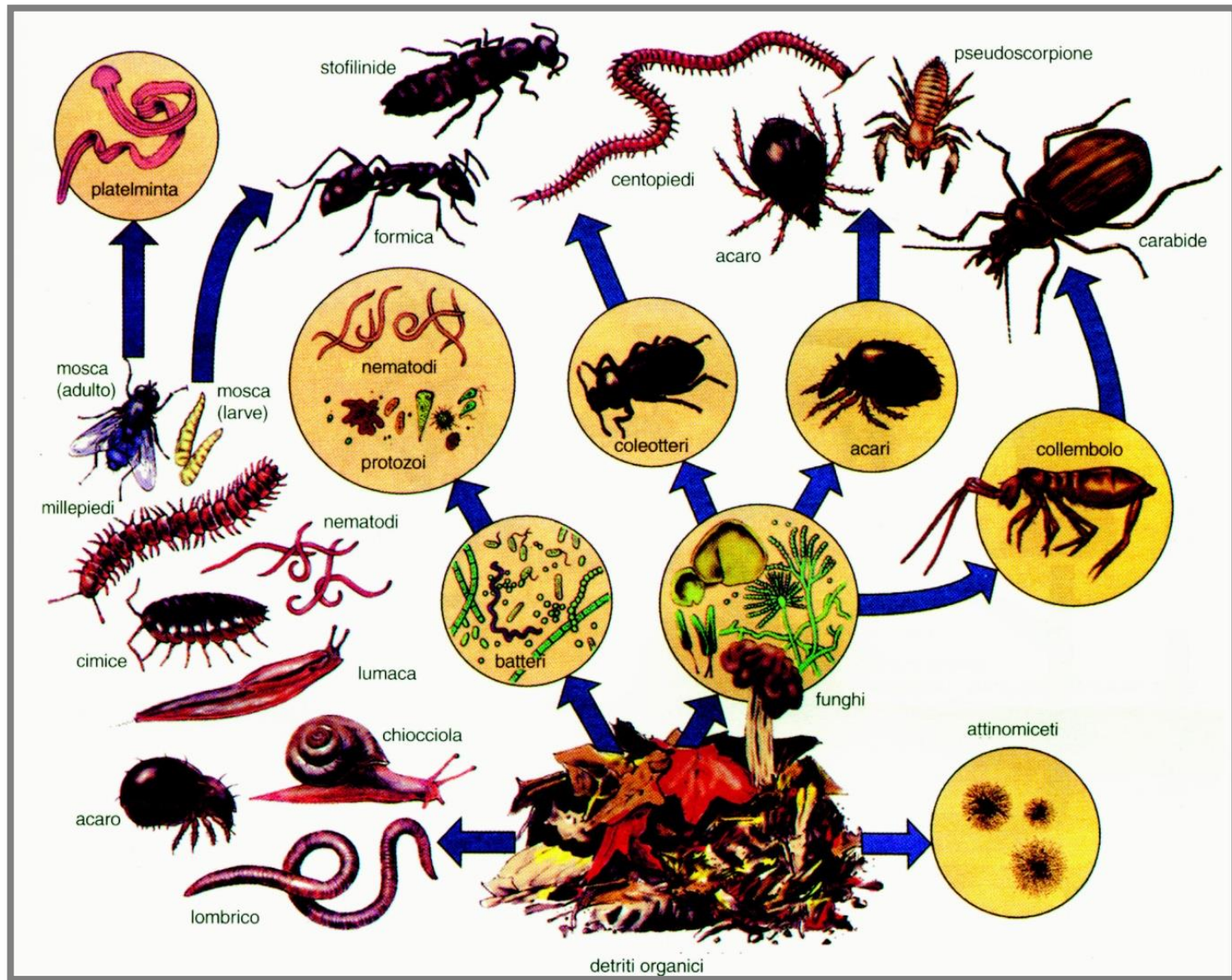
Usano energia liberata da reazioni chimiche per produrre sostanza organica

# CONSUMATORI E DECOMPOSITORI

Organismi eterotrofi: incapaci di produrre da sé la sostanza organica, traggono energia dalla sostanza organica contenuta nel proprio cibo (**consumatori**) oppure dalla sostanza organica morta (**decompositori**)



**I decompositori (principalmente batteri, funghi, ma anche piccoli animali) traggono energia dal detrito (corpi morti di organismi viventi o loro parti, nonché prodotti di scarto)**



## 6. Interazioni tra organismi viventi e ambiente fisico-chimico negli ecosistemi e interazioni biotiche

### ➤ Gli organismi viventi interagiscono con l'ambiente fisico-chimico

Le caratteristiche dell'ambiente fisico-chimico di una data area determinano quali specie possono viverci:

Su un suolo acido potranno vivere solo piante **acidofile**, su un suolo basico solo piante **basofile**, su un suolo ricco di sali (per es. in aree costiere) solo specie **alofile** (come le mangrovie) →

In ambienti aridi possono vivere solo piante (es. cactus) e animali (es. cammello e dromedario) capaci di tollerare l'aridità

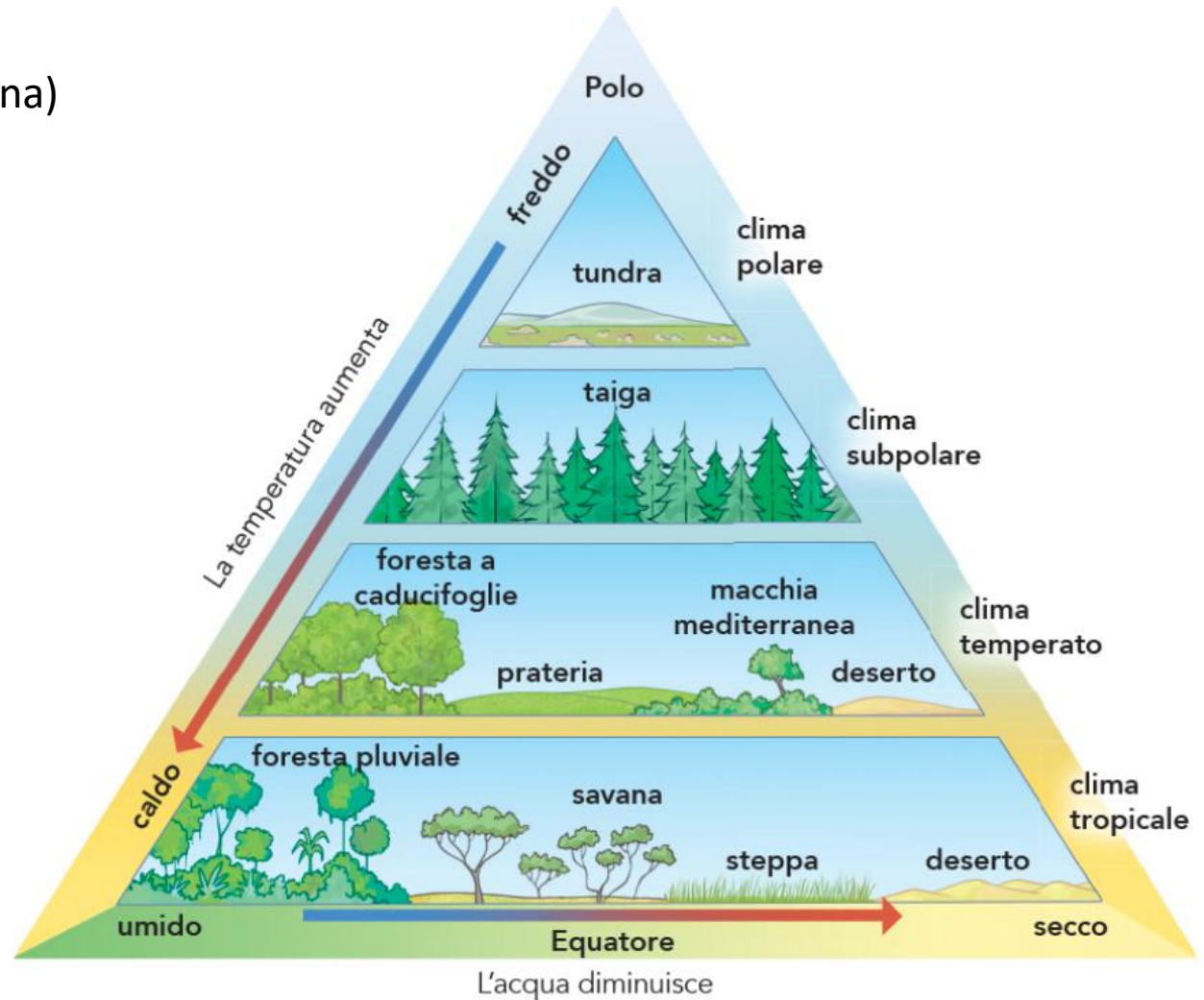


**Nella biosfera** (=insieme di tutti gli ecosistemi della Terra) la radiazione solare, la temperatura e l'acqua sono distribuite in modo non uniforme, per cui si distinguono **diverse zone climatiche**.

L'ampio biosistema regionale (che si trova in una data zona climatica), caratterizzato da un certo tipo di vegetazione dominante, è definito **bioma**

### Principali biomi terrestri

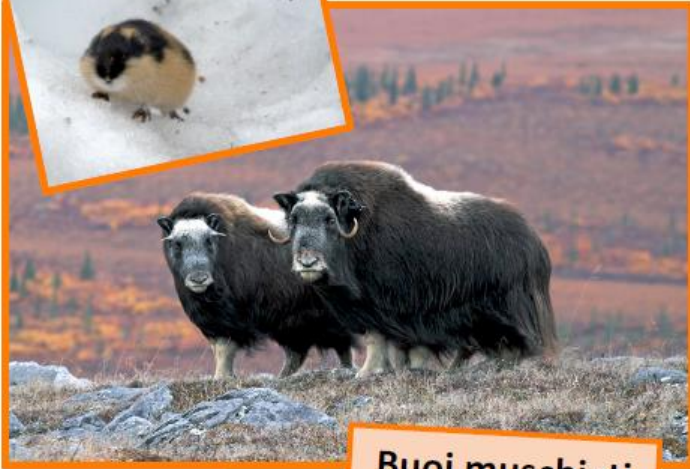
- Tundra (prateria artica o alpina)
- Taiga (foresta di conifere)
- Foresta temperata decidua
- Arbusteto sempreverde mediterraneo (es. macchia mediterranea)
- Deserto,
- Prateria
- Savana
- Foresta tropicale pluviale
- Foresta tropicale stagionale



**Gli animali e i vegetali che vivono in regioni geografiche distanti tra loro, ma con condizioni climatiche simili, mostrano gli stessi tipi di adattamento.**



Lemming



Buoi muschiati

Nella **tundra (prateria artica)**, che si estende intorno ai poli, durante l'inverno la radiazione solare è quasi assente e il suolo è coperto di neve. Nella stagione più calda, si ha il disgelo dello strato più superficiale ma non del permafrost (terreno sempre gelato ad una certa profondità). In queste condizioni crescono solo muschi, licheni e piante con radici poco sviluppate a fusto basso o strisciante sul terreno. Gli animali sono coperti da folta pelliccia: renne, caribù, buoi muschiati, lepri artiche, lupi artici, volpi artiche, civette delle nevi, orsi polari, roditori fra cui i lemming.

La tundra può essere presente anche in alta montagna (**prateria alpina**)

La **taiga (foresta sempreverde di conifere)**, che si trova a sud della tundra nell'emisfero boreale, è caratterizzata da inverni lunghi e rigidi ed estati fresche e piovose. È dominata da poche specie di conifere (abeti, larici, pini) e da diversi animali tipici: topi, ricci, alci, cervi, castori, volpi, martore, lupi, linci, l'orso nero e l'orso grigio.



Castori

Cinghiali



La **foresta temperata decidua** è caratteristica del clima temperato con l'alternarsi di quattro stagioni. Le piante (faggi, querce, olmi, frassini, castagni, noci) hanno foglie larghe e sottili che perdono d'inverno. Le foglie cadute in autunno formano lo strato della lettiera. Questa foresta è popolata da topi campagnoli, scoiattoli, ghiri, lupi, volpi, cinghiali, faine, gufi, civette, uccelli canori.

La **macchia mediterranea** si trova in aree costiere e sub-costiere a circa 40° di latitudine, caratterizzate da clima mediterraneo (inverno mite e piovoso e estate calda e arida). Ospita alberi bassi e arbusti sclerofilli (con foglie piccole e rigide) adattati alla siccità estiva (come leccio, corbezzolo, ulivo, pino d'aleppo, ginepro, alloro, cisto, rosmarino, mirto). Tra gli animali, si trovano lucertole, conigli, cinghiali, istrice, falchi pellegrini, grifoni.

Moscardino



Istrice



Volpe del deserto

Il **deserto** è situato in zone in cui cadono meno di 25 cm di pioggia all'anno e vi è una forte escursione termica tra giorno e notte. Piante e animali hanno adattamenti per conservare l'acqua. Le piante hanno foglie ridotte a spine e fusti carnosi. Gli animali del deserto sono scorpioni, lucertole e serpenti, roditori, come il ratto canguro, volpi del deserto, sciacalli e piccoli rapaci notturni, ma anche cammelli e dromedari

La **prateria** si trova in regioni con una stagione delle piogge e una secca (grande prateria nordamericana, pampa dell'Argentina, steppa dell'Europa e dell'Asia).

La vegetazione dominante è costituita da piante erbacee.

La fauna è rappresentata da grandi erbivori come cavalli, bisonti, bufali, antilopi, da predatori come il coyote, da roditori e uccelli.



Coyote

Cane della prateria

La **savana** si trova nelle zone tropicali, con clima caratterizzato dall'alternanza di una stagione secca e prolungata e di una stagione con piogge abbondanti. È una prateria puntellata da alberi, come l'acacia e il baobab. È il regno dei grandi erbivori: zebre, giraffe, elefanti, antilopi, gazzelle, gnu, bufali, e dei grandi cacciatori: leoni, licaoni, iene, ghepardi, leopardi.



Iene



Gnu

La **foresta pluviale tropicale** si trova nella zona equatoriale, la più piovosa della Terra (oltre 200 cm all'anno). La temperatura è alta e costante tutto l'anno e il giorno e la notte hanno la stessa durata. La vegetazione è lussureggiante e stratificata, con alberi di diversa altezza (i più alti raggiungono 50 m). Sui rami delle piante più alte si insediano altre piante (**epifite**), quali orchidee e bromeliacee. Le liane si attorcigliano ai tronchi degli alberi più alti per arrivare alla cima. Questo intrico di vegetazione ospita una gran varietà animali: formiche, termiti, scorpioni, scolopendre, ragni, lombrichi, nematodi, rane, serpenti, scimmie, pappagalli, *etc.* È il **bioma più ricco di specie del mondo. Si ritiene ospiti la metà delle specie che vivono sulla terra.**

Scimmia cappuccina



Rana



Foresta con piante epifite



Pappagallo



# Le caratteristiche dell'ambiente fisico sono molto diverse negli ambienti acquatici e terrestri

**Gli ambienti acquatici differiscono tra loro principalmente per la salinità delle acque:**

- ❖ Ambienti di acque salate o marine
- ❖ Ambienti di acque dolci
- ❖ Ambienti di transizione (foci, lagune)

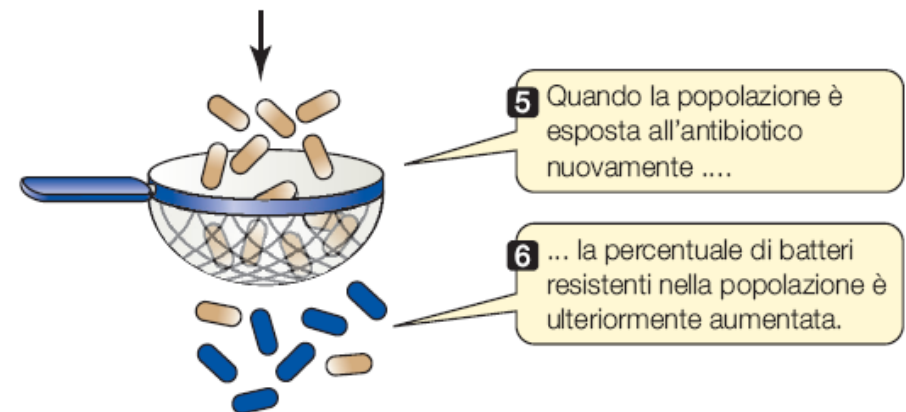
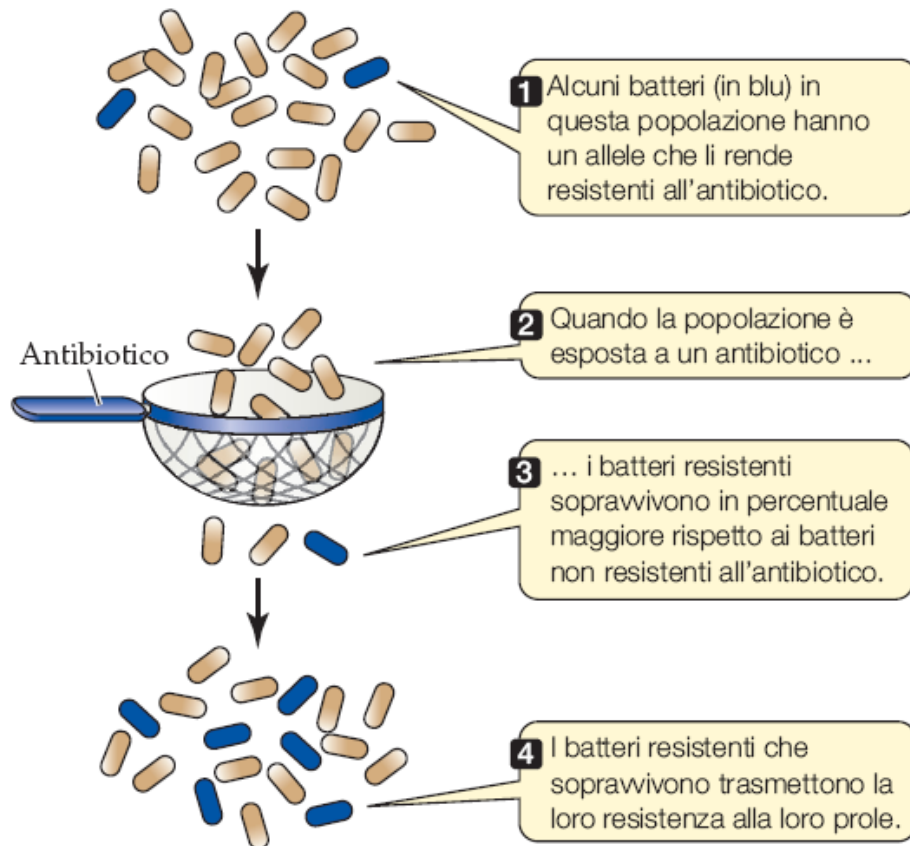
Le **acque dolci** possono essere distinte in

- ❑ **acque lentiche** (acque calme, come laghi, stagni, paludi)
- ❑ **Acque lotiche** (acque correnti), in movimento lungo una direzione preferenziale (torrenti,



# In ciascun ambiente gli organismi viventi sono adattati alle condizioni ambientali

L'**adattamento** è un processo che riguarda la **popolazione** (non il singolo individuo) ed è il risultato della **selezione** effettuata dalla **natura** (**selezione naturale**), nelle **generazioni precedenti**, che ha consentito solo agli individui con caratteri idonei a quell'ambiente di sopravvivere e lasciare discendenti



**La selezione naturale in azione** Come mostrato in questo diagramma, dove il setaccio rappresenta le conseguenze selettive di un antibiotico, la selezione naturale può causare nei batteri l'aumento della resistenza agli antibiotici al crescere del tempo.

In ciascuna zona climatica le variazioni stagionali o giornaliere dell'ambiente fisico non possono essere affrontate in individui longevi con risposte adattative (che comportano variazioni genetiche della popolazione nel corso di molte generazioni)!

**Queste variazioni possono essere affrontate dai singoli individui con risposte non adattative** (comportamentali, fisiologiche o morfologiche)

**Esempi di risposte non adattative (che non implicano cambiamenti genetici e quindi possono essere dati dal singolo individuo)**

- ❑ **Migrazione** in zone più calde (es. uccelli migratori) per evitare il freddo invernale
- ❑ **Dispersione di calore** dalla superficie corporea e sudorazione per ridurre la temperatura corporea (in mammiferi e uccelli)
- ❑ Riduzione delle funzioni vitali con il **letargo** (mammiferi) o con l'**ibernazione** (rettili e anfibi) per proteggersi dal freddo
- ❑ Protezione con **folte pellicce d'inverno** (che vengono sostituite da pellicce più sottili in estate), es. nella lepre americana



*Lepus americanus* con pelliccia invernale (a sinistra) ed estiva (a destra). Da: Mills et al., 2013.

- ❑ **Accumulo di acqua** negli organismi che vivono in climi aridi (in foglie o fusti "succulenti" nelle piante del deserto, come i cactus) durante la stagione più umida, in modo da avere una riserva interna nella stagione più secca

(A) Cactus



(B) Euforbia



- ❑ **Accumulo di grassi** (es. nelle gobbe di cammelli e dromedari) per ottenere acqua dal metabolismo dei grassi



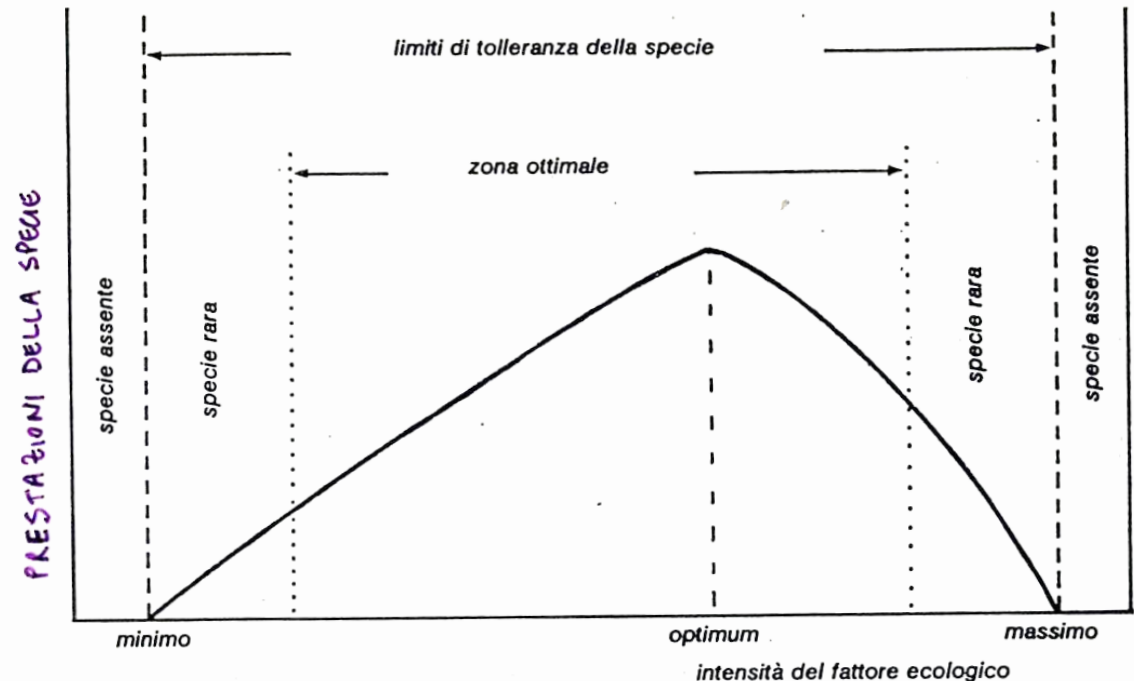
Ogni individuo/specie vive laddove le condizioni ambientali consentono la sua sopravvivenza e gli consentono di crescere e riprodursi. Lo spazio fisico dove possiamo trovare un individuo/ specie è detto **habitat**.

La **nicchia ecologica** è, invece, il ruolo che ogni individuo/specie svolge nell'ecosistema.

La nicchia ecologica include gli **intervalli di tolleranza** dell'individuo/specie a tutti i fattori ecologici (es. disponibilità di acqua, temperatura, etc.), il ruolo trofico (cioè la sua fonte di energia) oltre allo spazio fisico (habitat).

La nicchia ecologica può essere definita un **ipervolume a n dimensioni** in cui un organismo/specie può vivere indefinitamente.

**L'intervallo di tolleranza** di una specie ad un dato fattore ecologico è l'intervallo di valori in cui è possibile la sopravvivenza. Esso è compreso tra un valore minimo e un valore massimo (**limiti di tolleranza**)



# In ogni ecosistema gli organismi interagiscono tra di loro (interazioni biotiche)

## Analisi delle interazioni tra popolazioni di due specie

<i>Tipo di Interazione</i>	<i>Specie 1</i>	<i>Specie 2</i>	<i>Natura generale dell'interazione</i>
Neutralismo	0	0	Nessuna delle due popolazioni influenza l'altra
Competizione diretta o per interferenza	-	-	Diretta inibizione di ciascuna specie da parte dell'altra
Competizione per la risorsa	-	-	Indiretta inibizione quando la risorsa comune è scarsamente disponibile
Amensalismo	-	0	Popolazione 1 inibita, 2 non influenzata
Commensalismo	+	0	Popolazione 1, la <i>commensale</i> , trae beneficio, mentre la 2, <i>l'ospite</i> , non è influenzata
Parassitismo	+	-	Popolazione 1, la <i>parassita</i> , generalmente di taglia più piccola della 2, <i>l'ospite</i>
Predazione (erbivoria inclusa)	+	-	Popolazione 1, la <i>predatrice</i> , generalmente di taglia maggiore della 2, la <i>preda</i>
Protocooperazione	+	+	Interazione favorevole per entrambe ma non obbligata
Mutualismo	+	+	Interazione favorevole per entrambe e obbligata

*Nota:* 0 indica che non ci sono interazioni significative; + indica crescita, sopravvivenza, o altri attributi di popolazione che sono avvantaggiati (termine positivo aggiunto all'equazione di crescita); - indica crescita della popolazione o altri attributi inibiti (termine negativo aggiunto all'equazione di crescita).

# COMPETIZIONE INTRA- E INTERSPECIFICA

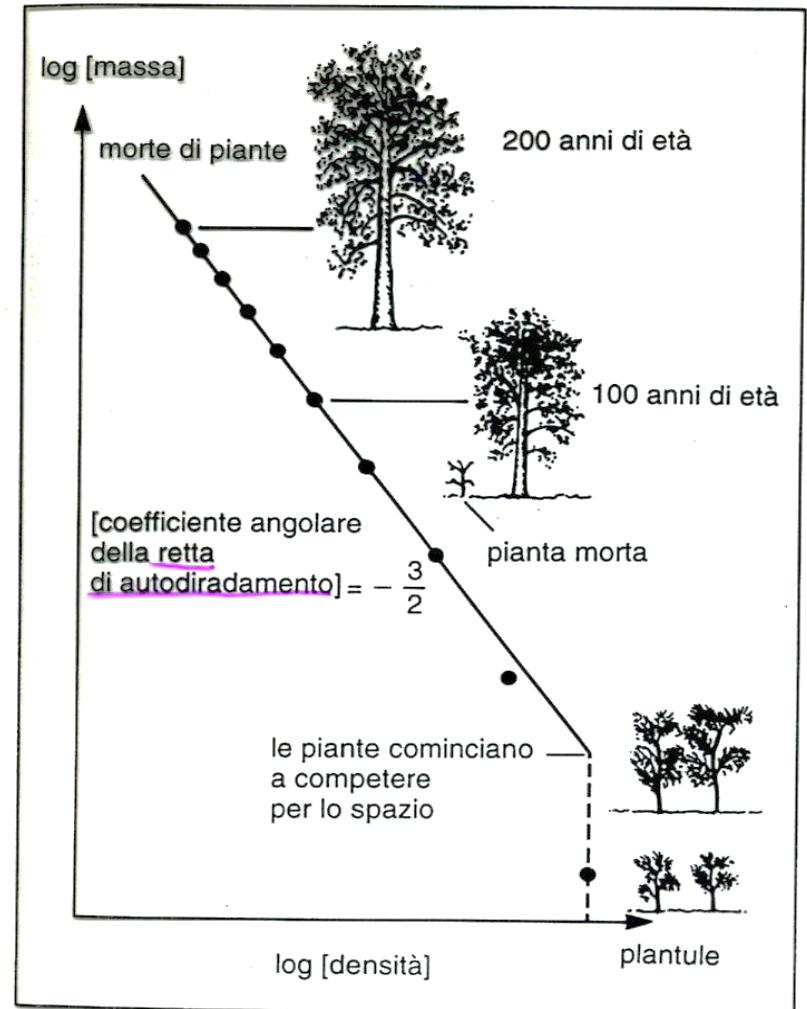
## COMPETIZIONE INTRASPECIFICA

Interazione negativa tra individui della stessa specie dovuta a una comune esigenza di una risorsa disponibile in quantità limitata

Per esempio le piante della stessa specie possono competere per la luce, l'acqua e i nutrienti; gli animali possono competere per il cibo, per lo spazio in cui accoppiarsi o allevare i piccoli, per il partner sessuale, etc.

La competizione intraspecifica provoca una **diminuzione della sopravvivenza, dell'accrescimento e/o della riproduzione** degli individui interessati

Relazione tra densità e massa delle piante in una popolazione di pino ponderoso (*Pinus ponderosa*). Il segmento tratteggiato rappresenta la fase in cui le plantule sono troppo piccole per competere tra loro per lo spazio alla densità a cui sono piantate. La retta a tratto continuo rappresenta l'accrescimento dipendente dalla densità, in cui le piante possono accrescersi in massa soltanto a spese di altre piante che muoiono; quindi, la densità di piante decresce. (I dati sono basati su quasi 850 parcelle, Meyer, 1938; il disegno è basato su White, 1980.)



La competizione può essere **diretta** (gli individui interferiscono direttamente e l'uno escluderà l'altro da una parte di habitat impedendogli di sfruttare le risorse ivi contenute) oppure **indiretta** (gli individui non interagiscono direttamente, ma ogni individuo è influenzato dalla quantità di risorsa che rimane nell'habitat dopo essere stata sfruttata dagli altri individui).

#### Strategie alternative

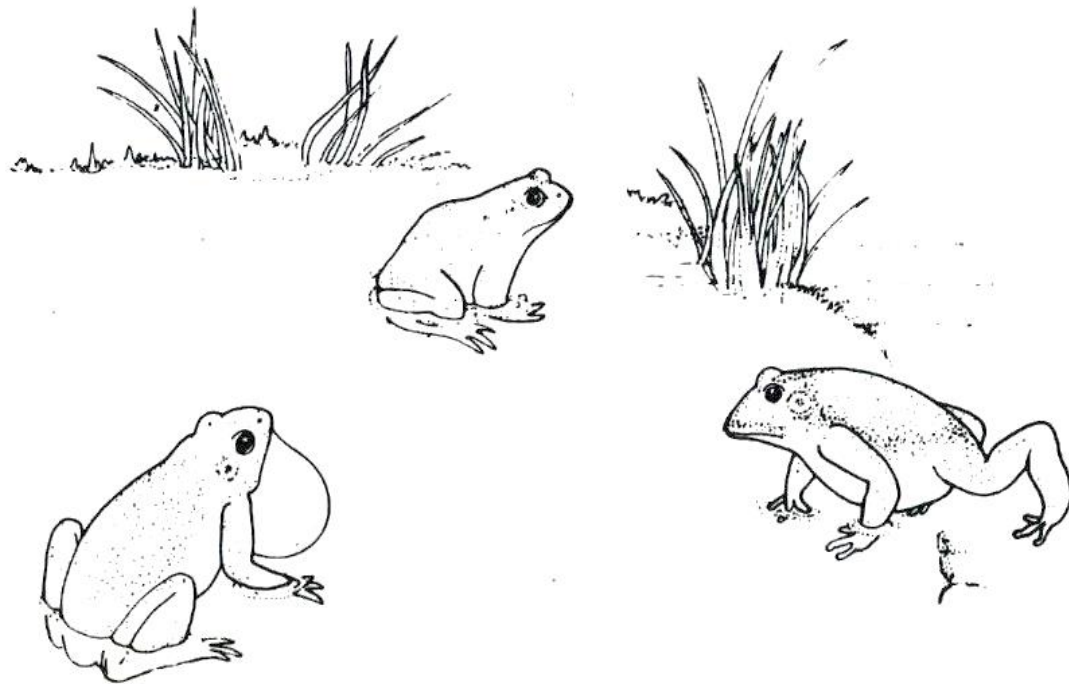


Figura 8.1

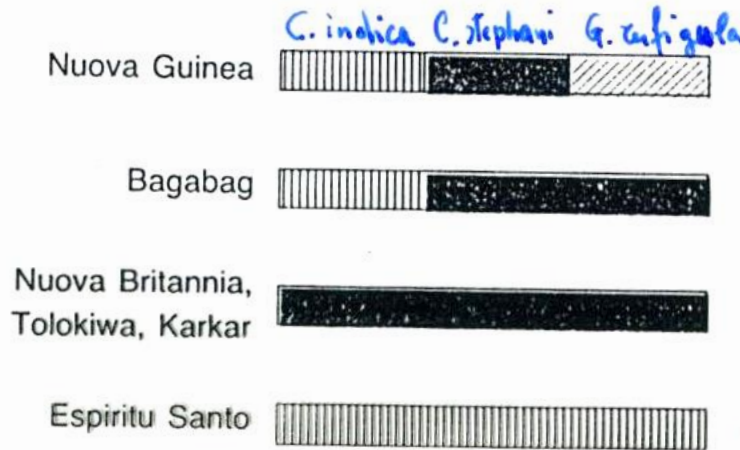
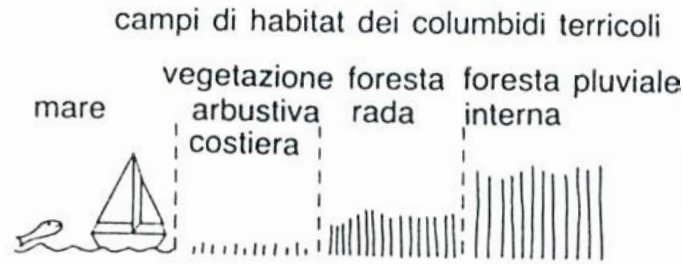
Un maschio di rana toro (*a sinistra*) gracida nel suo territorio e attrae una femmina che sta entrando nello stagno (*a destra*); il piccolo maschio (*al centro*), che rimane fermo e silenzioso all'interno del territorio del maschio più grande, è un satellite e aspetta il momento opportuno per intercettare la femmina mentre si avvicina al maschio che gracida.

# COMPETIZIONE INTERSPECIFICA

Interazione negativa tra individui di specie diverse determinata da una comune esigenza di una risorsa disponibile in quantità limitata

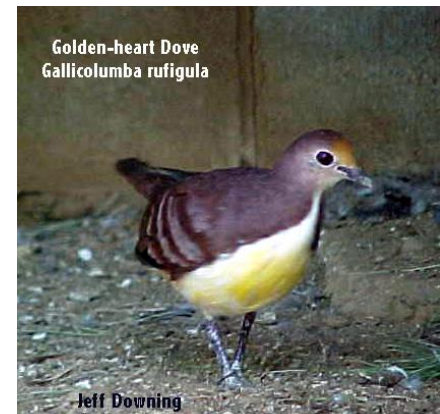
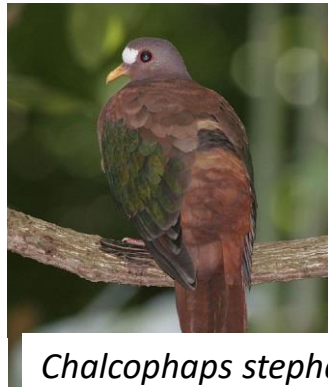
La competizione può determinare **esclusione competitiva o differenziamento della nicchia ecologica**

Espansione competitiva: gli habitat occupati da tre specie di columbidi terricoli su varie isole della regione della Nuova Guinea: *Chalcophaps indica* (barre verticali), *Chalcophaps stephani* (ombreggiatura omogenea), *Gallicolumba rufigula* (barre diagonali). (Secondo Diamond, 1975.)



**Contrazione della nicchia**

**Espansione competitiva**



# Interazioni **positive-negative**

Una popolazione esercita un effetto negativo sull'altra popolazione da cui è invece avvantaggiata (es. predazione, erbivoria, parassitismo, allelopatia, antibiosi)

☐ **Erbivoria:** consumo di una pianta da parte di un animale (erbivoro)

Un erbivoro generalmente consuma solo una parte della pianta senza ucciderla

Tuttavia a volte l'asportazione di piccole parti della pianta può risultare molto più dannosa di quanto possa apparire a prima vista.

I bruchi della farfalla *Cactoblastis cactorum* creano cicatrici di alimentazione in molte piante del genere *Opuntia* che vengono invase da batteri e quindi uccise



# Le piante possono difendersi dagli erbivori mediante

- ❑ **difese fisiche** (es. spine, come in Acacia)
- ❑ **difese chimiche** (es. la patata che produce solanina, mortale per molti erbivori)



La solanina (alcaloide), responsabile del colore verde, è prodotta quando la patata è esposta alla luce

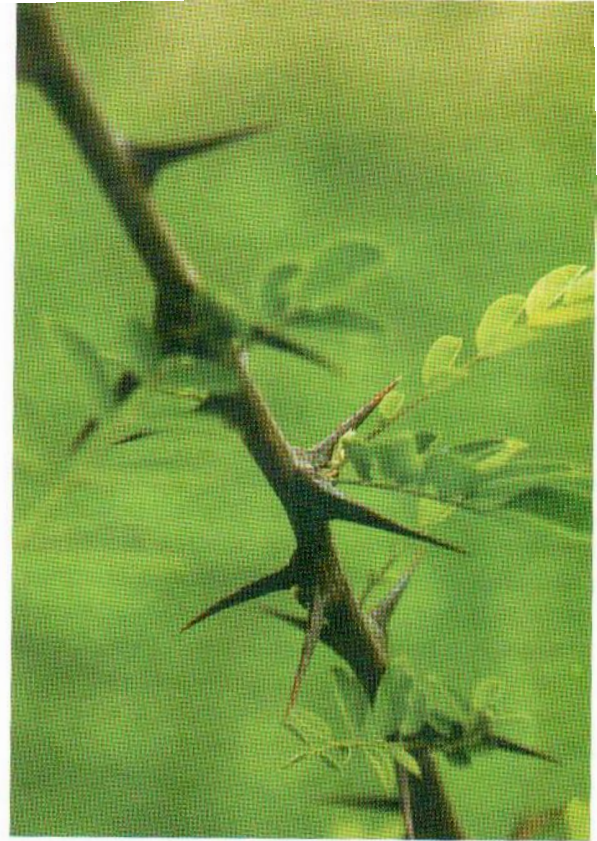
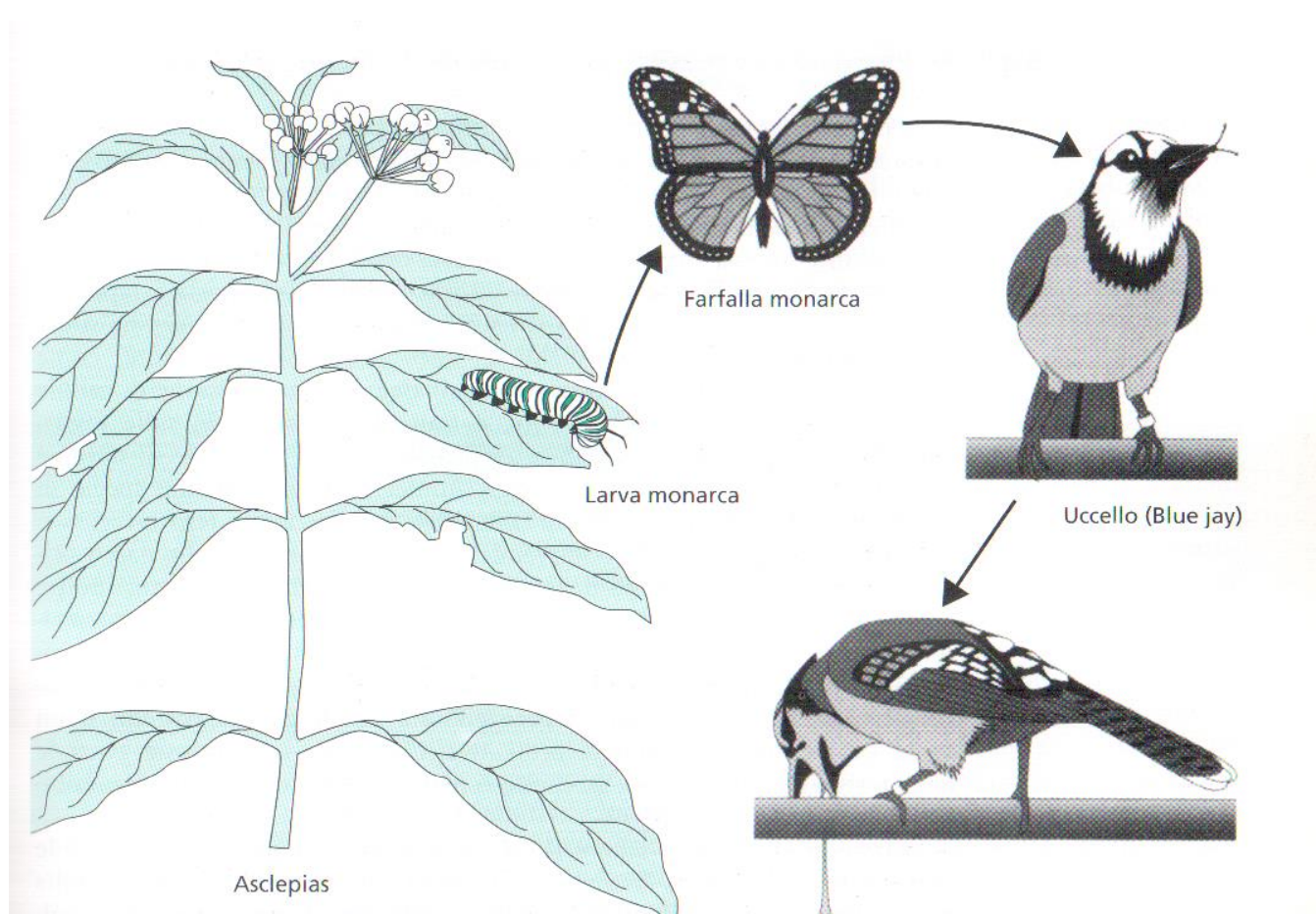


Figura 14.22 | Le spine di questa Acacia servono a proteggerla dai predatori.

# ❑ **Predazione:** consumo di un animale (preda) da parte di un altro animale (predatore)

Un predatore uccide sempre la propria preda, ma le prede possono evitare di essere predate, scappando, usando difese fisiche (come spine) o accumulando sostanze tossiche per il predatore



# Le colorazioni vistose possono essere una risposta alla predazione

## Criptismo o mimetismo criptico

(colorazione che fa sì che l'organismo si confonda con lo sfondo a con altro)



Il bruco della farfalla appetibile, *Limenitis archippus*, si confonde con un escremento di uccello

**Aposematismo** (colorazione vistosa di una preda per rendere manifesta la sua inappetibilità al predatore)



Il bruco e l'adulto della farfalla monarca (*Danaus plexippus*) presentano colorazione aposematica

**Mimetismo batesiano** (una specie appetibile si mimetizza con una inappetibile)



L'adulto di *Limenitis archippus*, appetibile, imita la colorazione della farfalla monarca, inappetibile

**Parassitismo:** consumo di parti di un organismo (**ospite**) da parte di un altro organismo (**parassita**). Il parassita non uccide il proprio ospite, con il quale vive in intima associazione. Esso ha dimensioni minori dell'ospite e attacca un piccolissimo numero di ospiti nel corso della propria vita.



La lampreda (parassita) succhia il sangue al pesce ospite

❑ **Allelopatia:** produzione di una sostanza (“sostanza allelopatica”) da parte di una pianta per inibire la crescita di altre piante

Per esempio all’ombra del noce non crescono altre piante e causa della presenza di una sostanza (**juglone**), nelle radici, nelle foglie e nella corteccia, che l’albero rilascia nel terreno e che impedisce la crescita di altre piante



❑ **Antibiosi** produzione di una sostanza (detta “antibiotico”) da parte di un fungo per inibire la crescita di batteri

(es. la penicillina prodotta dal fungo *Penicillium chrysogenum* con azione battericida contro batteri Gram+, come gli stafilococchi e gli streptococchi)

## Interazioni **positive**

Una o entrambe le specie sono avvantaggiate dall'interazione.

Nel **commensalismo** è avvantaggiata solo una specie, mentre l'altra è indifferente. Nel **mutualismo** sono avvantaggiate entrambe le specie



**Esempio di commensalismo** tra pesce pagliaccio e anemoni marine: i tentacoli delle anemoni paralizzano quasi tutti i pesci che le toccano, mentre il pesce pagliaccio è immune all'azione del veleno e ricava protezione e cibo nutrendosi dei resti di pesci uccisi dalle anemoni, che non sembrano né favorite né danneggiate dalla presenza di pesci pagliaccio

## Il mutualismo può essere facoltativo o obbligatorio

Esempio di **mutualismo facoltativo** tra anemoni di mare e granchi o paguri

Diverse specie di anemoni si fanno trasportare da granchi. Le anemoni, grazie ai loro tentacoli urticanti, proteggono i granchi dai predatori; i granchi trasportano le anemoni consentendo loro di occupare areali altrimenti inaccessibili e di usufruire dei residui alimentari lasciati dal partner



Un paguro  
trasporta sulla  
conchiglia delle  
anemoni.

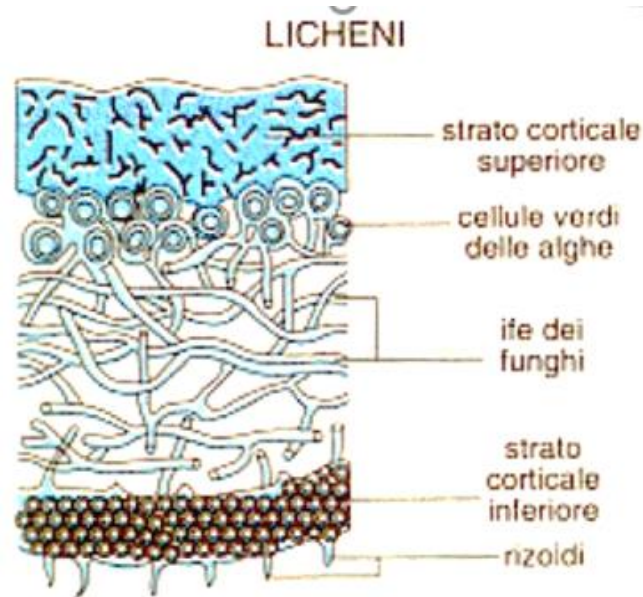
**Il mutualismo obbligatorio o mutualismo**, che può essere **simbiotico o non simbiotico**, può fornire diversi benefici ai partner

## Tipo di beneficio

- Nutrizionale
- Fonte di energia
- Protezione
- Trasporto

## Esempi di mutualismo simbiotico

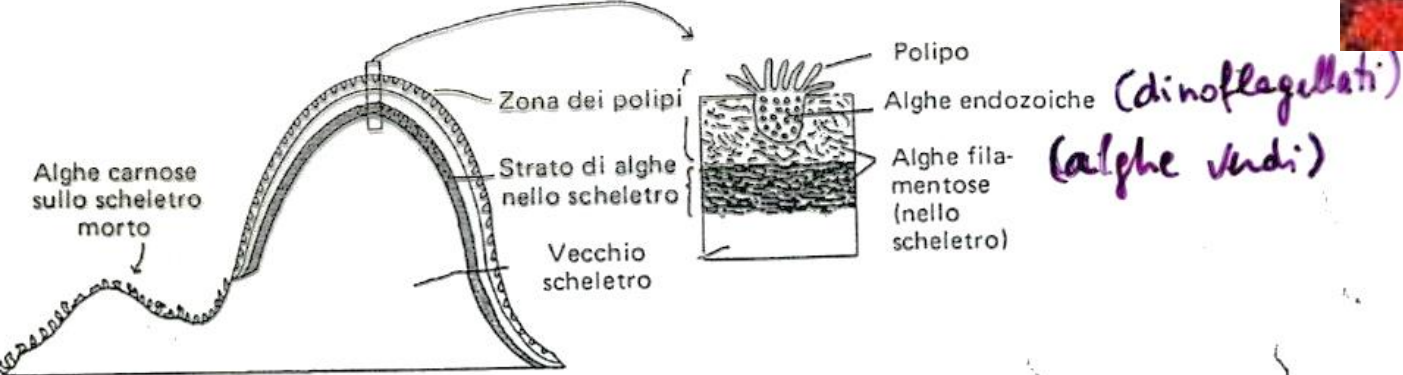
❖ **Licheni**: simbiosi tra un'alga e un fungo



L'alga fornisce al fungo una fonte di energia (fotosintati), il fungo fornisce all'alga protezione e nutrienti, che riesce a solubilizzare dal substrato anche grazie alla produzione di **acidi lichenici** (che acidificano l'acqua piovana migliorandone le proprietà solventi)

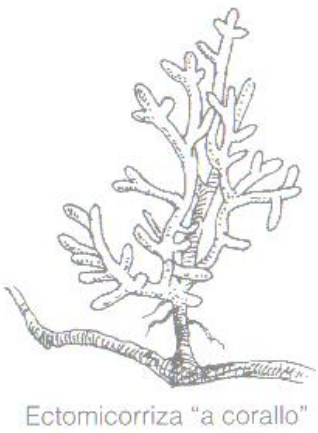
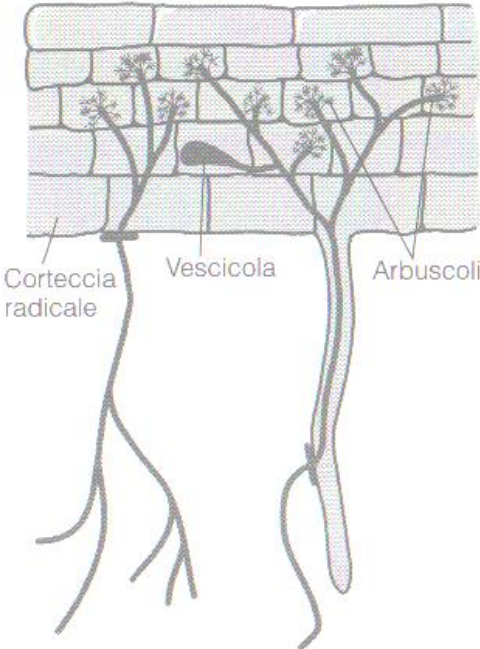
# ❖ Coralli: simbiosi tra polipi e alghe

L'alga fornisce al polipo una fonte di energia (fotosintati) e favorisce la deposizione di carbonato di calcio nello scheletro del corallo, il polipo fornisce all'alga protezione e nutrienti, che derivano dalla digestione dello zooplancton



# ❖ Micorrize : simbiosi tra funghi e radici delle piante

La pianta fornisce al fungo una fonte di energia (fotosintati), il fungo fornisce alla pianta nutrienti che assorbe dal suolo più efficacemente delle radici

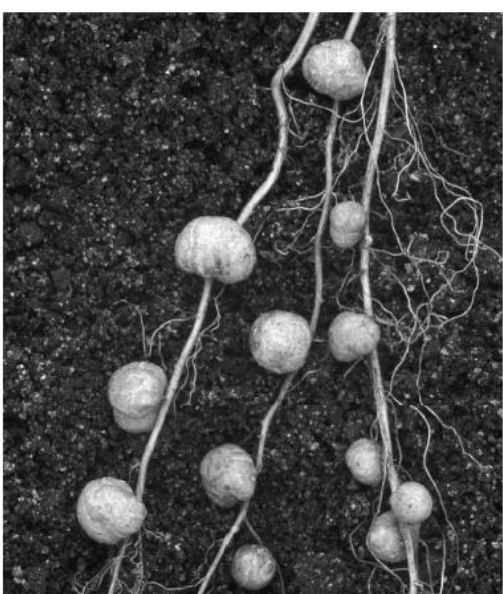


(b) Reti

**Simbiosi tra piante leguminose e batteri azotofissatori:** le piante forniscono fotosintati ai batteri del genere *Rhizobium*, questi ultimi forniscono alla pianta azoto fissato dall'atmosfera.



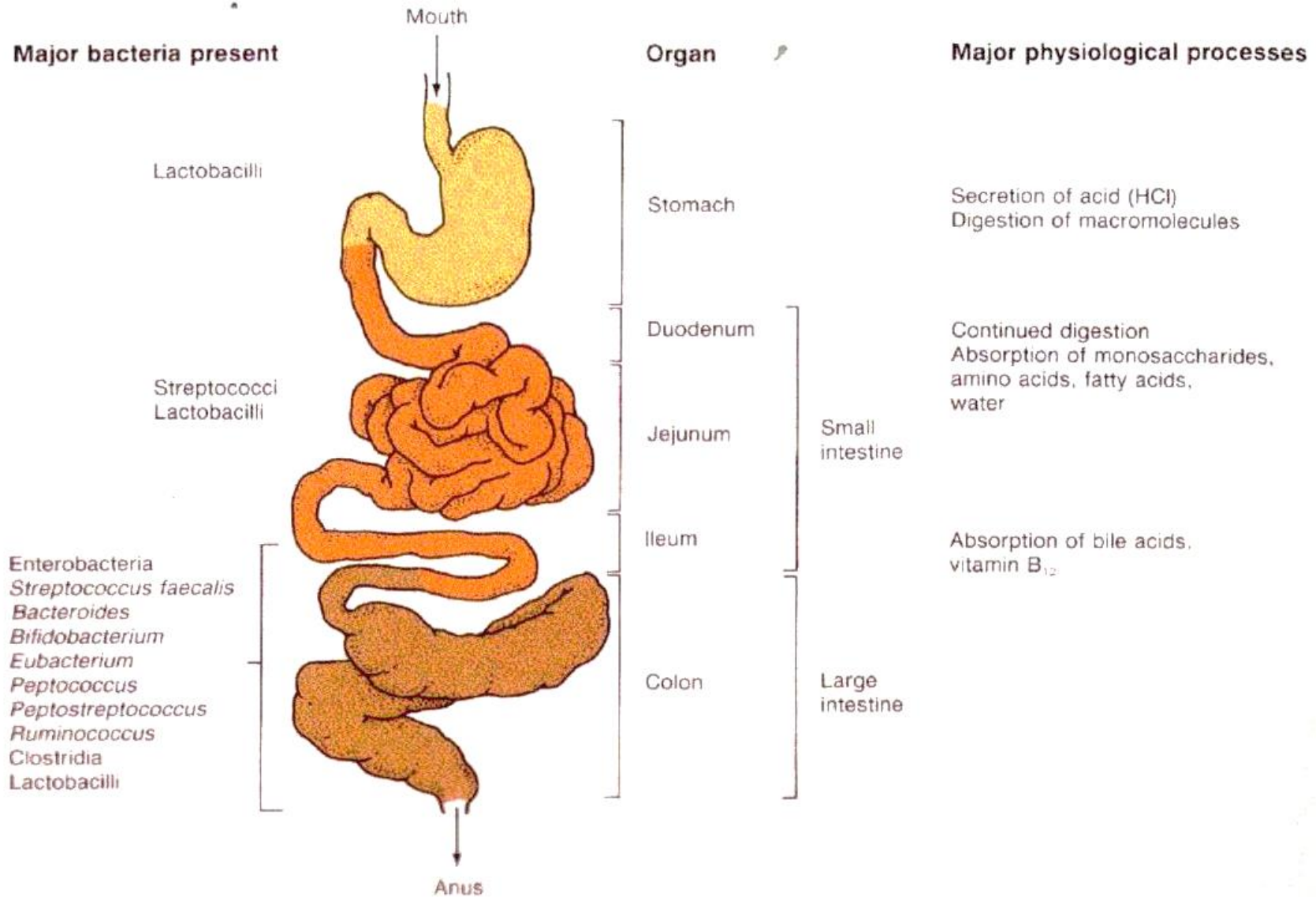
La fissazione dell'azoto molecolare ( $N_2$ ) presente in atmosfera è una prerogativa dei procarioti. Solo i batteri N-fissatori possono trasformare l'azoto molecolare in ammoniaca ( $NH_3$ ) grazie all'attività degli enzimi nitrogenasi. Il processo richiede molta energia e una fonte di elettroni che derivano dai fotosintati prodotti dalle piante simbiotici



**Noduli radicali** di una pianta di soia (*Glicine max*), i siti nei quali i batteri *Rhizobium leguminosarum* fissano l'azoto atmosferico in ammoniaca, che viene poi incorporata in composti organici azotati usati per la sintesi di proteine e acidi nucleici.

I noduli sono di colore rosa in quanto contengono la leghemoglobina, una proteina che lega l'ossigeno per evitare che questo inibisca l'attività della nitrogenasi

❖ **Simbiosi tra uomo e batteri:** l'apparato digerente umano fornisce nutrimento e un ambiente controllato ai batteri, questi favoriscono la digestione del cibo



❖ **Mutualismo non simbiotico tra piante e impollinatori:** le piante forniscono nutrimento agli impollinatori, questi ultimi garantiscono la riproduzione delle piante

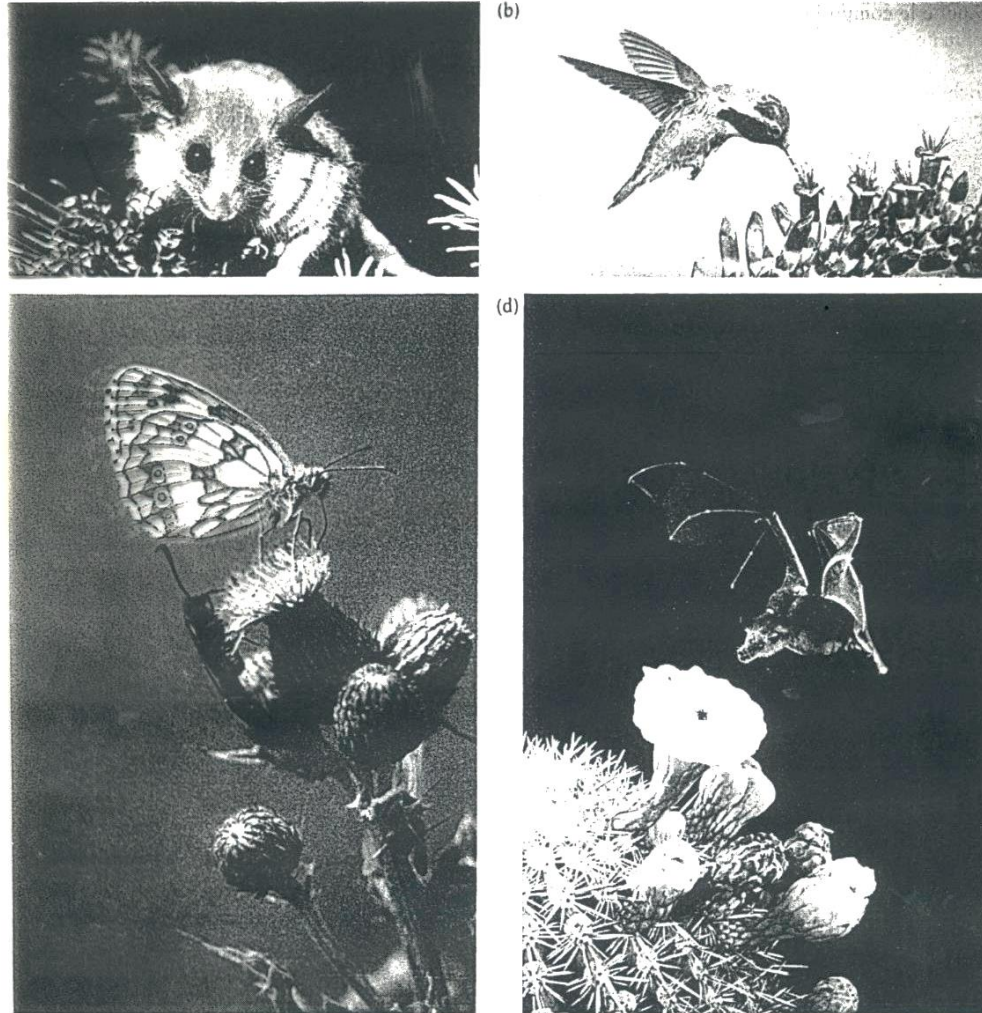


Figura 19.6. Esempi di animali impollinatori: (a) il marsupiale falangeride *Cercartetus nanus* su *Banksia*; (b) il trochilide o colibrì *Calyptae coata* su un fiore tubolare rosso tipico dell'impollinazione affidata ai colibrì; (c) la farfalla *Melanargia galathea* su un cardo; (d) il pipistrello *Leptonycteris curasoae* su un saguaro (*Carnegiea gigantea*).

## ❖ **Mutualismo non simbiotico tra pesci pulitori e pesci clienti:**

I pesci pulitori si nutrono di ectoparassiti, batteri e tessuti necrotici presenti sulla superficie di altri pesci. Questi presentano colorazioni vistose nei punti in cui vogliono farsi pulire in modo da attirare l'attenzione dei pulitori. Eliminando sperimentalmente i pulitori, i clienti sviluppano malattie cutanee con conseguente declino delle loro popolazioni.

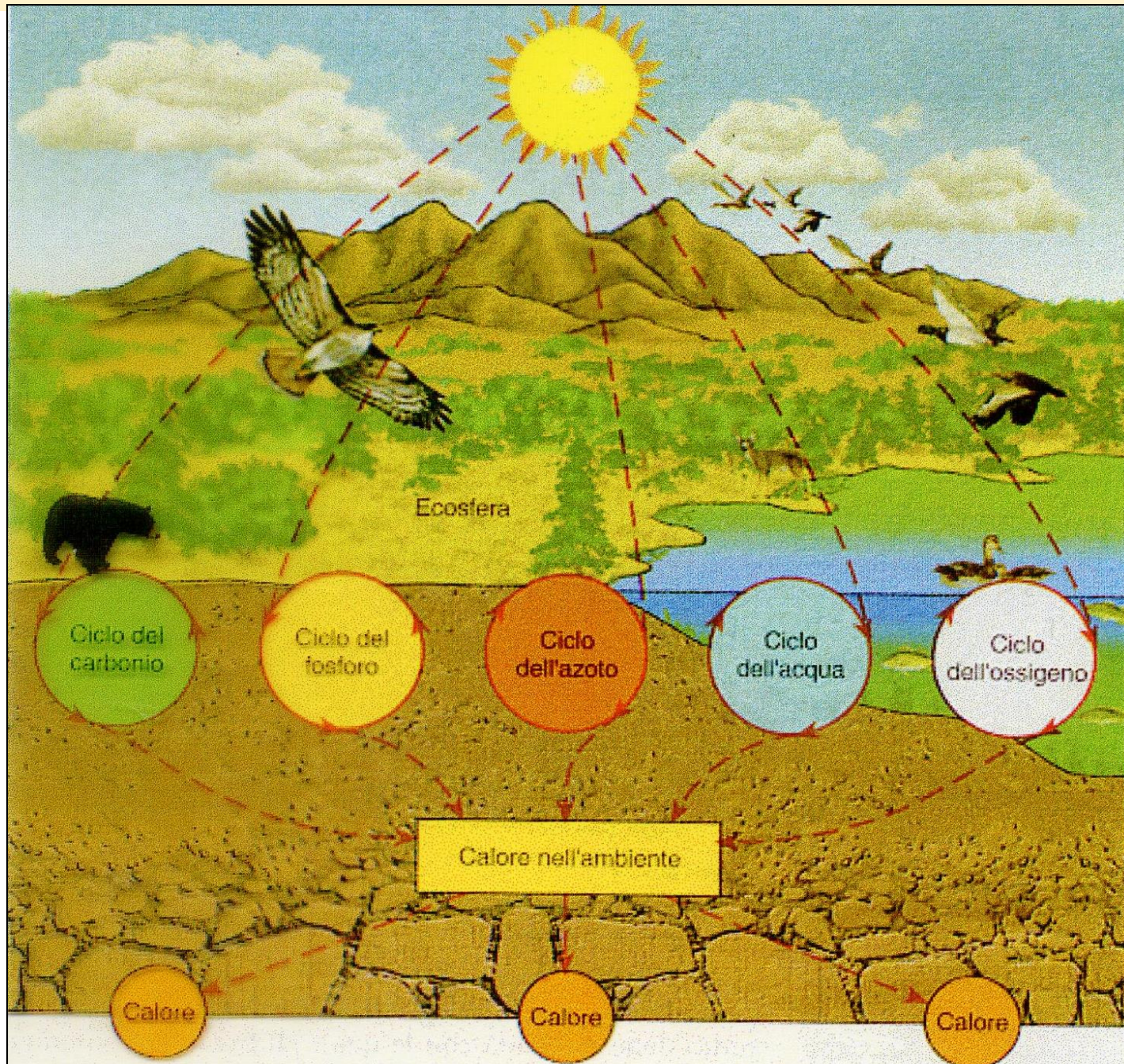


Un *Labroides* pulisce la bocca di *Gymnothorax javanicus*. In presenza del pesce pulitore, il pesce cliente apre la bocca invitandolo a compiere la sua opera.



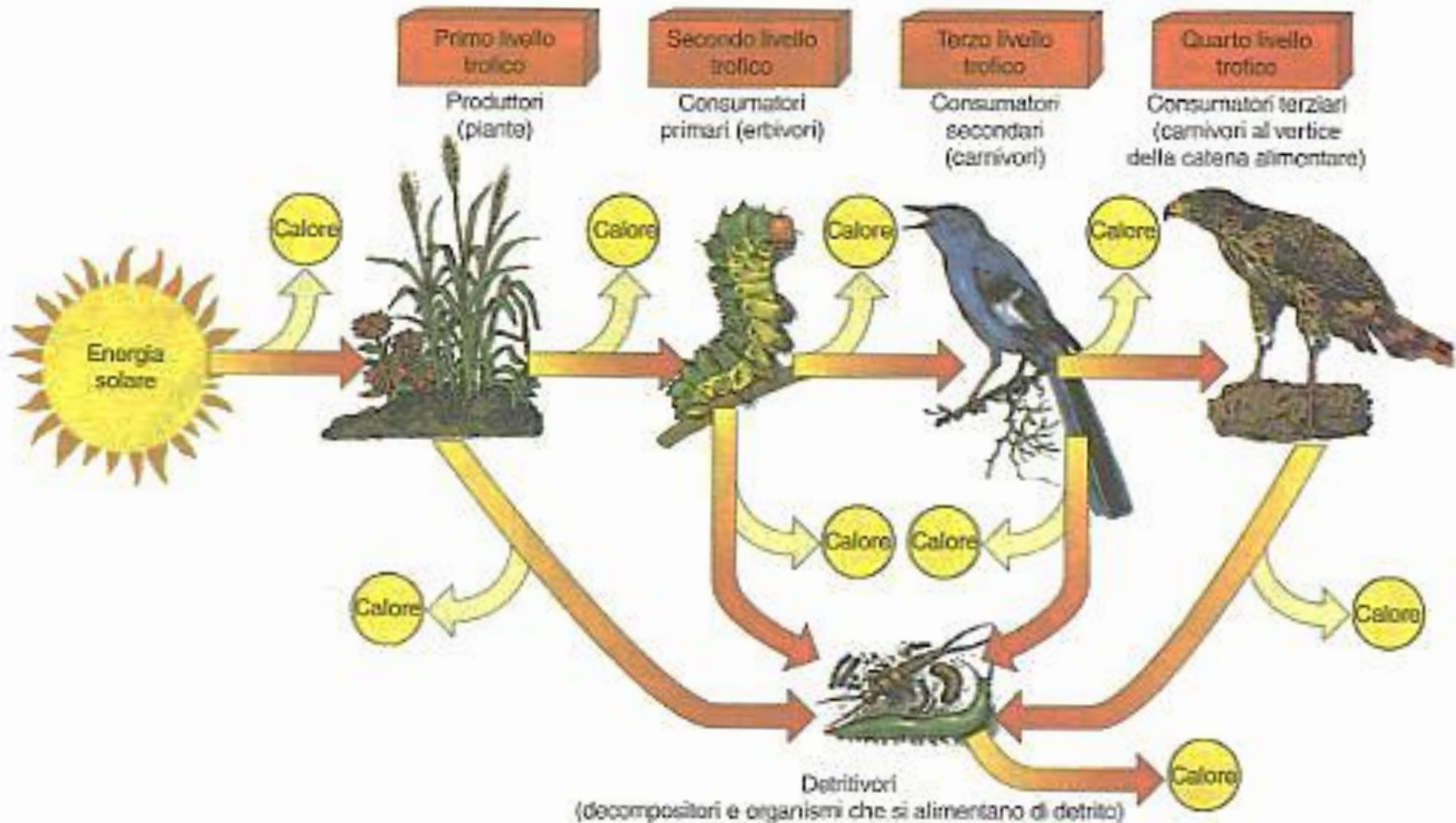
Una cernia tropicale si fa ripulire dai pesci pulitori.  
Da Pusceddu et al., 2020

# 7. Il flusso di energia e il ciclo della materia negli ecosistemi



# FLUSSO DI ENERGIA

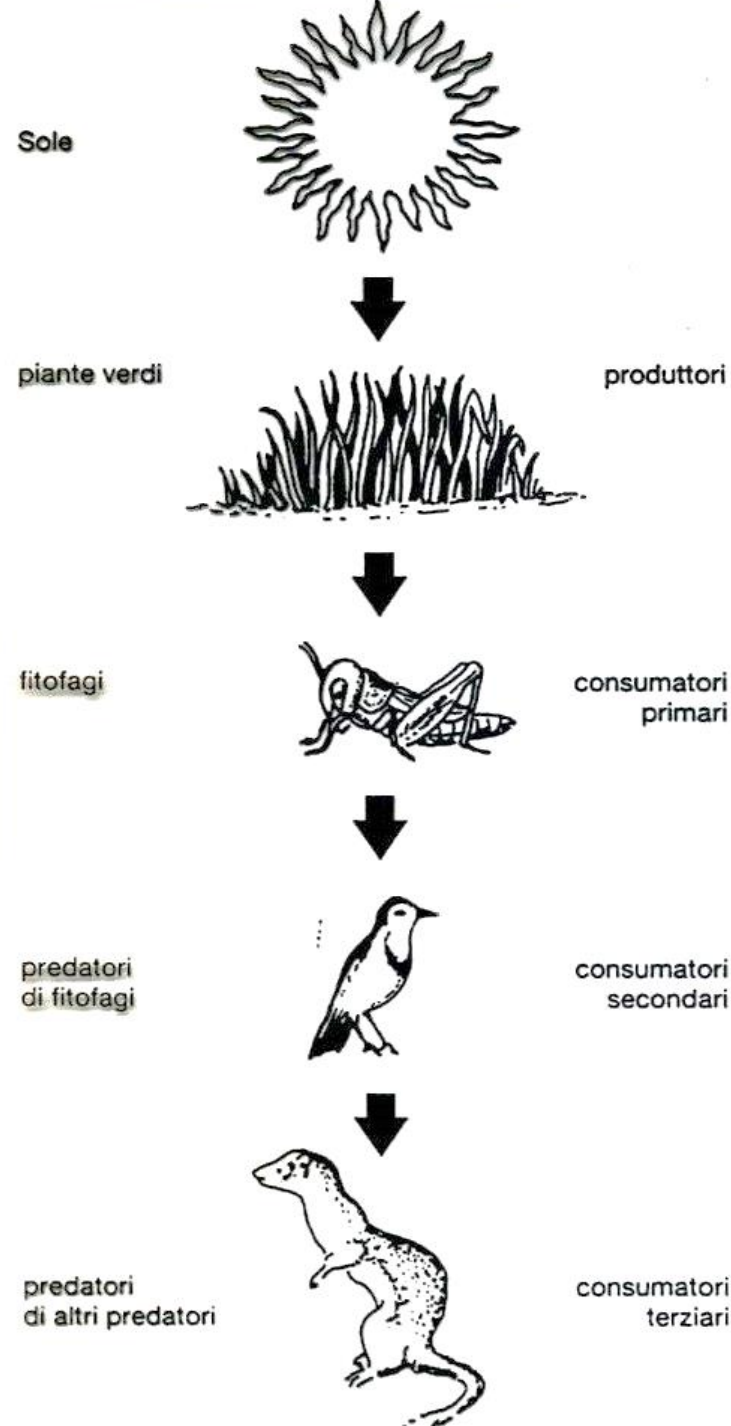
## Comportamento dell'energia all'interno degli ecosistemi

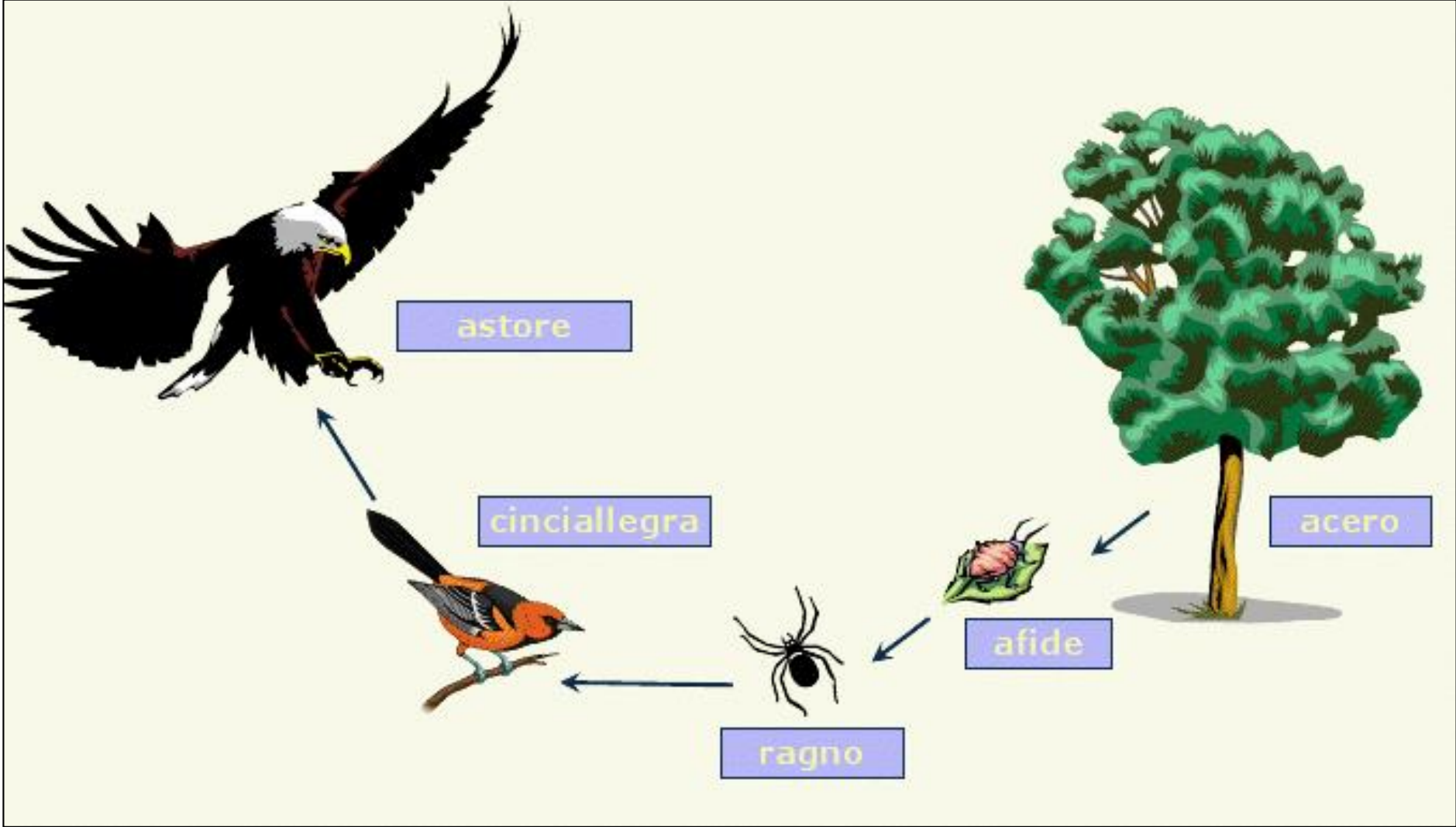


# Catena alimentare o catena trofica

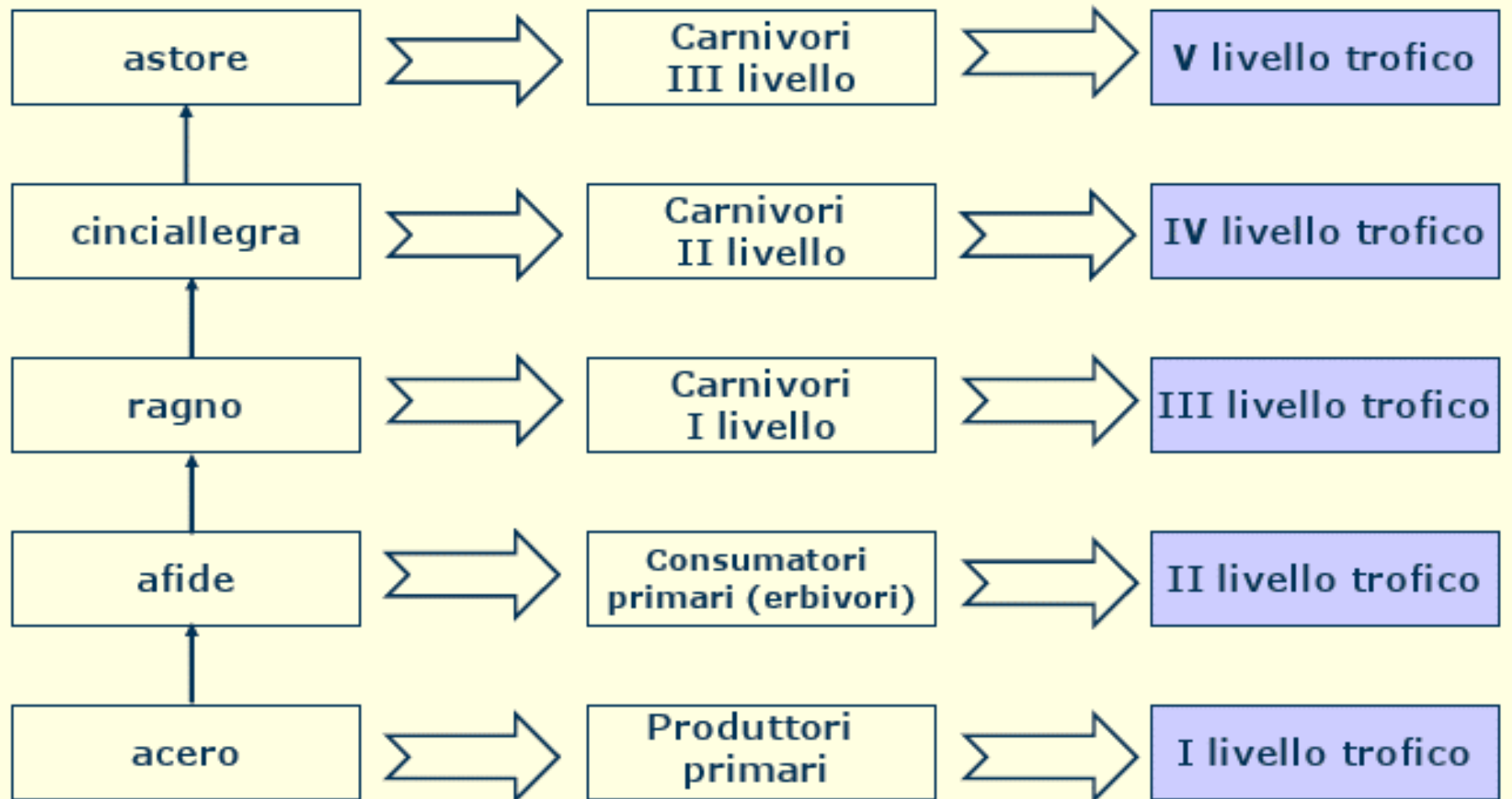
Trasferimento dell'energia dagli autotrofi ad una serie di organismi che consumano e sono a loro volta consumati

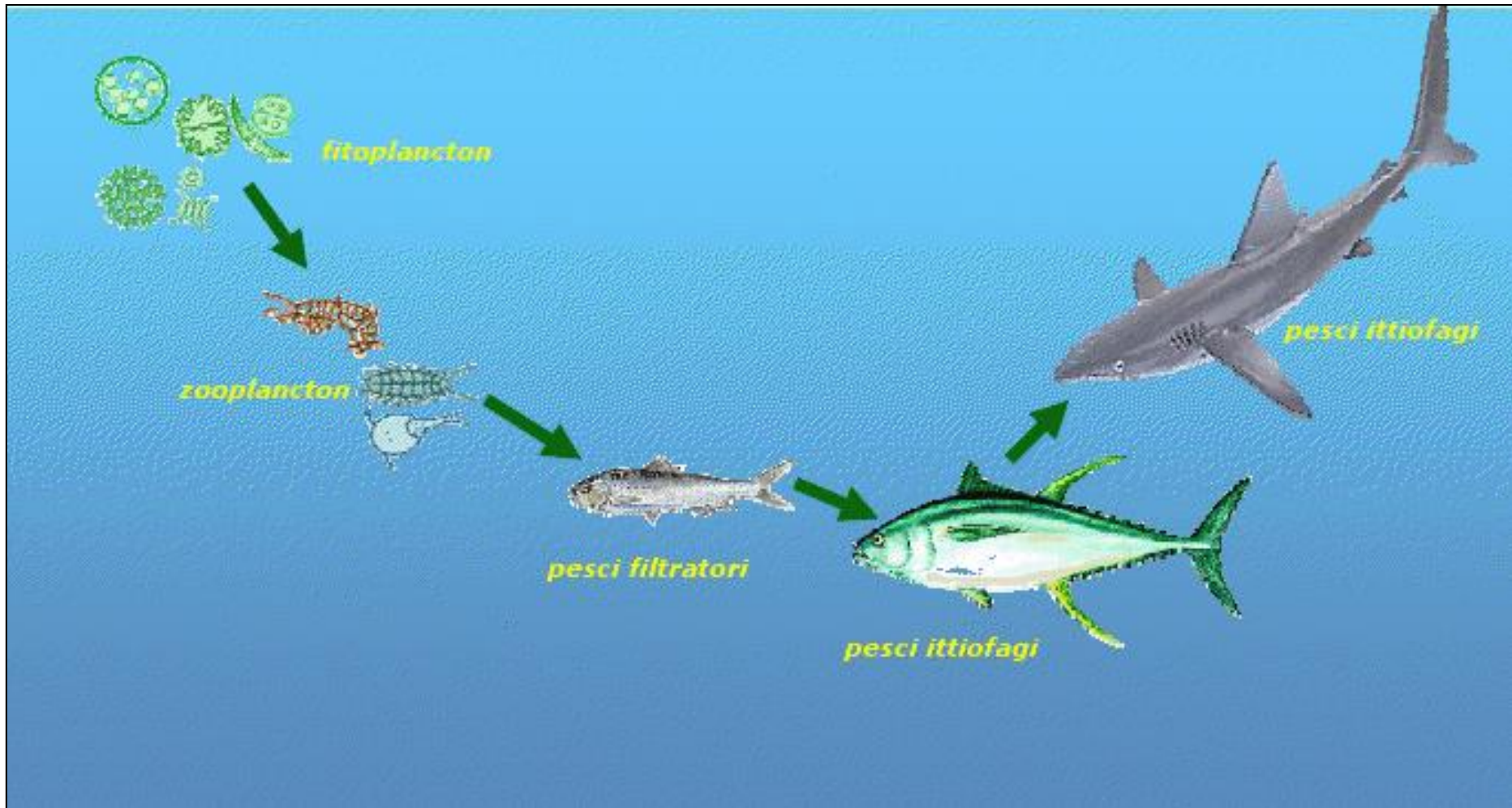
Appartengono allo stesso **livello trofico** gli organismi che ottengono energia con lo stesso numero di passaggi a partire dal Sole





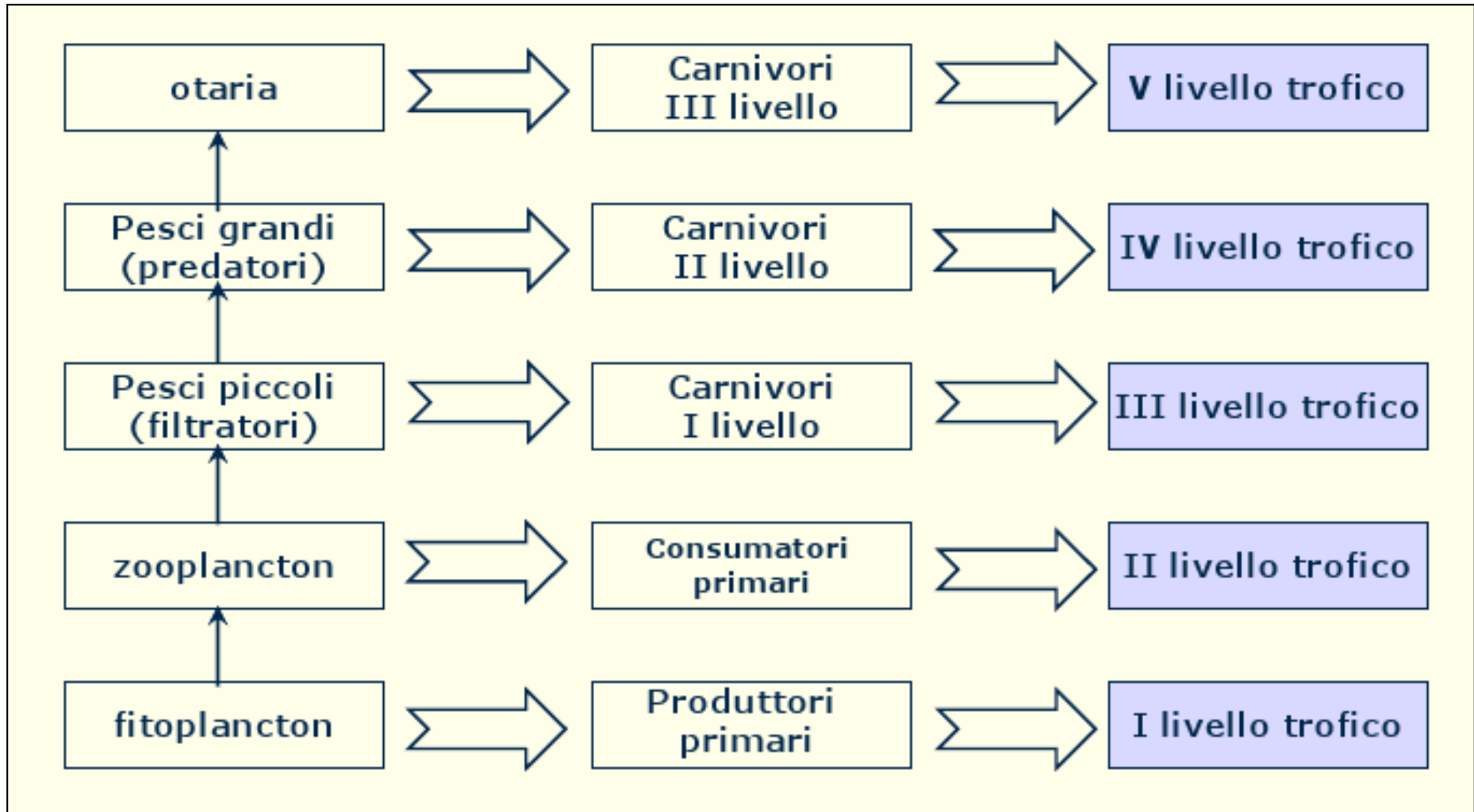
**Esempio di catena alimentare del pascolo terrestre**



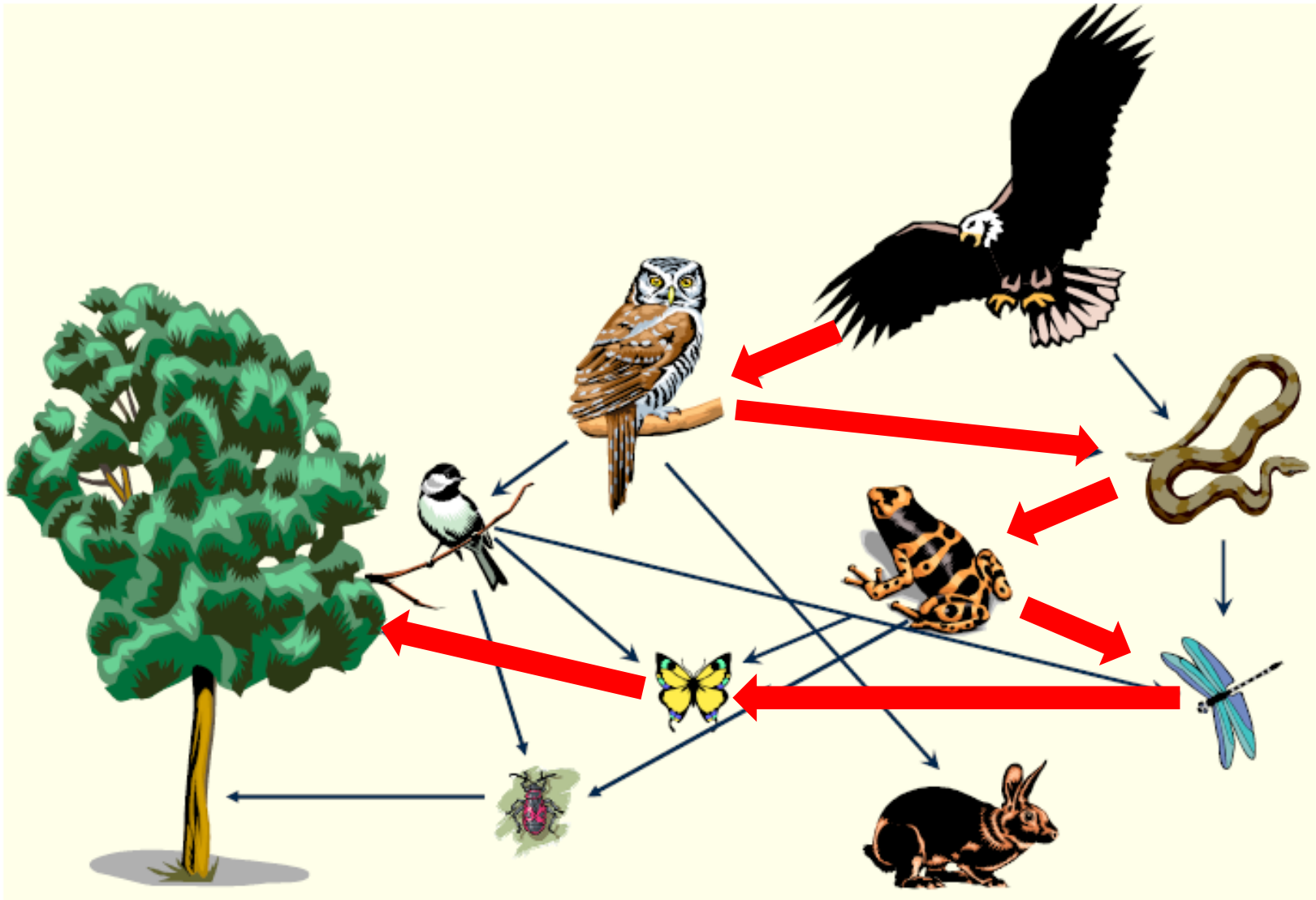


**Esempio di catena alimentare del pascolo acquatica**

All'ultimo livello trofico di una catena di pascolo acquatico possono trovarsi anche mammiferi (come le otarie o leoni marini) o uccelli

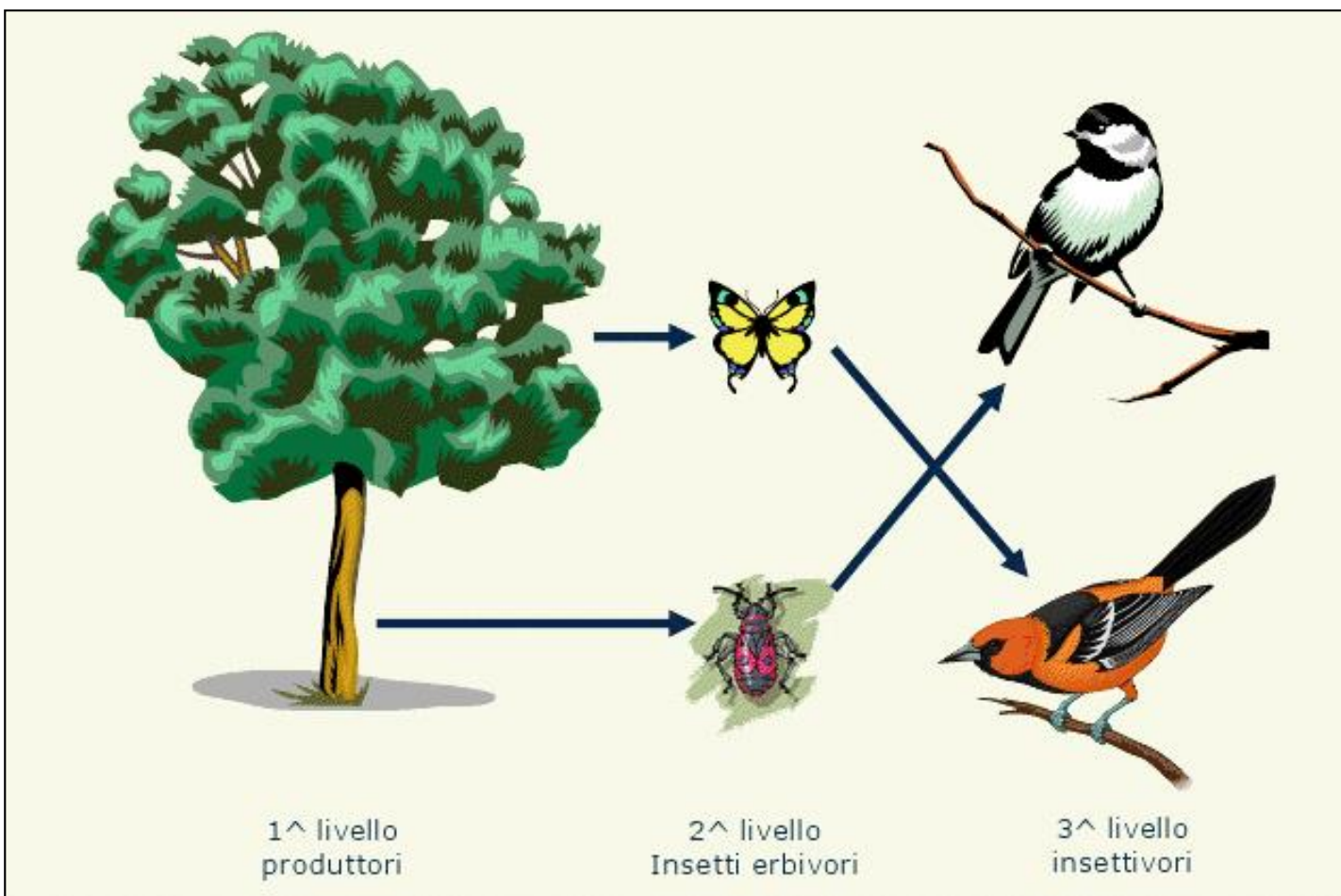


# Rete alimentare



albero → farfalla → libellula → rana → biscia d'acqua → uccello predatore → uccello predatore terminale

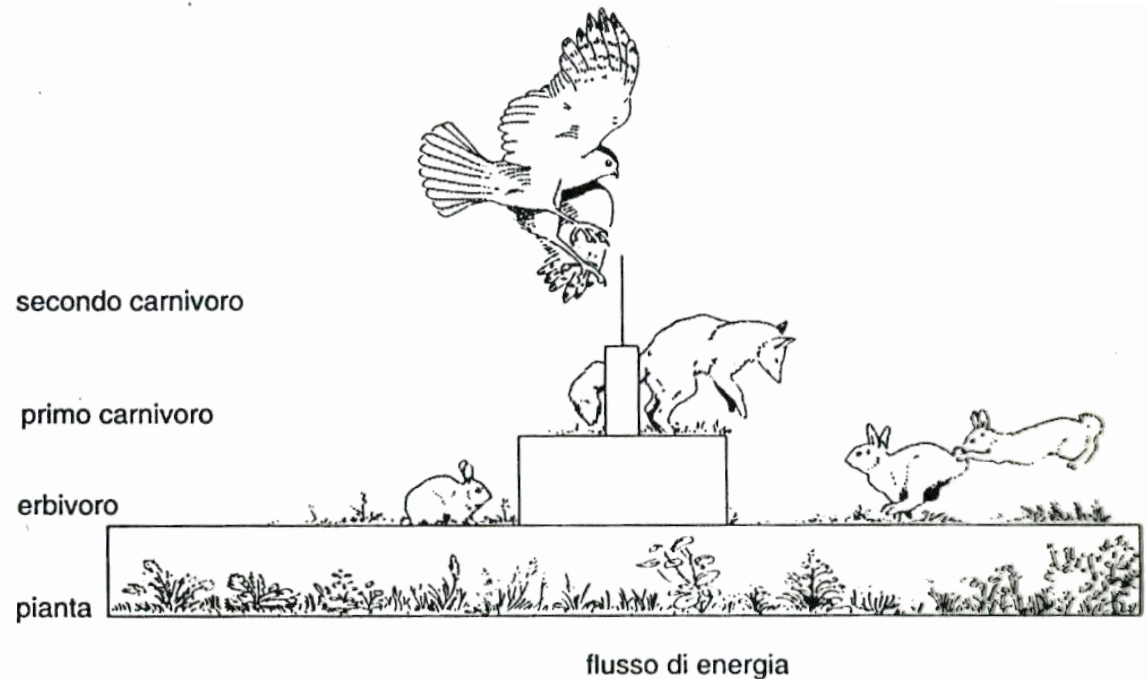
## Quando un nodo della rete alimentare scompare, viene alterato l'equilibrio ecologico di un ecosistema



La caccia e l'inquinamento hanno ridotto la dimensione delle popolazioni di uccelli insettivori e di chirotteri: l'alterazione dell'equilibrio ecologico ha favorito lo sviluppo di insetti dannosi alle colture che gli agricoltori sono costretti a controllare con pesticidi chimici

# La **struttura trofica** di una comunità (= importanza degli individui ad ogni livello trofico) può essere rappresentata mediante la **piramide ecologica**

Una piramide ecologica in cui la larghezza di ciascuna barra rappresenta la produzione netta di ciascun livello trofico nell'ecosistema. Per questo particolare sistema, i rendimenti ecologici sono 20, 15 e 10% fra i livelli trofici; ma questi valori variano ampiamente da comunità a comunità.



# La disponibilità di energia si riduce lungo la catena alimentare

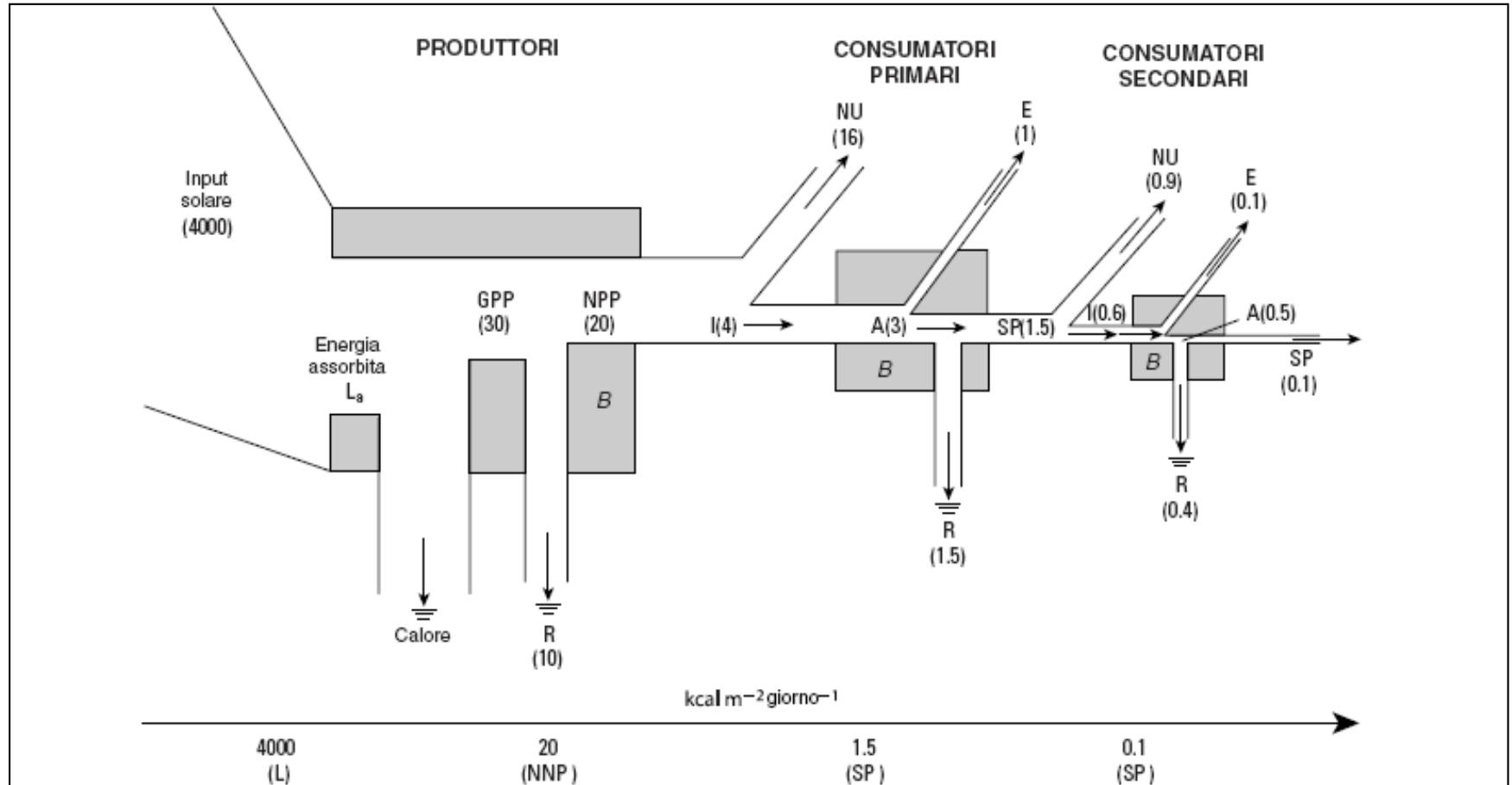


Diagramma di flusso energetico semplificato che illustra tre livelli trofici in una catena alimentare lineare. Le notazioni standard per i successivi flussi di energia sono le seguenti:  $L_a$  = luce assorbita dalle piante;  $GPP$  = produzione primaria lorda;  $A$  = assimilazione totale;  $NPP$  = produzione primaria netta;  $SP$  = produzione secondaria (consumatori);  $NU$  = energia non consumata dal livello trofico adiacente;  $E$  = energia non assimilata dai consumatori (energia egesta);  $I$  = input (o ingestione);  $B$  = biomassa;  $R$  = respirazione. La linea al di sotto del diagramma mostra l'ordine di grandezza delle perdite di energia attese nei principali punti di trasferimento, a partire da un input solare pari a 4,000 kcal m<sup>2</sup>giorno.

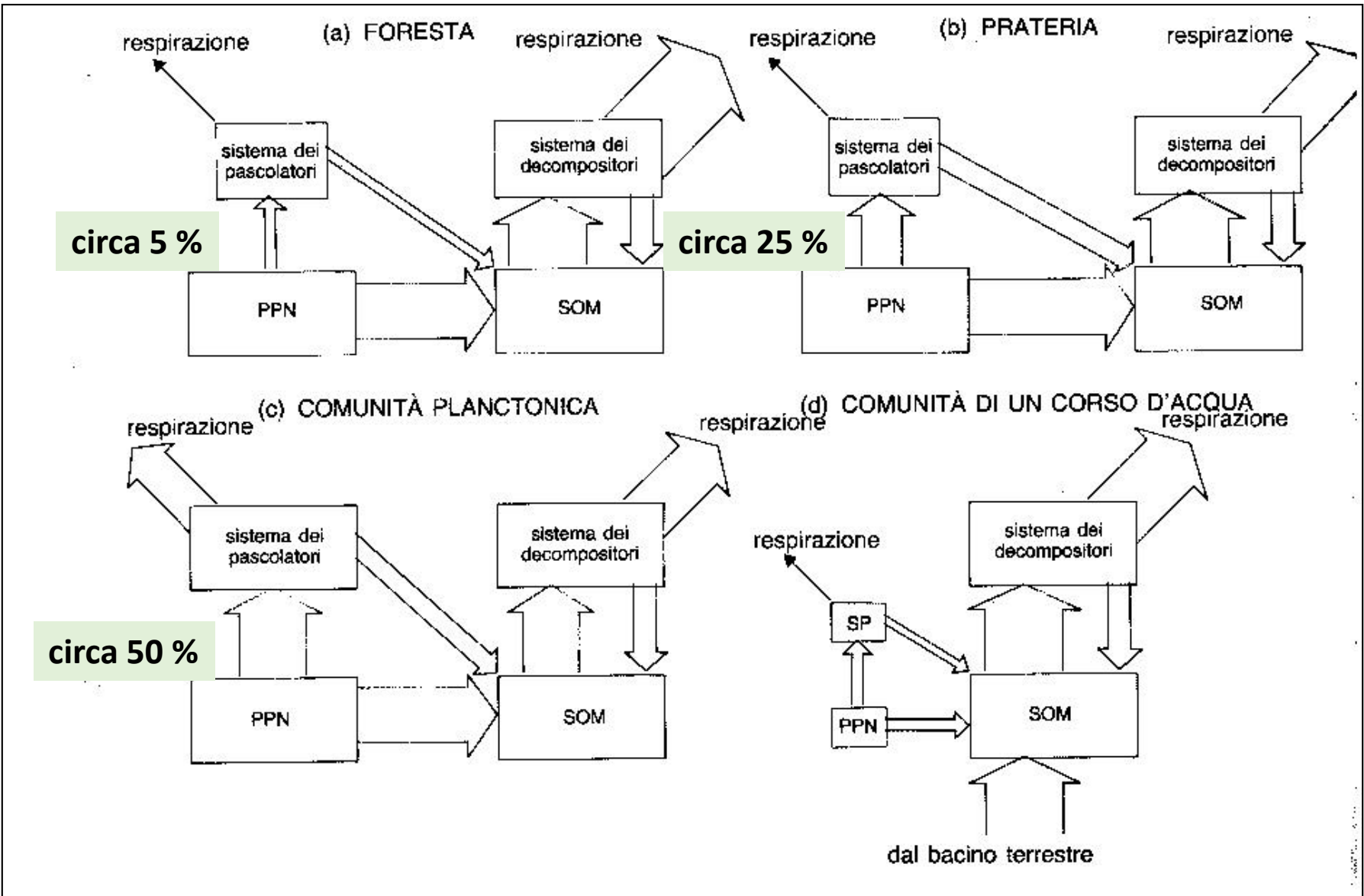
**Numero di persone che potrebbero vivere a carico della produzione vegetale o animale fornita da 1 ha di terreno agrario (da Spedding et al., 1981)**

	<i>Proteina greggia</i> (kg/ha)	<i>Contenuto energetico</i> (MJ/ha)	Numero di persone alimentate	
			Proteina <sup>a</sup>	Energia <sup>b</sup>
<i>Colture</i>				
Cavolo	816	105.000	34	23
Fagiolo	613	43.466	26	9
Pisello	566	40.805	24	9
Patata	522	102.080	22	22
Grano	469	69.534	20	15
Barbabietola	416	152.469	17	33
Mais	392	75.905	16	17
Riso	375	87.768	16	19
Orzo	350	59.274	15	13
<i>Animali (e loro prodotti)</i>				
Manzo	65	4.796	3	1
Agnello	65	7.486	3	2
Prosciutto	105	14.438	4	3
Coniglio	292	13.251	12	3
Pollo	135	7.056	6	2
Uova	74	4.118	3	1
Latte	118	8.770	5	2

<sup>a</sup> assumendo il fabbisogno proteico giornaliero pro capite pari a 65 g (24 kg/anno)

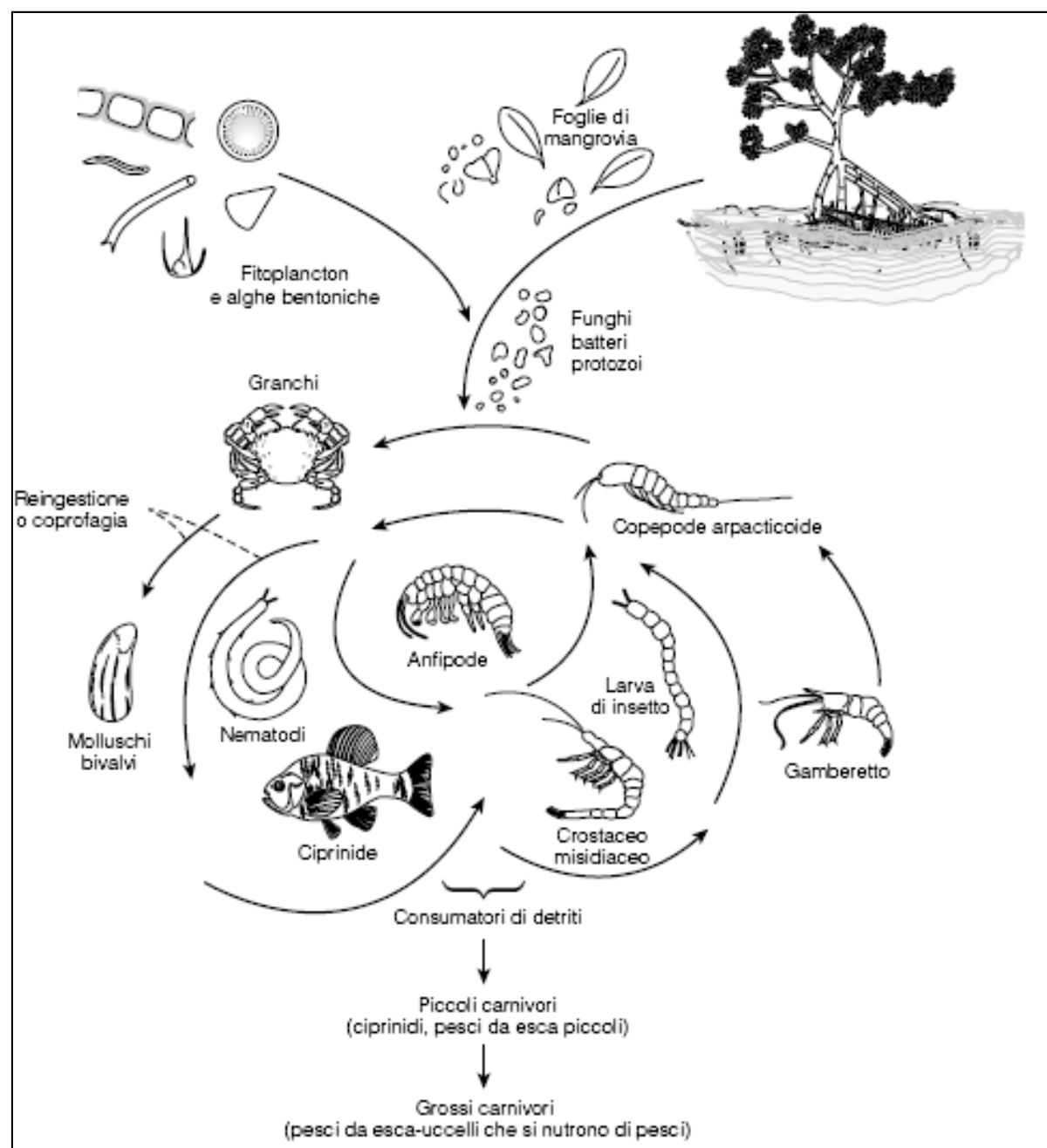
<sup>b</sup> assumendo il fabbisogno energetico giornaliero pro capite pari a 12,6 MJ (4.599 MJ/anno)

# La quantità di energia che passa dal I al II livello trofico della catena del pascolo generalmente non supera il 50 % dell'energia disponibile !



# Catena alimentare del detrito

Trasferimento dell'energia dalla sostanza organica morta ai microorganismi e alla fauna detritivora, da questi a piccoli carnivori e da questi a grossi carnivori



Catena alimentare del detrito in un estuario

# Produzione di detrito

Vegetali

Secrezioni radicali  
Sostanze mucillaginose  
Spoglie radicali  
(20-50% dei fotosintati totali)

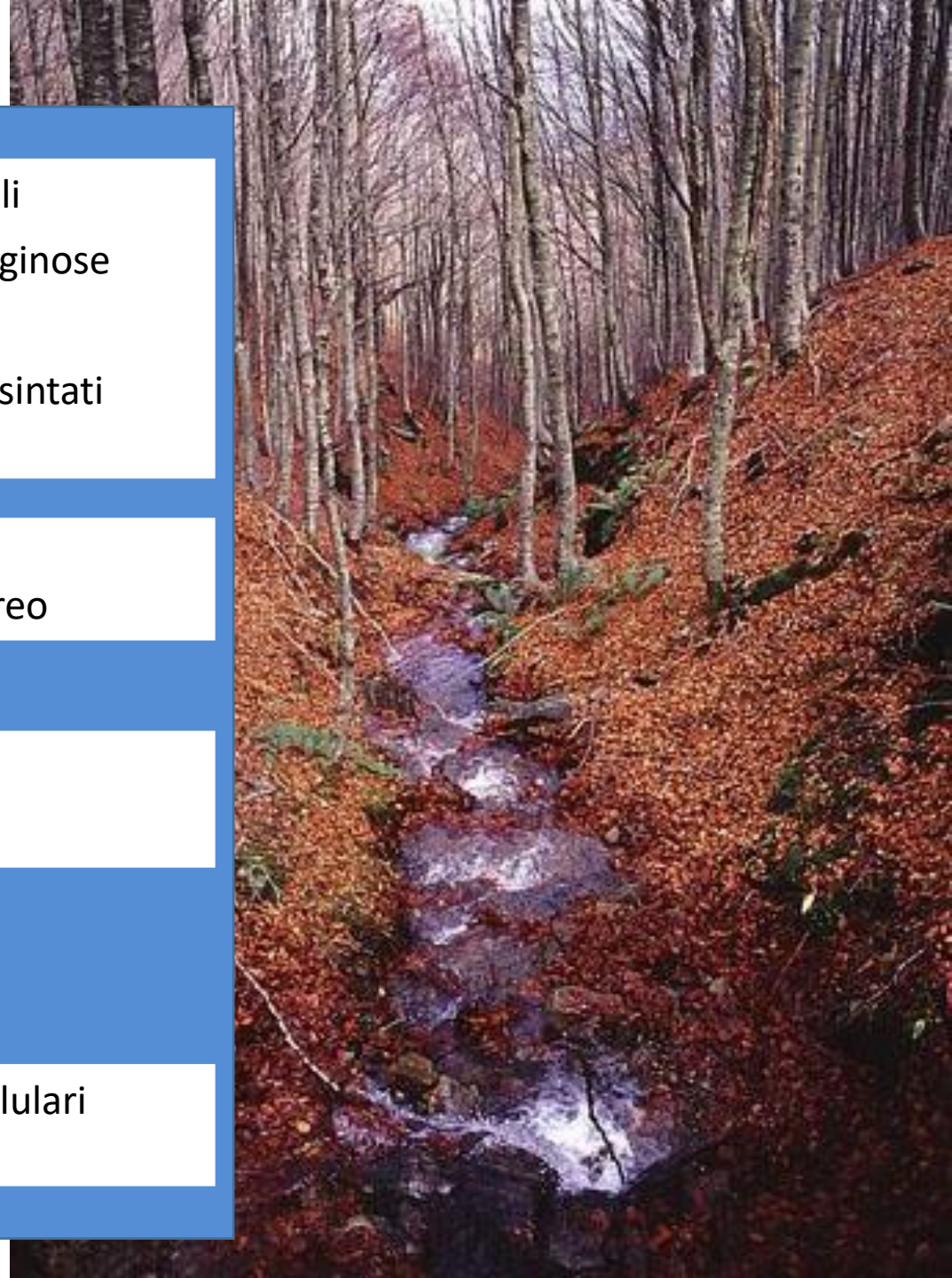
Foglie e residui  
dell'apparato aereo

Animali

Deiezioni  
Spoglie

Microrganismi

Prodotti extracellulari  
Spoglie



# Livelli trofici

Quarto  
(consumatori terziari)



Carnivori secondari

Terzo  
(consumatori secondari)



Carnivori primari

Secondo  
(consumatori primari)



Erbivori

Primo  
(produttori primari)

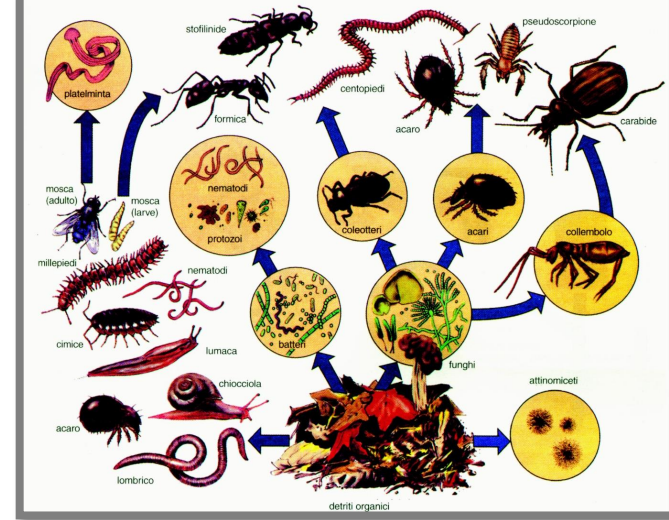


Autotrofi

Tutti gli organismi non consumati da altri vanno a fare parte del detrito.

Detrito  
(materia organica morta)

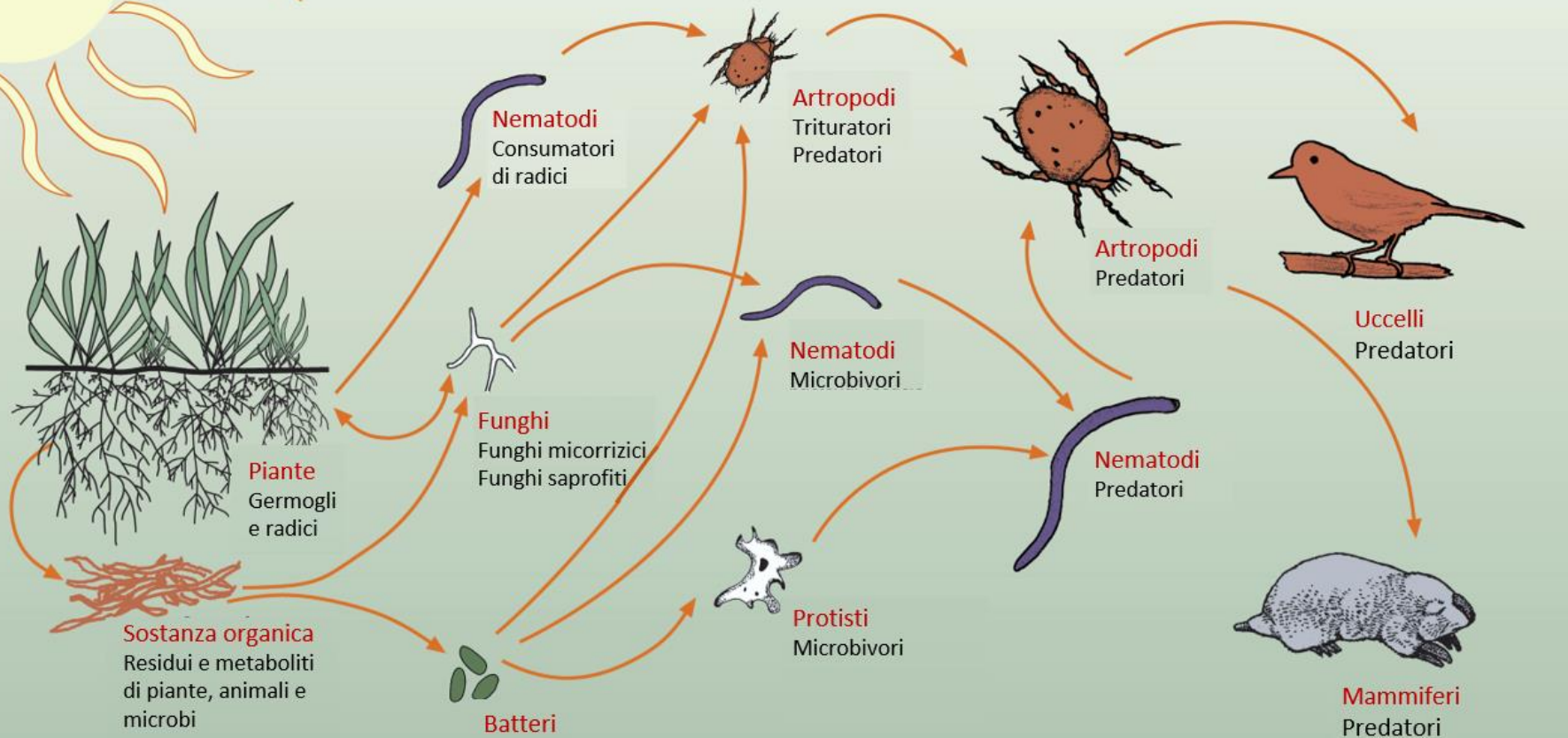
Detritivori



Negli studi trofici, il detrito è considerato parte del primo livello trofico, e i detritivori sono raggruppati insieme agli erbivori nel secondo livello trofico.

**Livelli trofici in un ecosistema del deserto** Ciascun livello trofico è caratterizzato dal numero di passaggi trofici che lo separano dagli autotrofi (produttori primari).

# Rete alimentare del suolo semplificata



**Primo livello trofico**  
Fotoautotrofi

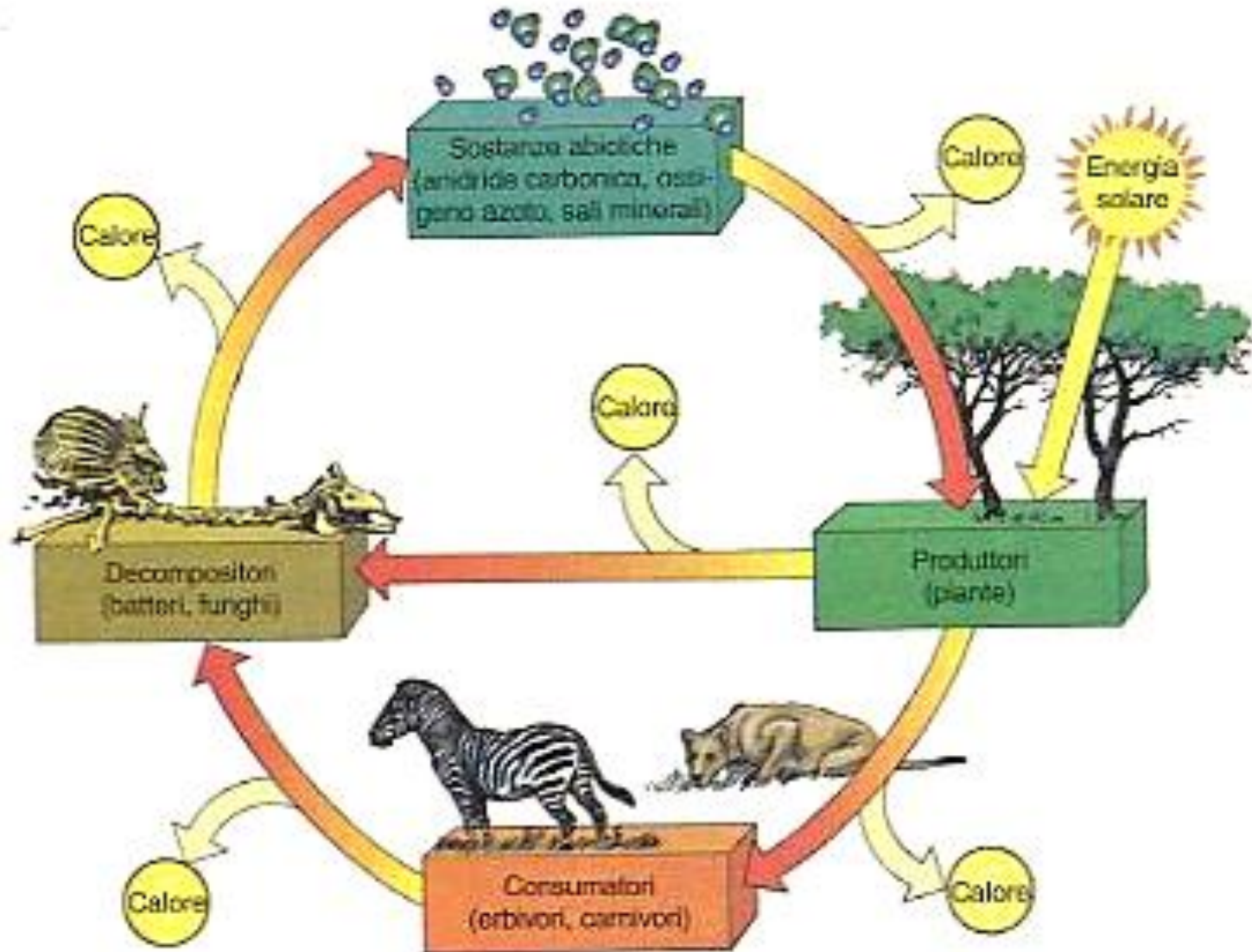
**Secondo livello trofico**  
Decompositori,  
mutualisti  
patogeni, parassiti,  
consumatori di radici

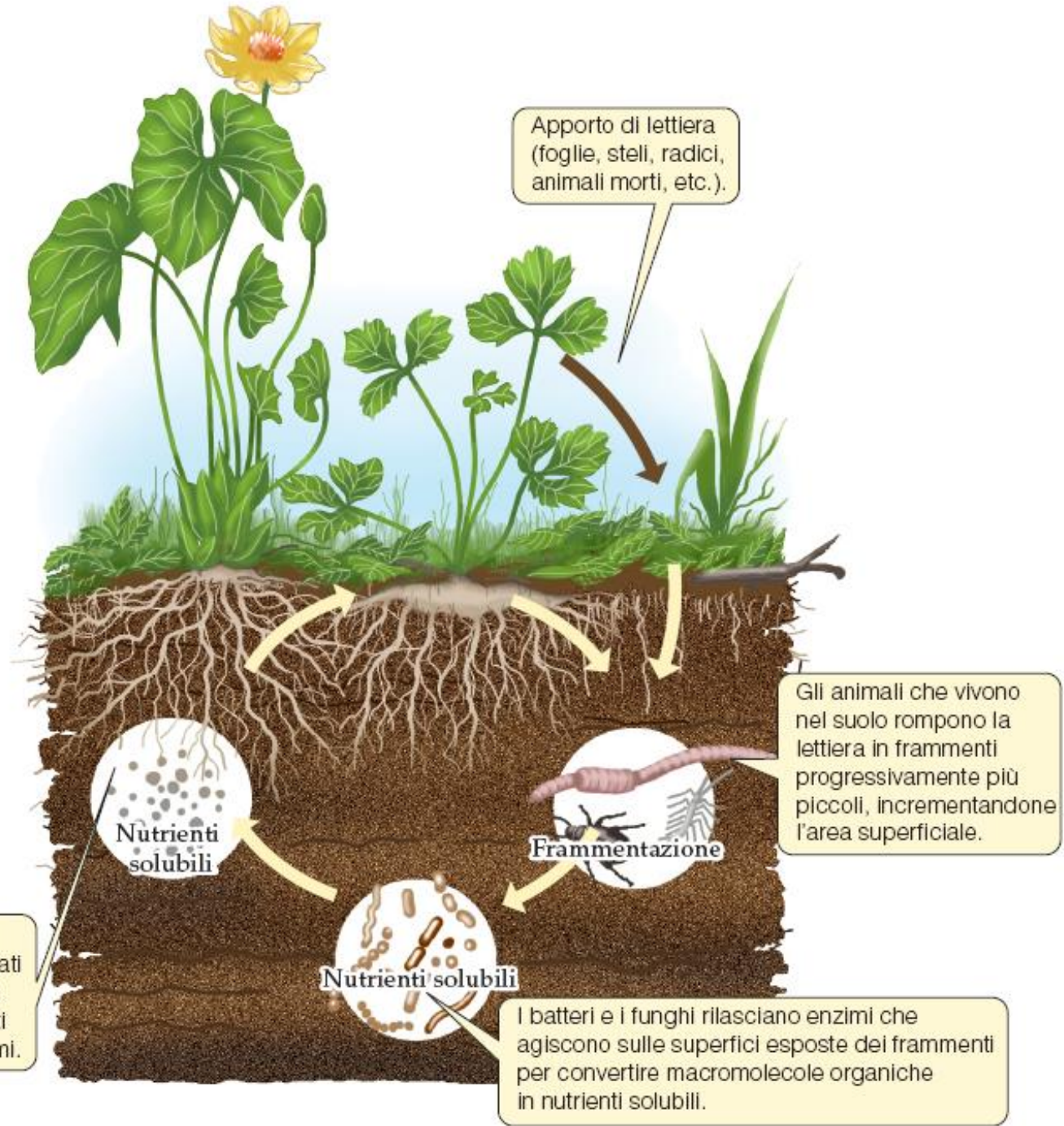
**Terzo livello trofico**  
Trituratori,  
predatori,  
microbivori

**Quarto livello trofico**  
Predatori di livello  
trofico superiore

**Quinto e successivi livelli trofici**  
Predatori di livello  
trofico superiore

**Grazie all'attività dei decompositori vengono resi disponibili per le piante i nutrienti altrimenti immobilizzati nella sostanza organica morta**





Apporto di lettiera  
(foglie, steli, radici,  
animali morti, etc.).

Gli animali che vivono  
nel suolo rompono la  
lettiera in frammenti  
progressivamente più  
piccoli, incrementandone  
l'area superficiale.

I piccoli composti organici e i  
nutrienti inorganici sono rilasciati  
nella soluzione del suolo, dalla  
quale possono essere assorbiti  
dalle piante e dai microrganismi.

I batteri e i funghi rilasciano enzimi che  
agiscono sulle superfici esposte dei frammenti  
per convertire macromolecole organiche  
in nutrienti solubili.

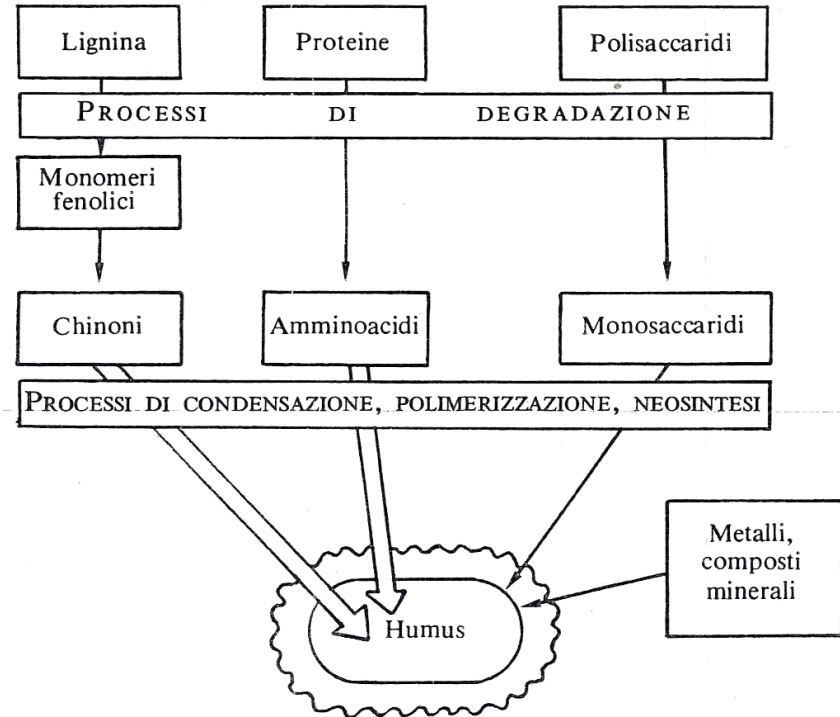
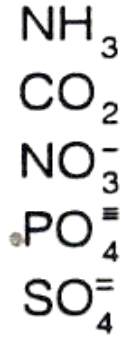
RESIDUI VEGETALI

mineralizzazione rapida

umificazione

HUMUS

mineralizzazione lenta

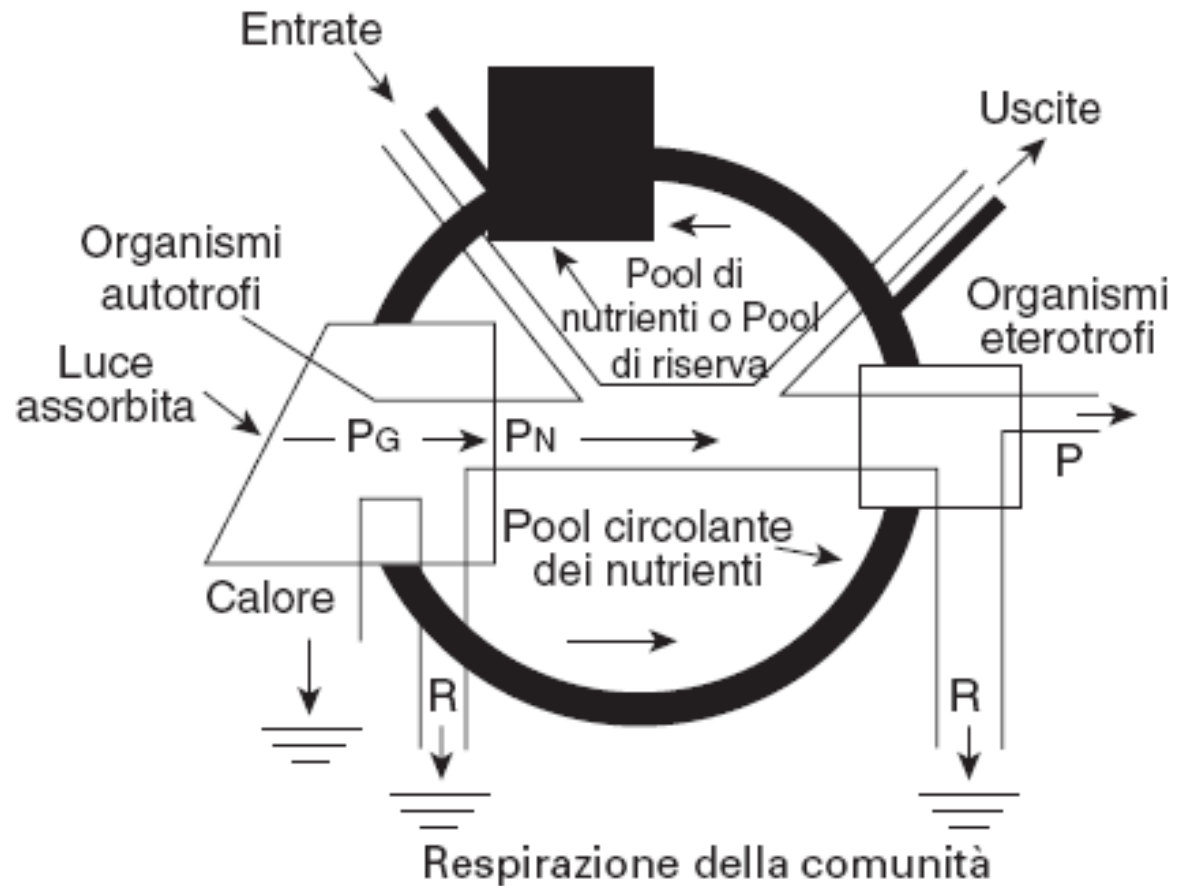


# Possiamo conoscere il livello di attività della comunità edafica, misurando quanto respira!



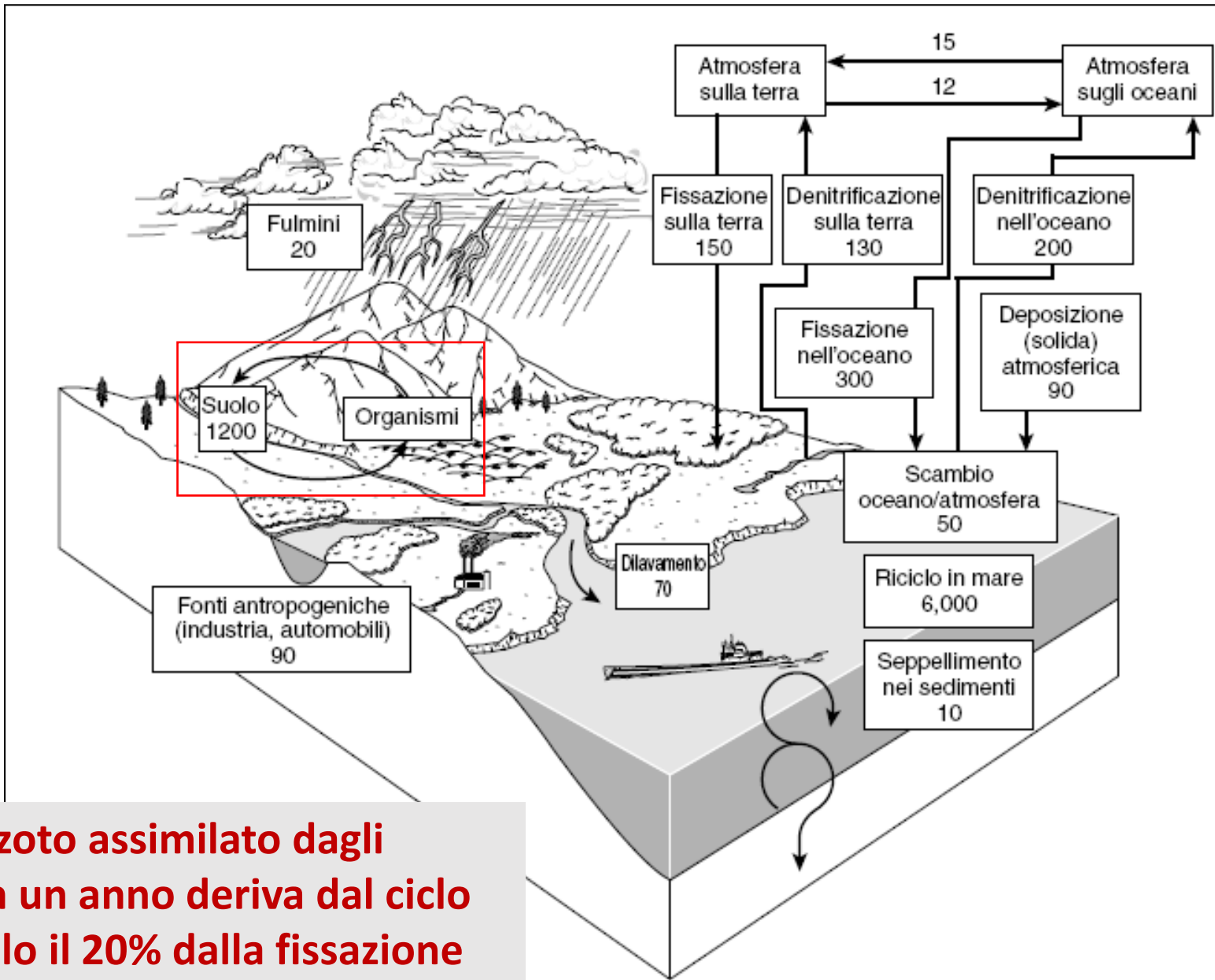
<https://ppsystems.com/soil-and-canopy-flux/>

A differenza dell'energia che segue un flusso unidirezionale, **gli elementi chimici si muovono in modo ciclico** nell'ambiente, sia all'interno di ogni ecosistema (ciclo interno) che nell'intera biosfera (ciclo globale)



**Figura 4-1.** Ciclo biogeochimico (cerchio in nero) sovrapposto su un diagramma semplificato di flusso energetico; il ciclo della materia è contrastante con il flusso unidirezionale di energia.  $P_G$  = Produzione Primaria Lorda;  $P_N$  = Produzione Primaria Netta;  $P$  = Produzione Secondaria;  $R$  = respirazione (da E. P. Odum, 1963).

# Ciclo dell'azoto



**L'80% dell'azoto assimilato dagli organismi in un anno deriva dal ciclo interno e solo il 20% dalla fissazione dell'azoto atmosferico**