

Obiettivi del modulo:

- fare acquisire le basi concettuali dell'ecologia in merito a struttura e funzionamento degli ecosistemi acquatici
- incoraggiare gli studenti ad assumere un atteggiamento critico e analitico verso l'informazione tecnica e divulgativa avente come oggetto l'ambiente
- stimolare gli studenti ad interpretare in modo interdisciplinare le informazioni ed i principi ecologici che oggi riteniamo consolidati.

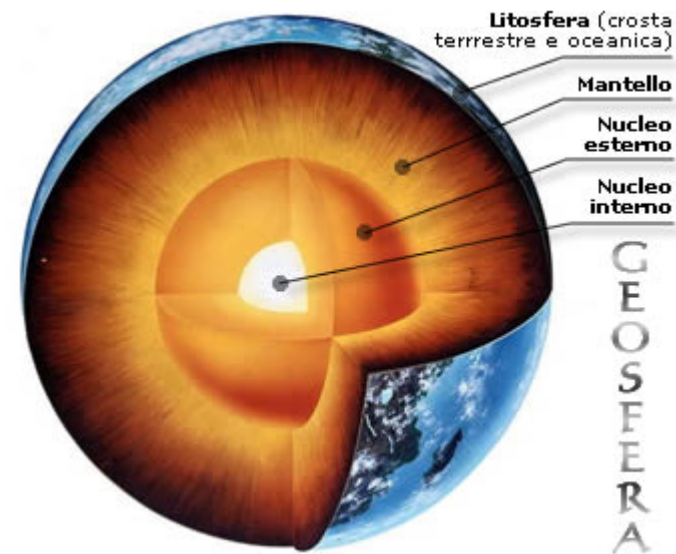
Nel 1866, **Ernst Haeckel** ha introdotto il termine ecologia come “la scienza delle interazioni tra organismi e componenti abiotiche del loro ambiente”, caratterizzando l’ecologia in stretta relazione con fisiologia, biogeografia e teoria evoluzionistica.

ECOLOGIA

Studio dei sistemi naturali che governano la vita sul pianeta

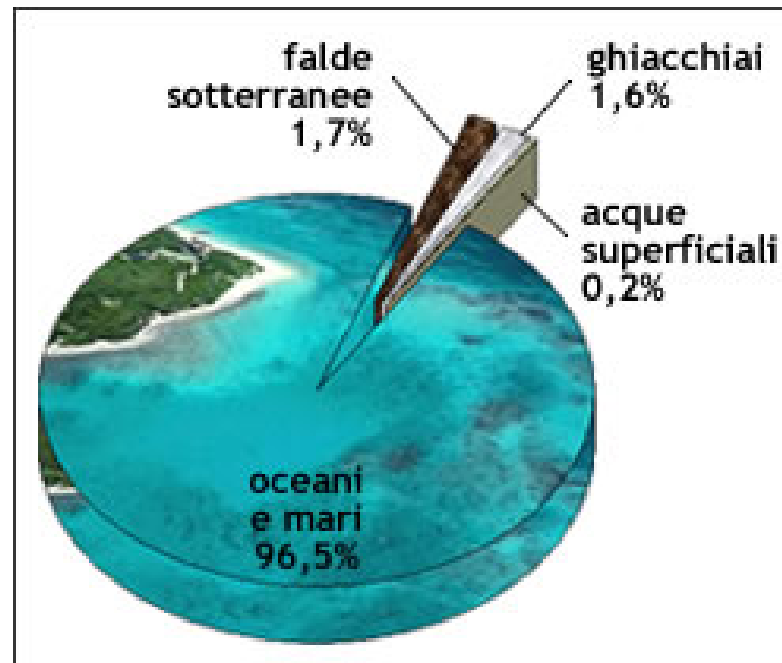
GEOSFERA

Insieme della terra solida (crosta, mantello, nucleo) e fluida (idrosfera, atmosfera). Comprende anche, come interfaccia con la biosfera, la pedosfera, cioè il suolo. Spesso il termine geosfera si usa solamente per la terra solida o, meno frequentemente, in sostituzione del termine pedosfera.



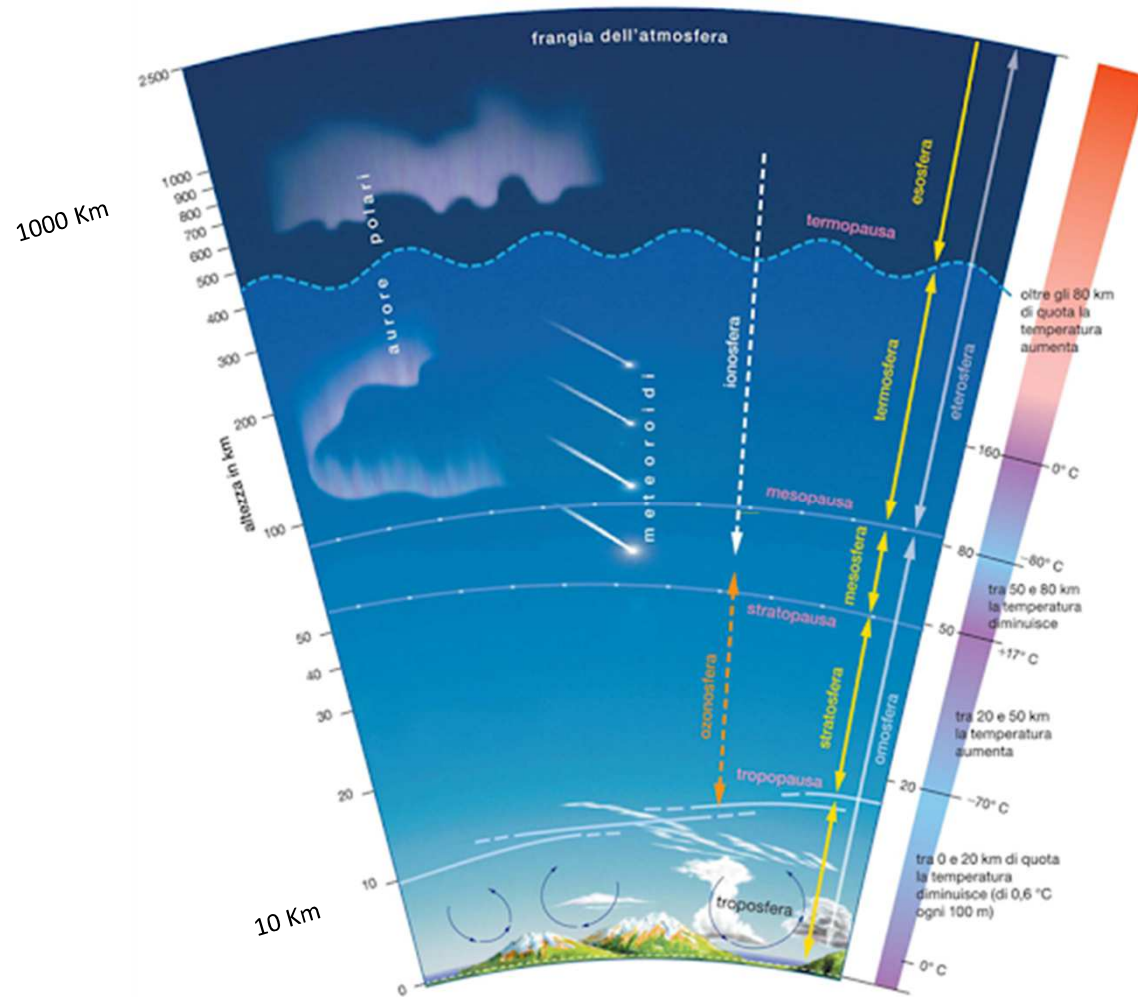
IDROSFERA

L'insieme di tutte le acque esistenti sulla terra, nei vari stati (liquido, solido, gassoso)



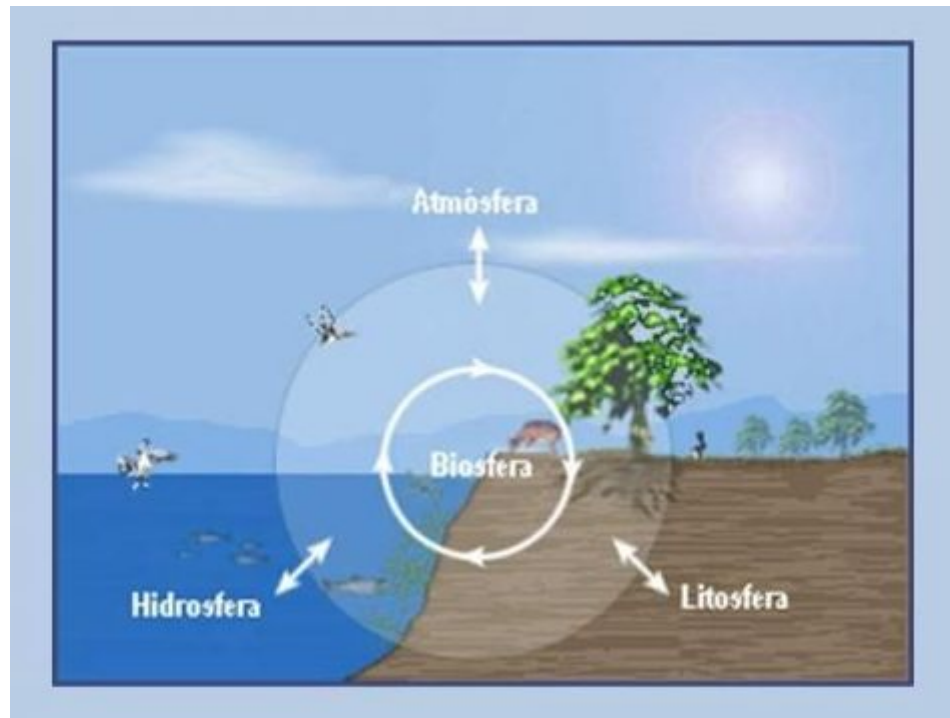
ATMOSFERA

L'involucro gassoso che circonda il pianeta



BIOSFERA

L'insieme di tutte le forme di vita sulla terra

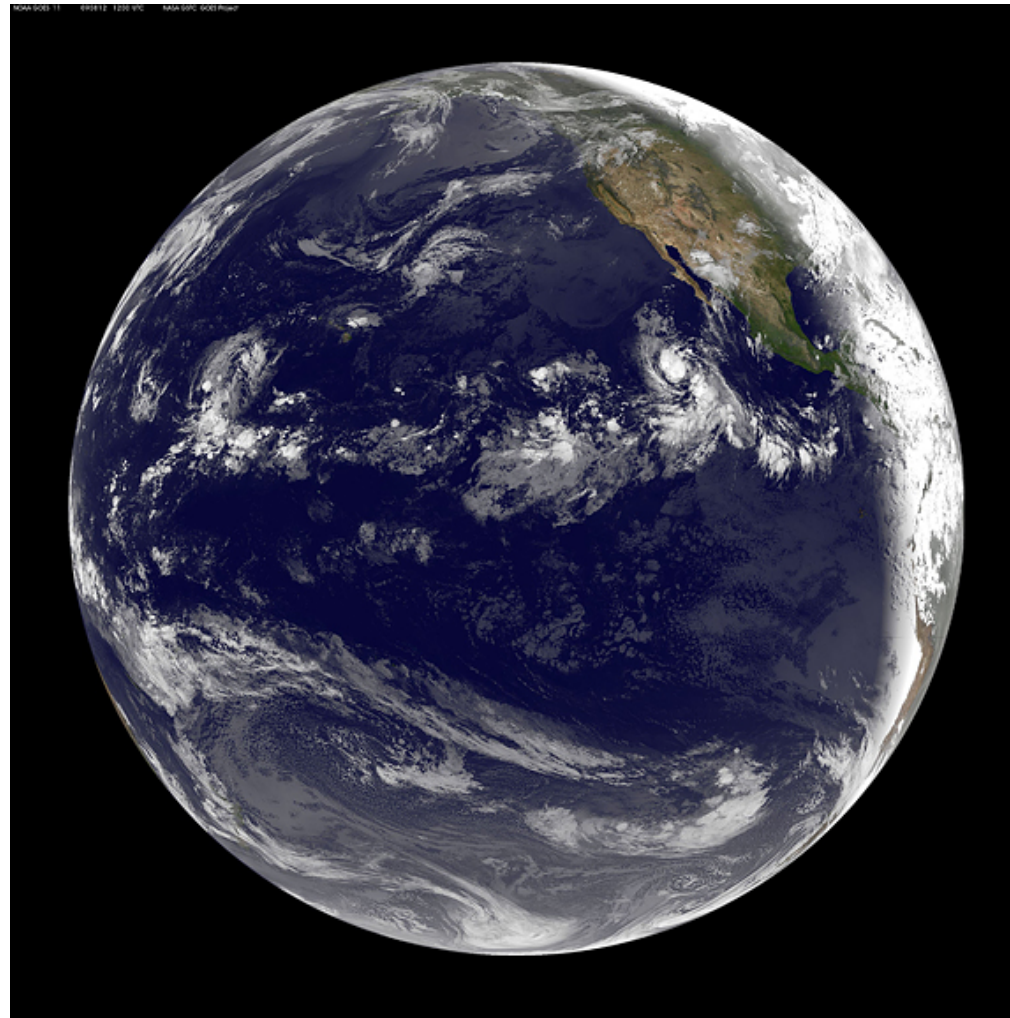


Dal momento che la presenza di acqua è condizione indispensabile per la vita,
Idrosfera e **biosfera** praticamente coincidono



ECOSFERA

Luogo in cui la biosfera esplica le sue funzioni (in relazione con l'idrosfera, l'atmosfera, la geosfera)



DEFINIZIONE DI CICLO BIOGEOCHIMICO

I cicli biogeochimici descrivono il movimento e la conversione dei materiali, per attività biogeochimica, fra la porzione biotica e abiotica dell'ecosfera.

Trasformazioni fisiche

- dissoluzione
- precipitazione
- volatilizzazione
- fissazione

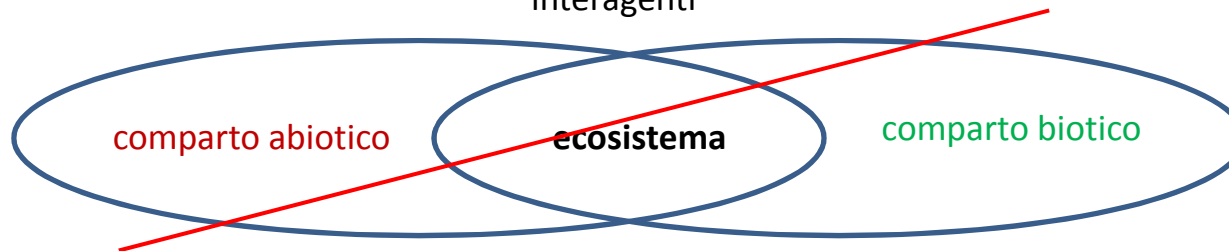
Trasformazioni chimiche (bio)

- sintesi
- degradazione
- trasformazioni ossido-riduttive

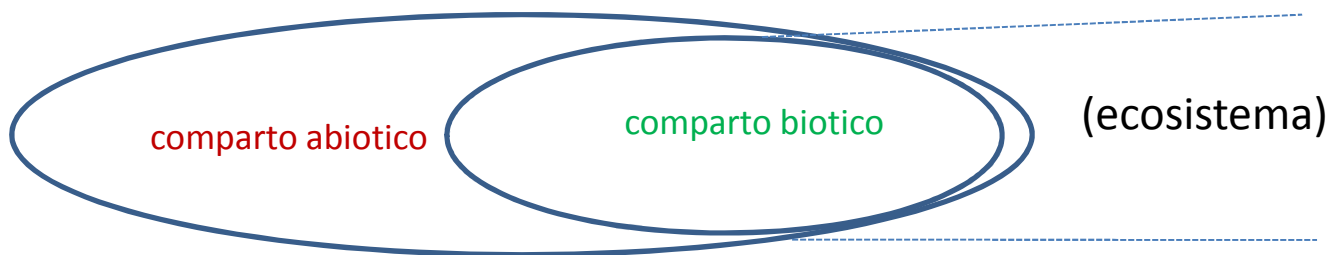
ECOSISTEMA

Unità funzionale nello studio dell'ecologia

concettualmente costituita da un comparto abiotico e uno biotico
interagenti



Questo schema, insiemistico, però è fuorviante, in quanto lascia intendere che i due comparti possano esistere indipendentemente (ovviamente senza determinare ecosistema), motivo per il quale lo cancelliamo dalla nostra memoria, e illustriamo il concetto diversamente.



Intendendo dire che mentre il comparto abiotico può esistere indipendentemente, ma ovviamente senza costituire ecosistema (sulla Luna, ad esempio, o all'interno di una colata lavica), l'esistenza del comparto biotico, e quindi la realizzazione dell'ecosistema, dipende dalla pre-esistenza di un "contenitore attivo", cioè il comparto abiotico (ovviamente in questo caso lo schema che lo illustra non è insiemistico).

PROPRIETA' SCALARI DELL'ECOSISTEMA

Il concetto di ecosistema non si riferisce a una entità astratta, ma ad una realtà che va considerata sotto l'aspetto dimensionale (in termini spazio-temporali). In realtà, ogni ecosistema è parte di un altro più comprensivo, con l'eccezione dell'ecosistema planetario, che li comprende tutti.

Una teoria che ha avuto un certo successo, e che riprenderemo in seguito, "L'ipotesi Gaia", immagina questo ecosistema planetario come una sorta di superorganismo capace di autoregolarsi.



PROPRIETA' SCALARI DELL'ECOSISTEMA

All'interno dell'ecosistema planetario, in base alla loro estensione possiamo definire

Macroecosistemi

Che includono

Mesoecosistemi

Che includono

Microecosistemi

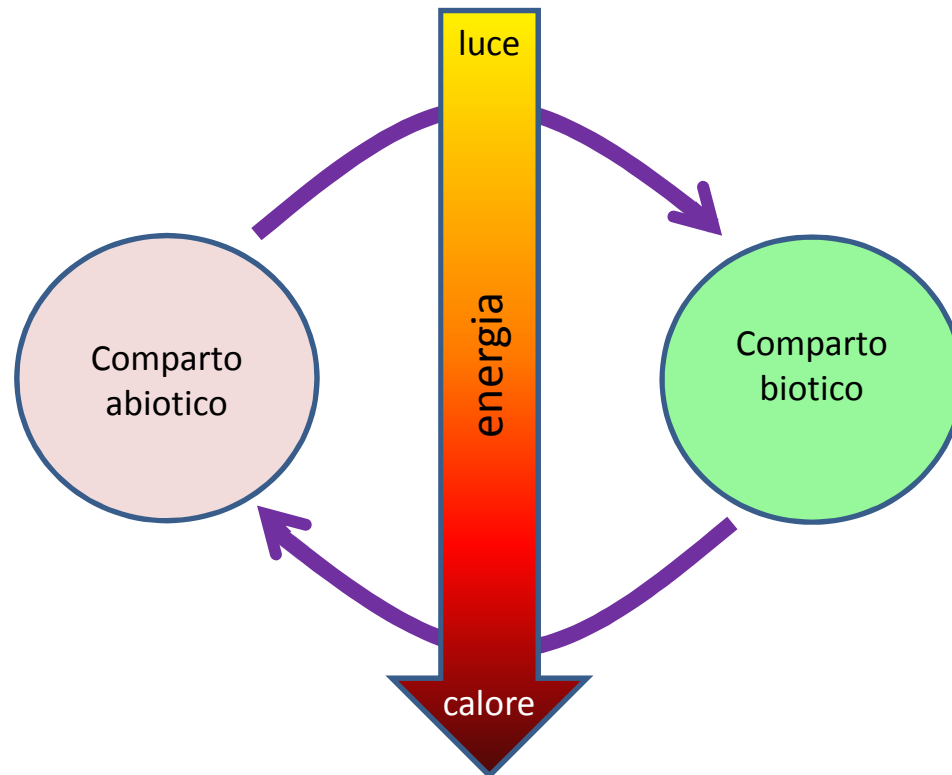
e infinite categorie intermedie (dettate essenzialmente da necessità descrittive)

fino a spingerci al livello intracellulare

In definitiva

si è in presenza di un
ECOSISTEMA

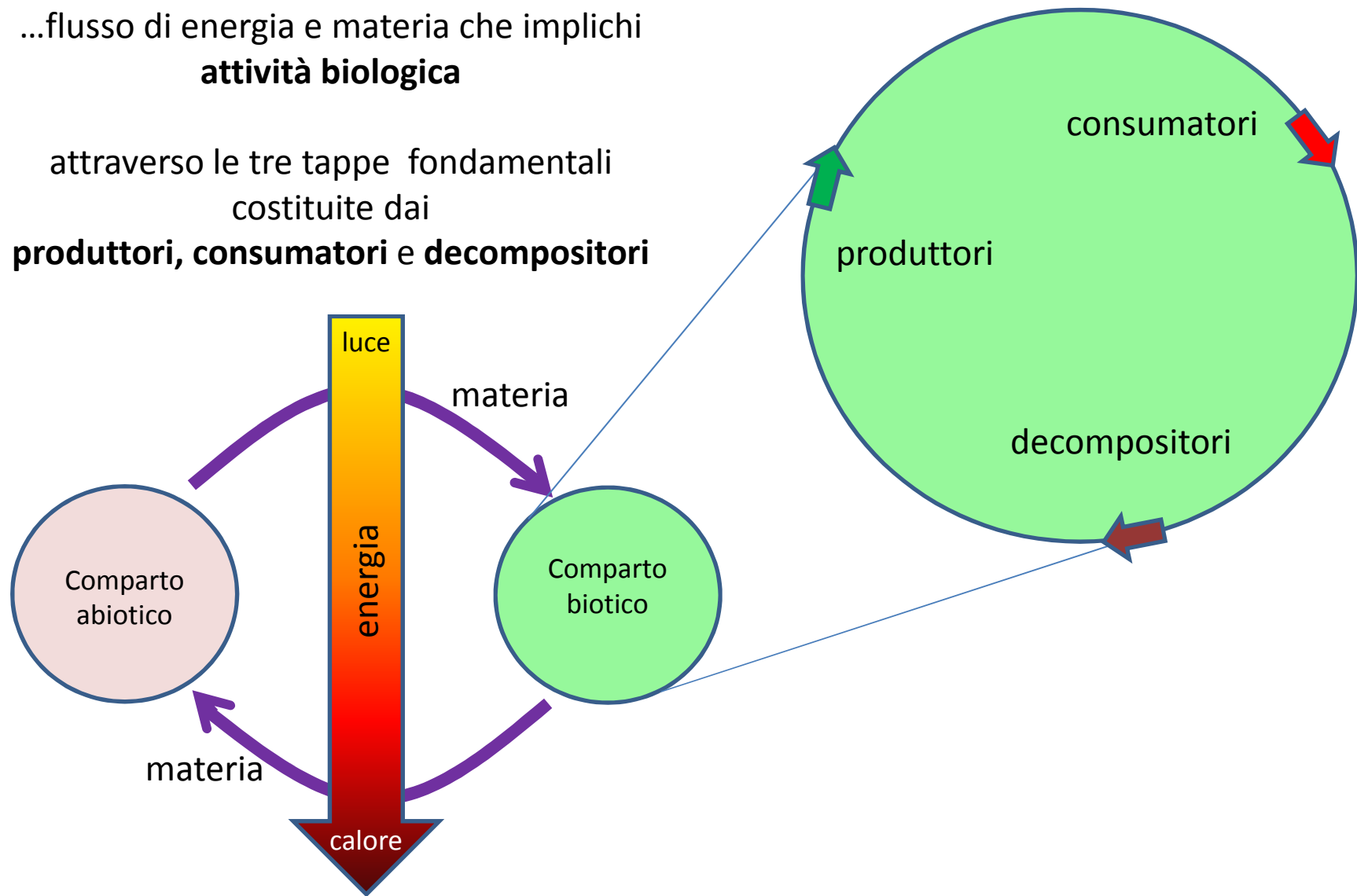
ogni qualvolta in un qualunque
luogo si verifichi un flusso di
energia e materia che implichi
attività biologica



Ripeto:

...flusso di energia e materia che implichi
attività biologica

attraverso le tre tappe fondamentali
costituite dai
produttori, consumatori e decompositori



Struttura gerarchica della componente biotica dell'ecosistema:

Una volta stabilito quali siano le componenti fondamentali del comparto biotico, possiamo inquadrarle attraverso un diverso ordine gerarchico che si fonda sul concetto di **specie**

La **specie** è una entità tassonomica naturale
cioè esiste

(a differenza di altre categorie come il genere, la famiglia, etc.)
indipendentemente dalla necessità dell'uomo di organizzare le
sue conoscenze a fini di studio e descrittivi



Il **grampo** (a sinistra) e lo **zifio** (a destra)
per quanto simili sono **evidentemente**
specie diverse



Così come, nell'**ecologia**, l'unità funzionale di studio è rappresentata dall'**ecosistema**

L'unità funzionale dell'ecosistema è rappresentata dalla **specie**

Cioè noi studiamo la componente biotica dell'ecosistema facendo riferimento alla **specie**

(o meglio, alle diverse specie che costituiscono la componente biotica dell'ecosistema)

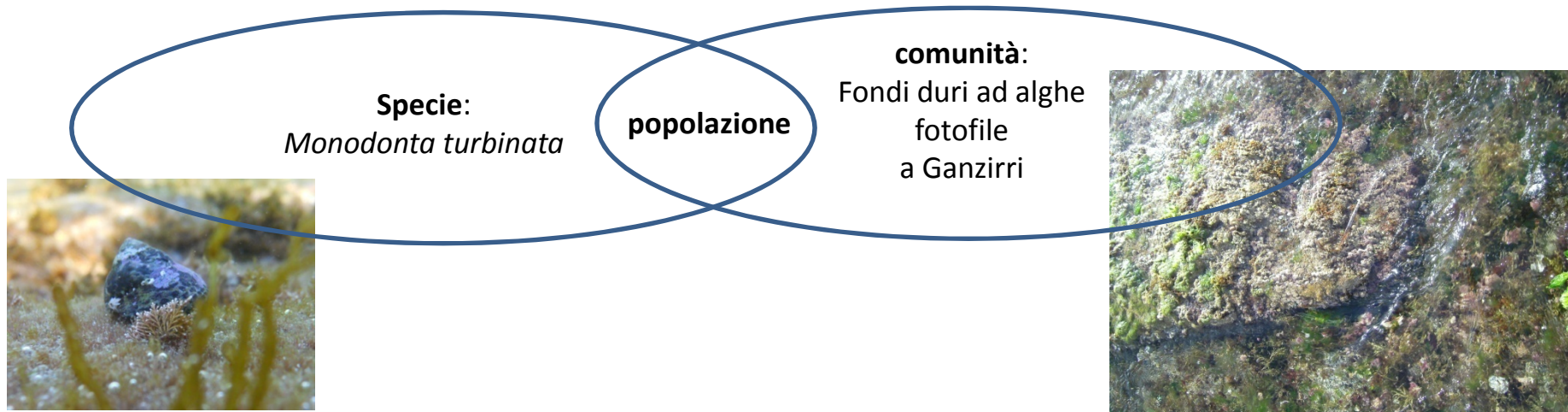
Un ecosistema però non comprende in sé tutti i rappresentanti di una determinata specie (tranne che non si tratti dell'ecosistema planetario, o pochissime altre eccezioni) bensì ne comprende una parte limitata spazio-temporalmente che noi chiamiamo **popolazione**

Struttura gerarchica della componente biotica dell'ecosistema:

Da quanto detto deriva che la componente biotica dell'ecosistema è costituita da **popolazioni** di specie, il cui insieme definiamo come **comunità**

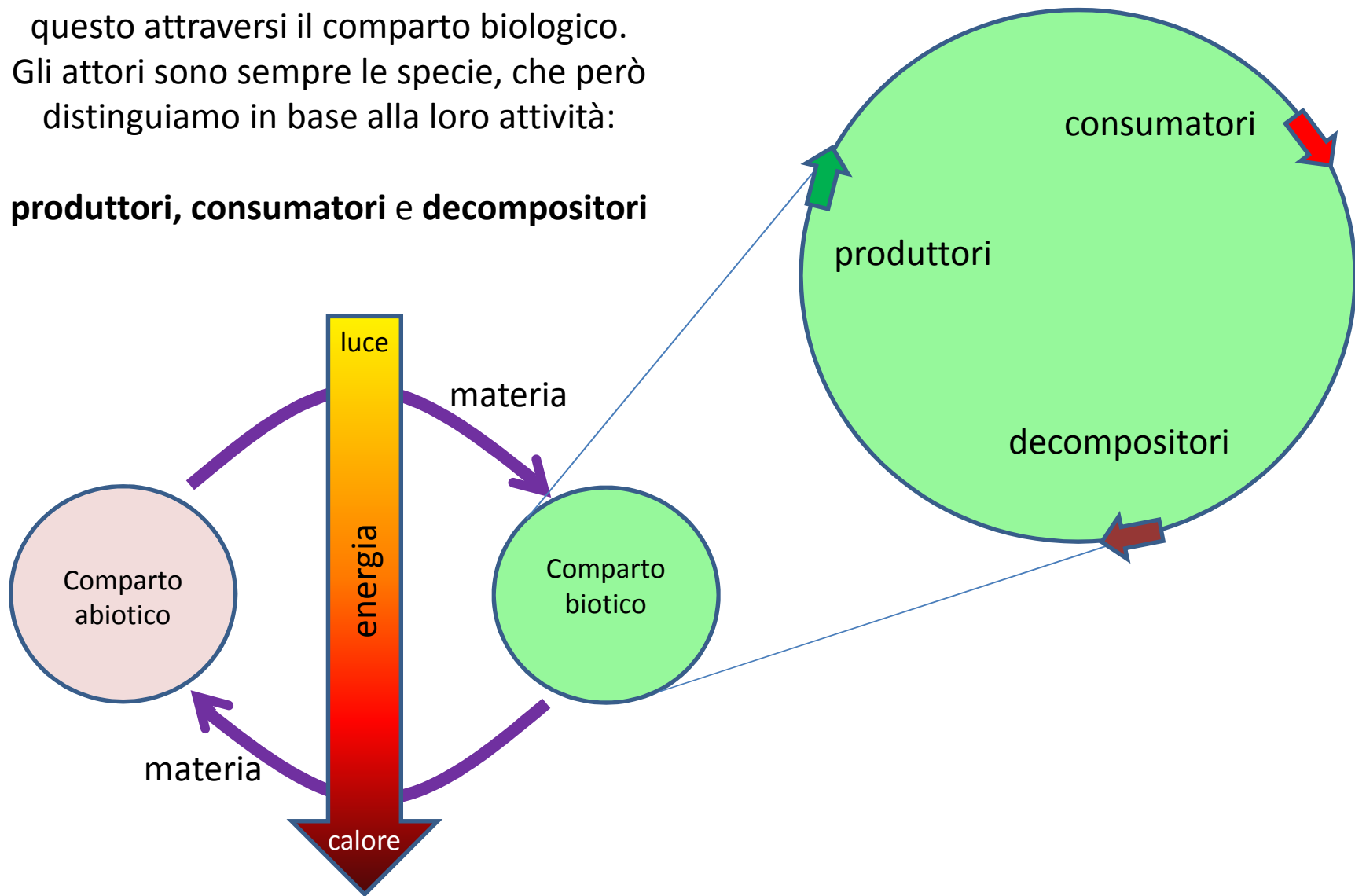
La popolazione è dunque un sottoinsieme dell'insieme **specie**

e al tempo stesso un sottoinsieme dell'insieme **comunità**



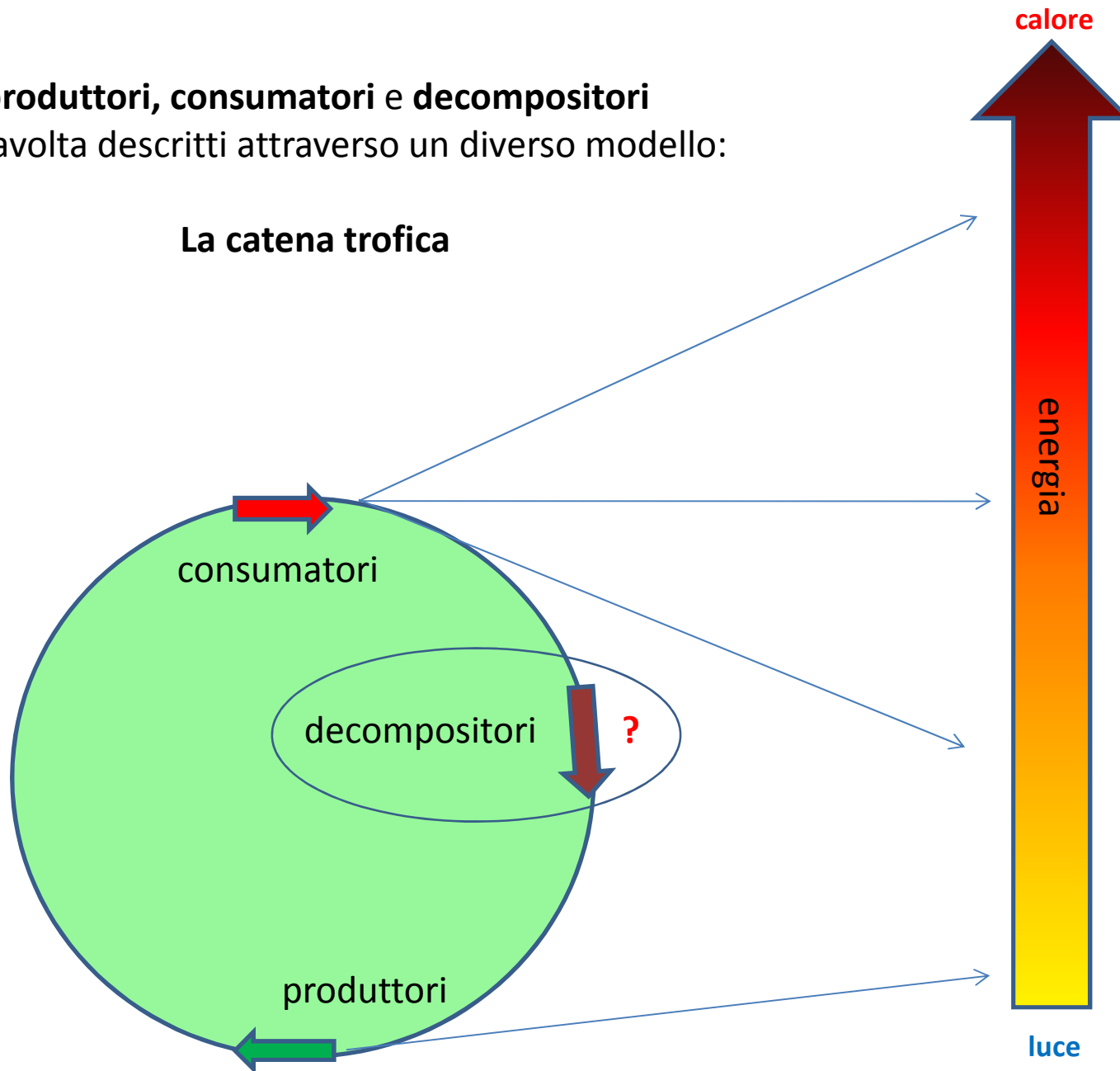
Ma torniamo adesso al concetto di flusso di energia, concentrandoci su come questo attraversi il comparto biologico. Gli attori sono sempre le specie, che però distinguiamo in base alla loro attività:

produttori, consumatori e decompositori



produttori, consumatori e decompositori
ma stavolta descritti attraverso un diverso modello:

La catena trofica



livelli

IV

Top predators

Energia chimica

III

carnivori

Energia chimica

II

erbivori

Energia chimica

I

piante

Energia luminosa

Ruolo funzionale

eterotrofi

Consumatori terziari

eterotrofi

Consumatori secondari

eterotrofi

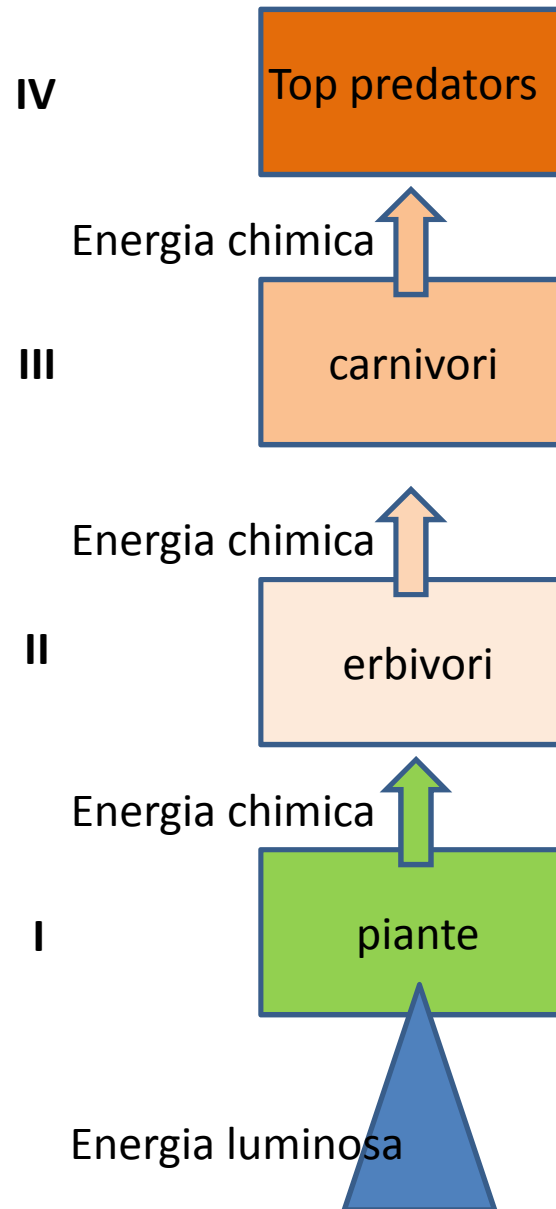
Consumatori primari
(produttori secondari)

fotoautotrofi

Produttori primari

La **catena trofica** descrive in termini **qualitativi** il flusso di energia in un ecosistema

livelli



E dopo?

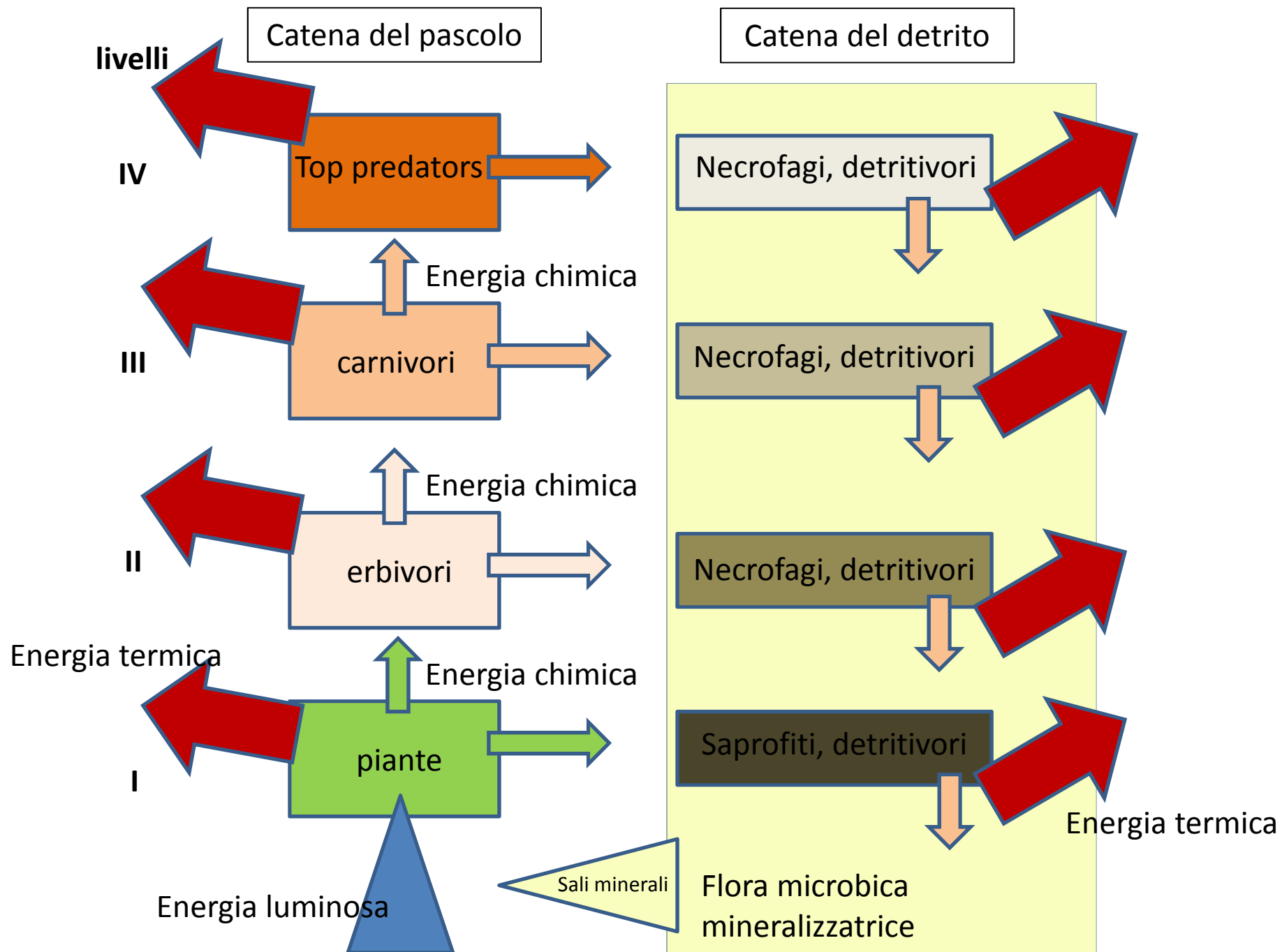
**qual'è il destino dell'energia
(veicolata dalla materia)
che raggiunge il top predator?**

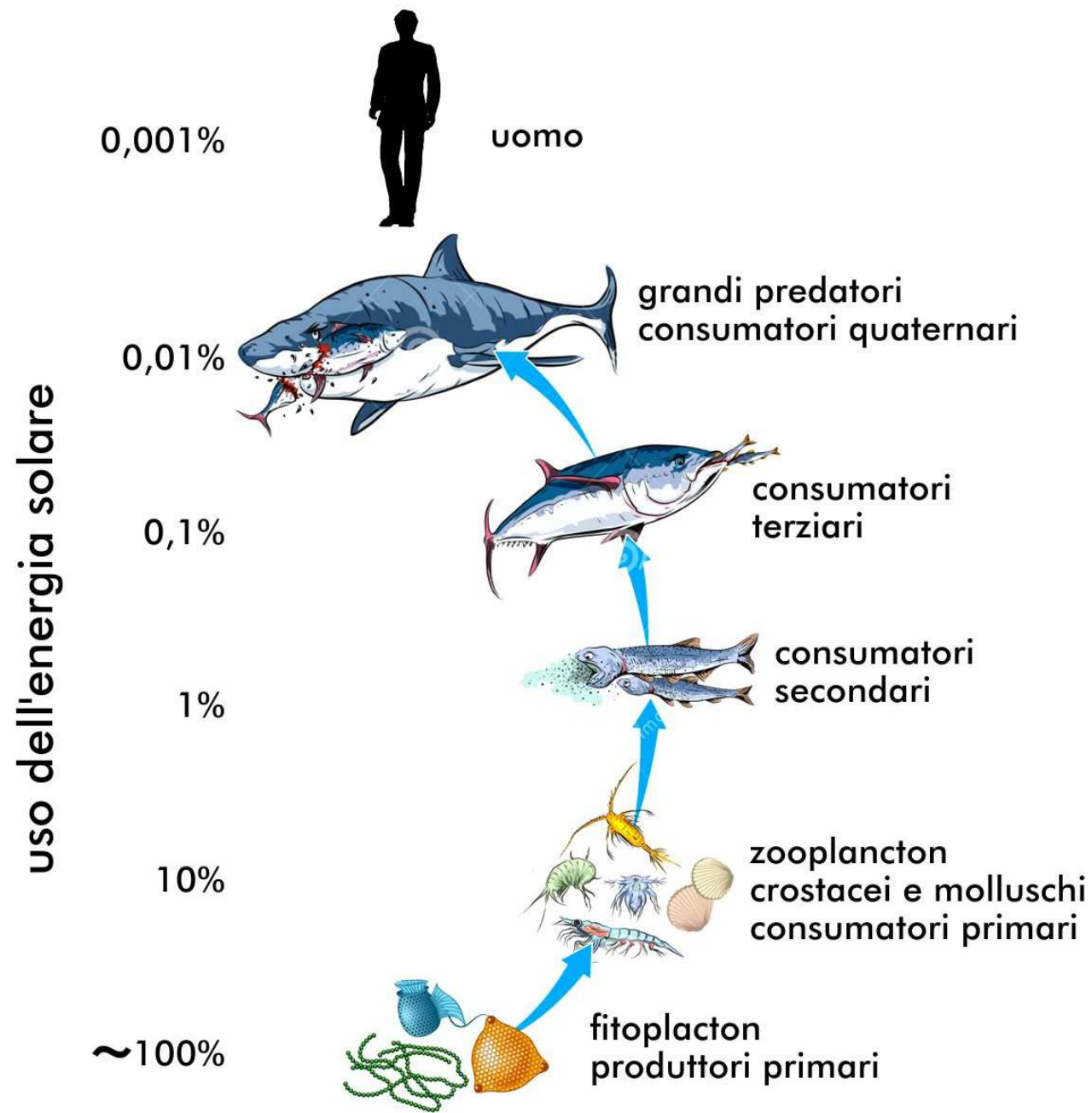
Altre criticità:

Il modello non considera gli
onnivori..

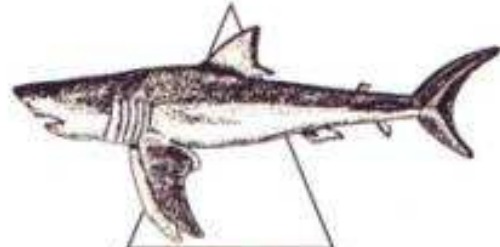
..e in genere le specie che
attingono a più livelli trofici..

..ad esempio cambiando dieta
durante il ciclo vitale





CONSUMATORE
DI 3° ORDINE



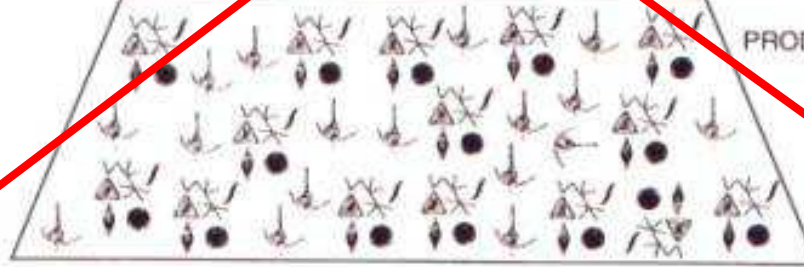
CONSUMATORI
DI 2° ORDINE



CONSUMATORI
DI 1° ORDINE

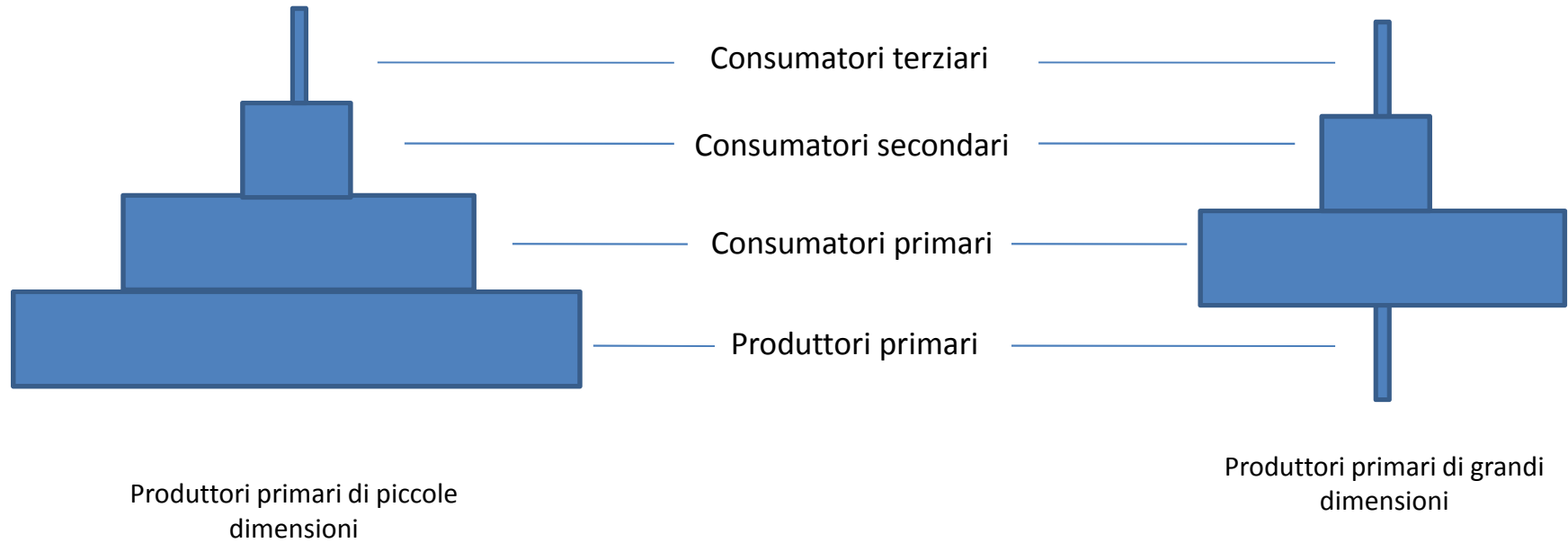


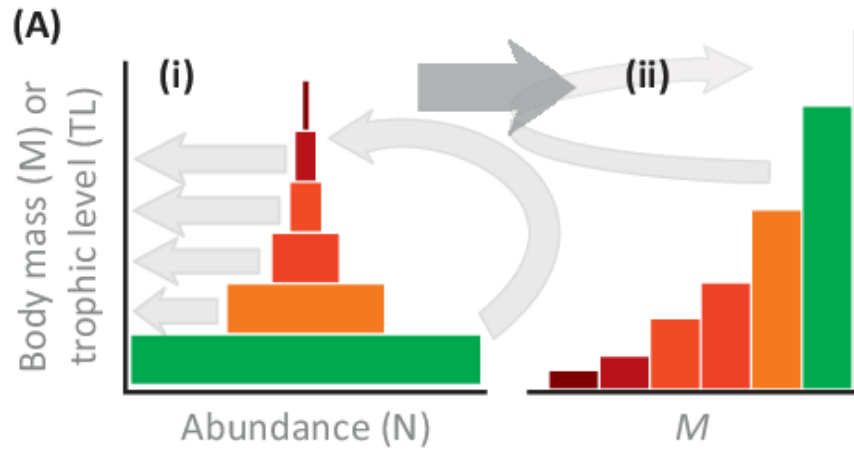
PRODUTTORI



LA PIRAMIDE DELL'ENERGIA

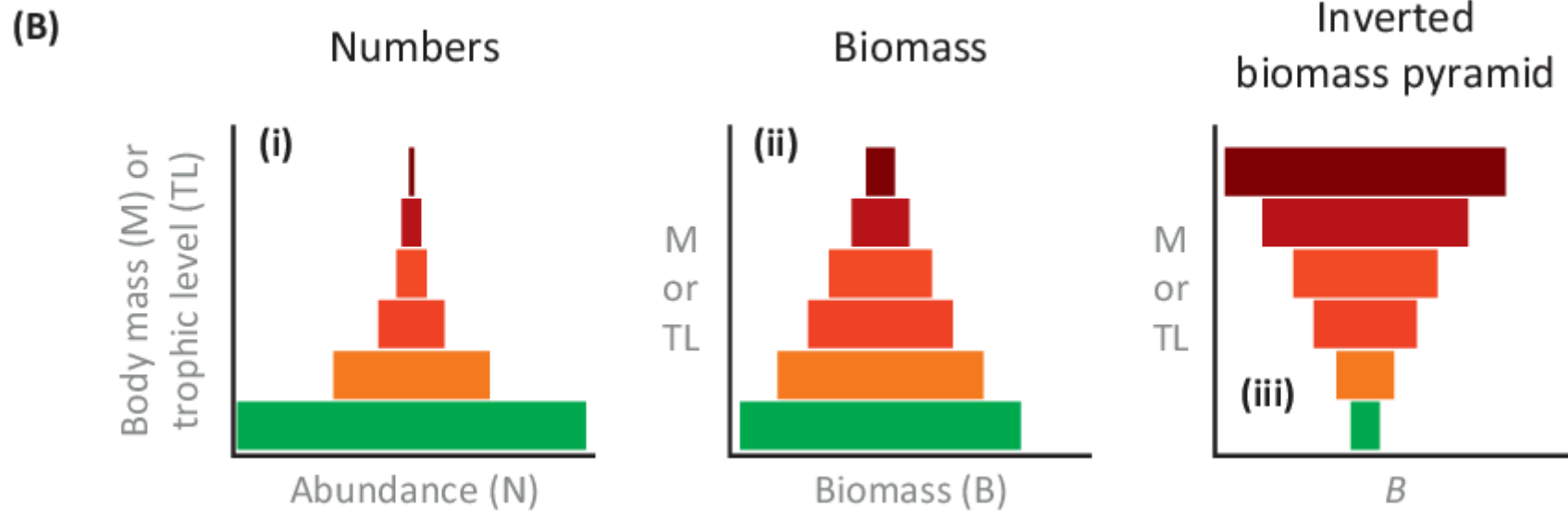
LA PIRAMIDE TROFICA (dei numeri)





Piramide trofiche e (apparenti) paradossi

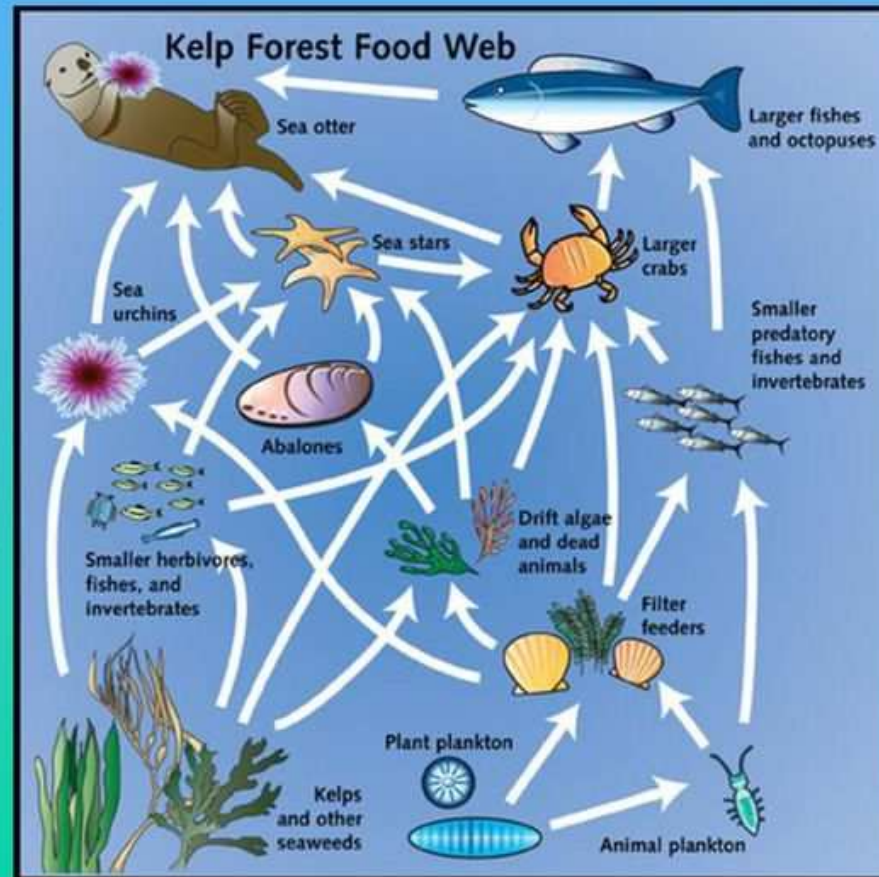
ovvero: l'importanza del fattore tempo



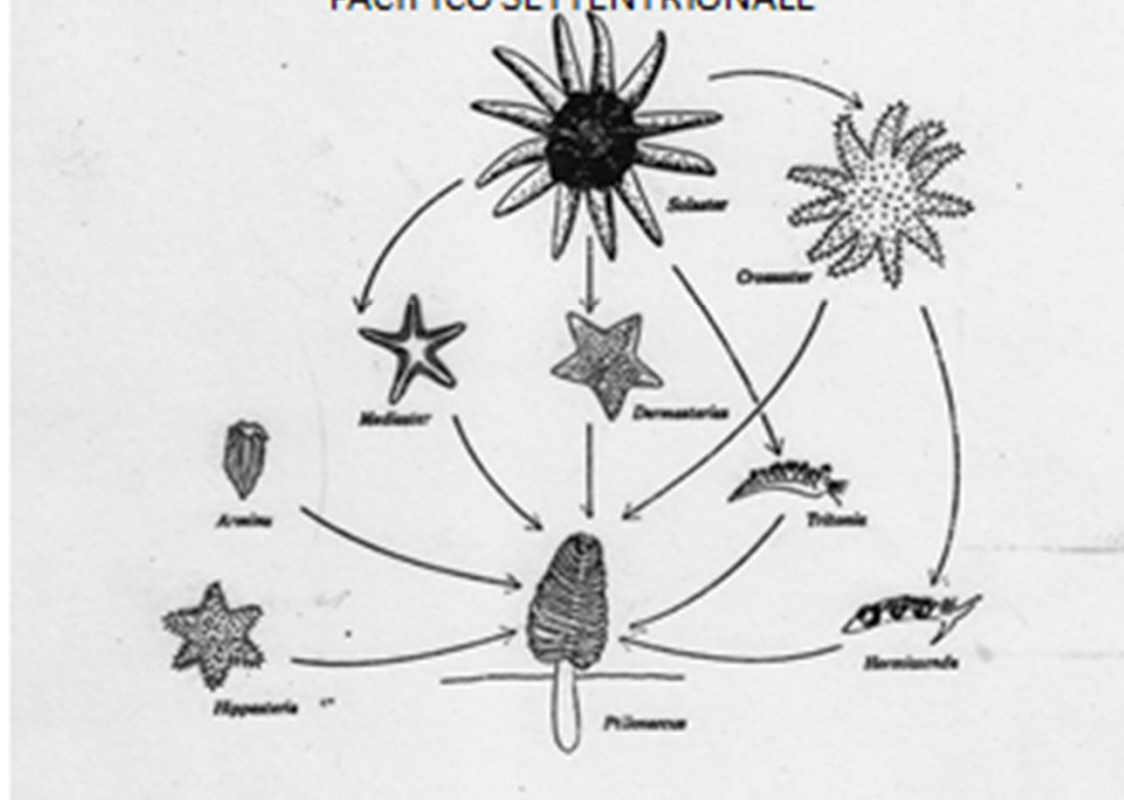
FOOD WEB



- interrelated food chains



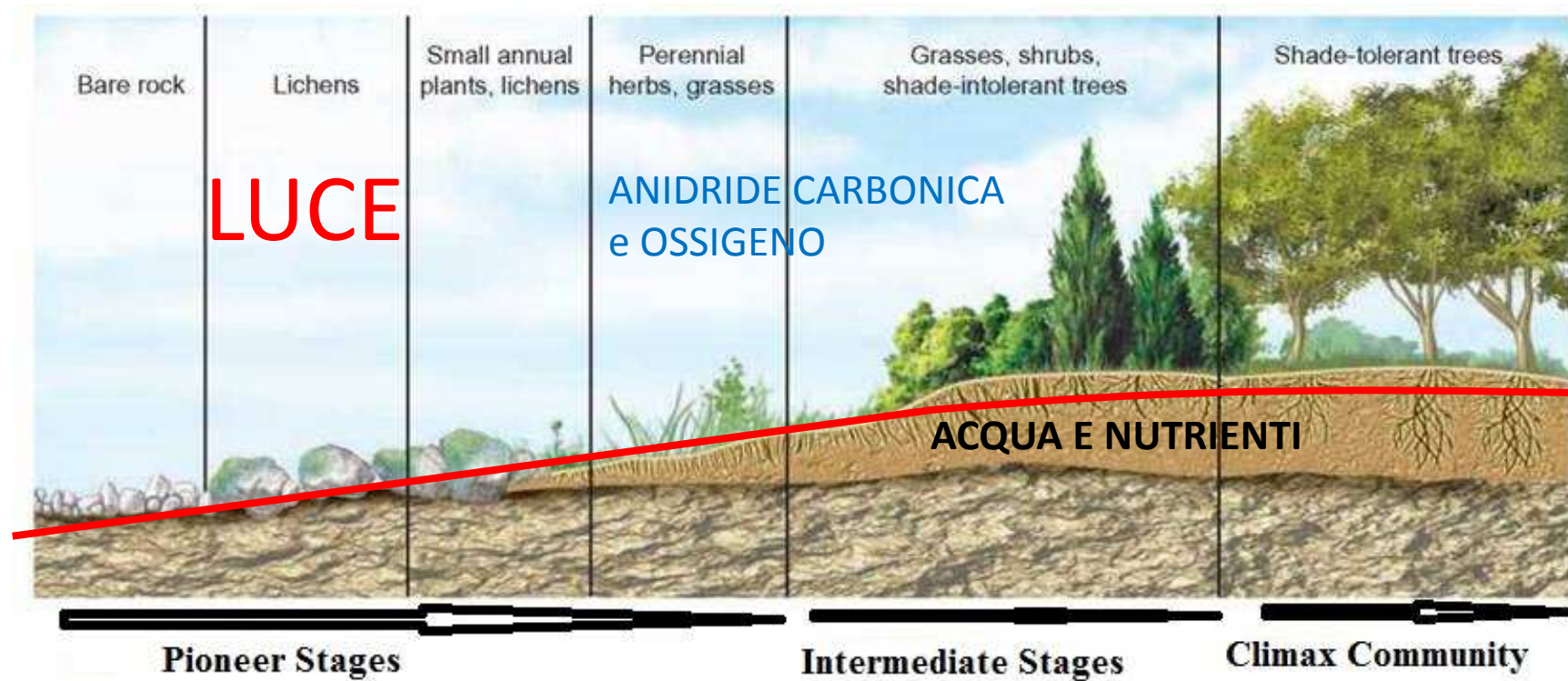
RETE TROFICA DI UNA COMUNITA' A PENNATULACEI DEL
PACIFICO SETTENTRIONALE



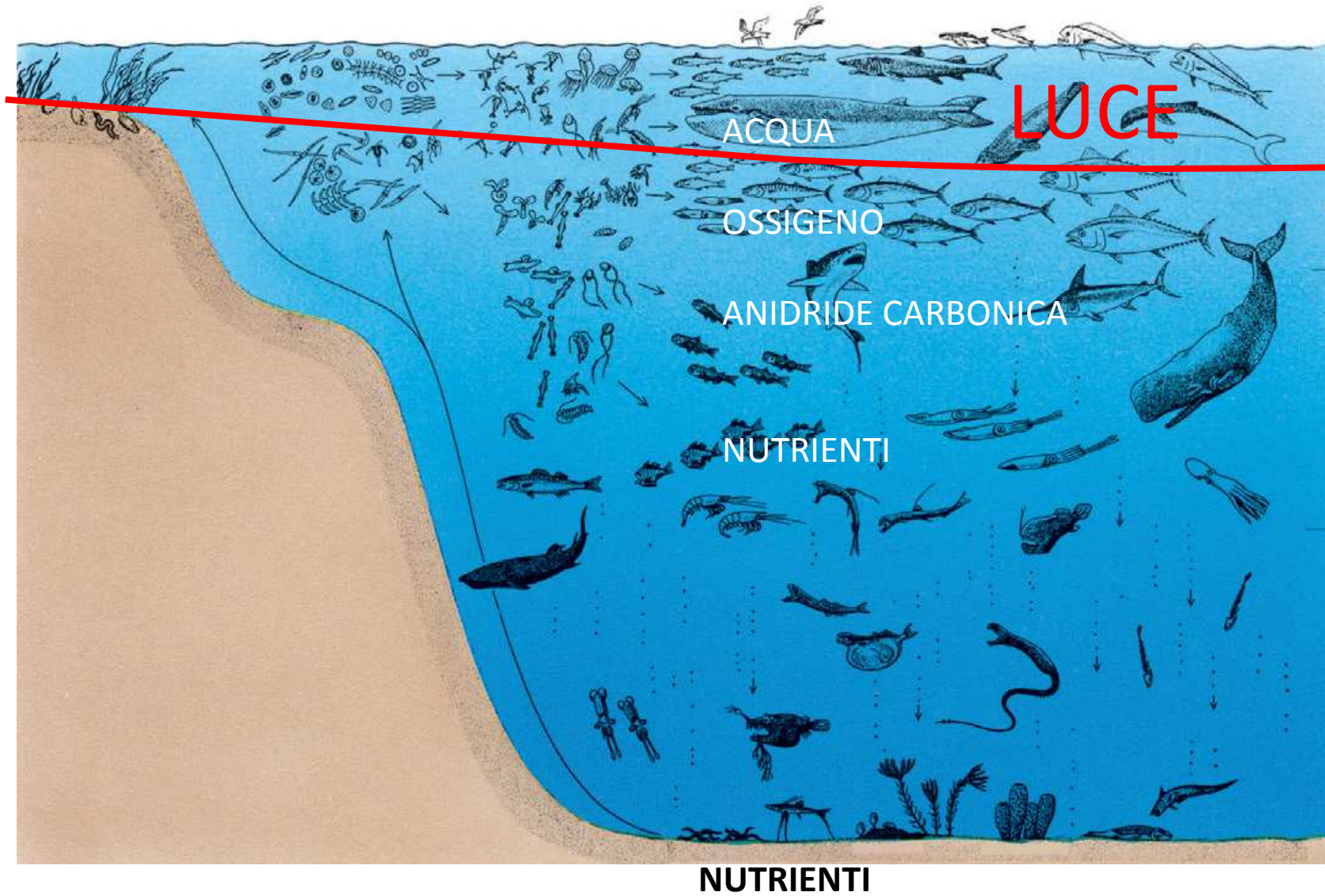
Ogni comunità ha la sua propria composizione in specie,
Integrata a costituire una peculiare

STRUTTURA TROFICO-FUNZIONALE

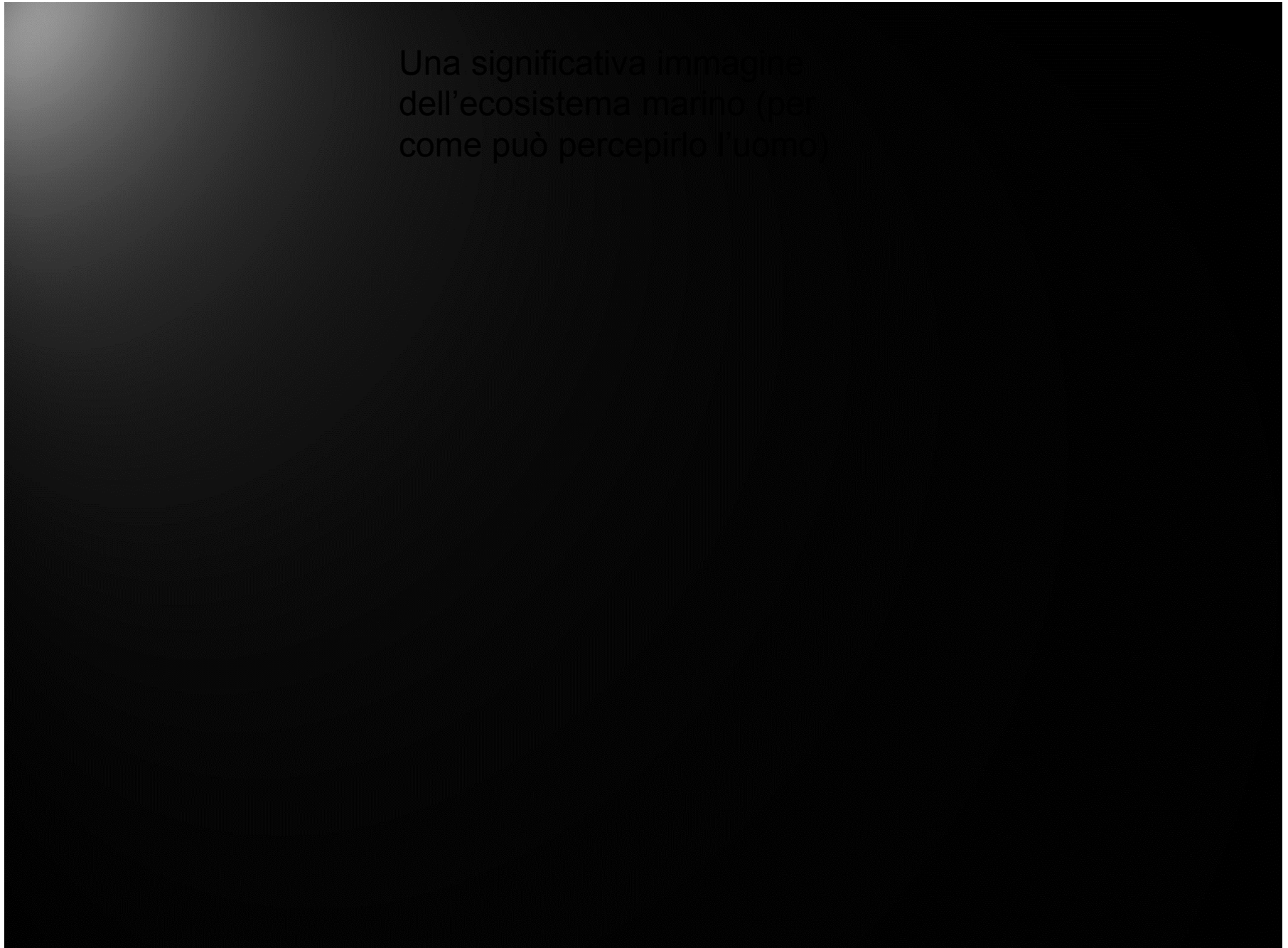
DISACCOPPIAMENTO DELLE RISORSE NEGLI ECOSISTEMI TERRESTRI



DISACCOPPIAMENTO DELLE RISORSE NEGLI ECOSISTEMI OCEANICI



Una significativa immagine
dell'ecosistema marino (per
come può percepirlo l'uomo)

























piccoli



leggeri



Grandi e attrezzati



Grandi e affamati



Grandi e attrezzati

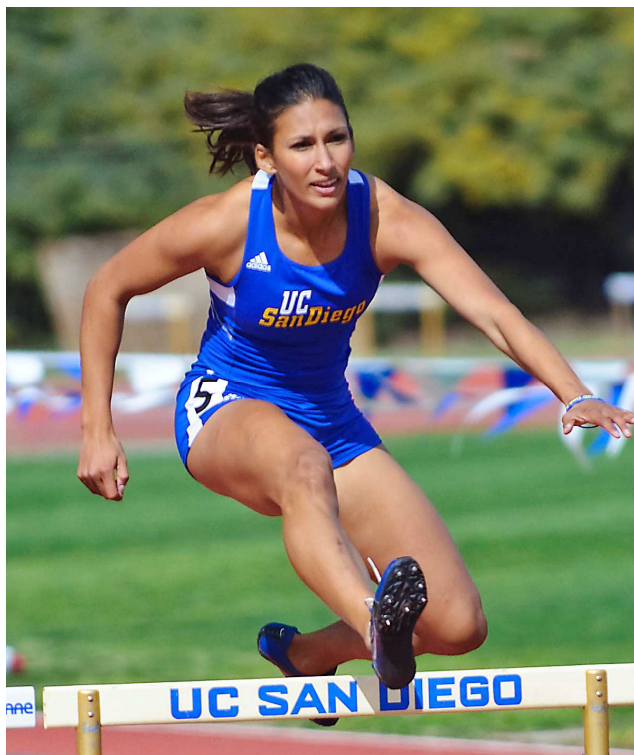


Grandi e affamati

Ancora una volta la questione
FONDAMENTALE è L'ENERGIA
(come te la procuri...)



(... e come la utilizzi)



Ampiezza ecologica, o "range di tolleranza", è la capacità di ogni specie di crescere, riprodursi e sopravvivere in un ambiente.

E' determinata dal livello dei fattori abiotici dell'habitat (temperatura, luce, umidità, pH, potenziale di ossidoriduzione,...)

Ogni specie vivente ha dei propri limiti fisiologici di tolleranza, oltre i quali non riesce a sopravvivere e ad avere delle funzioni vitali.

- Fattore limitante
- Interazione di fattori - Compensazione

→ un massimo

→ un minimo

→ un ottimale

Una popolazione ben adattata, con valori ottimali e limiti adattati alle condizioni locali è un

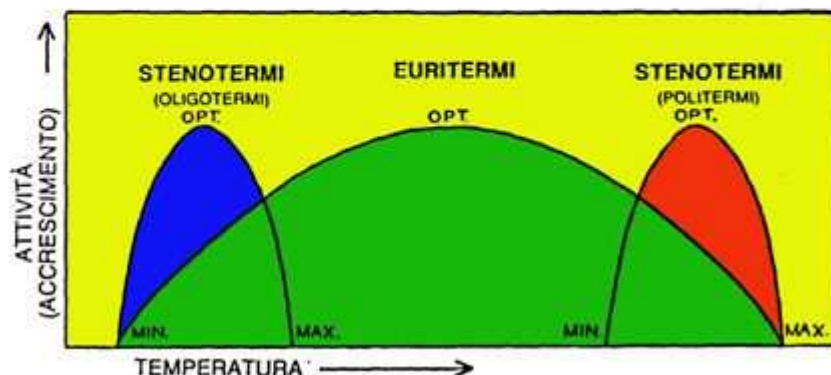
Ecotipo

Stenotipo

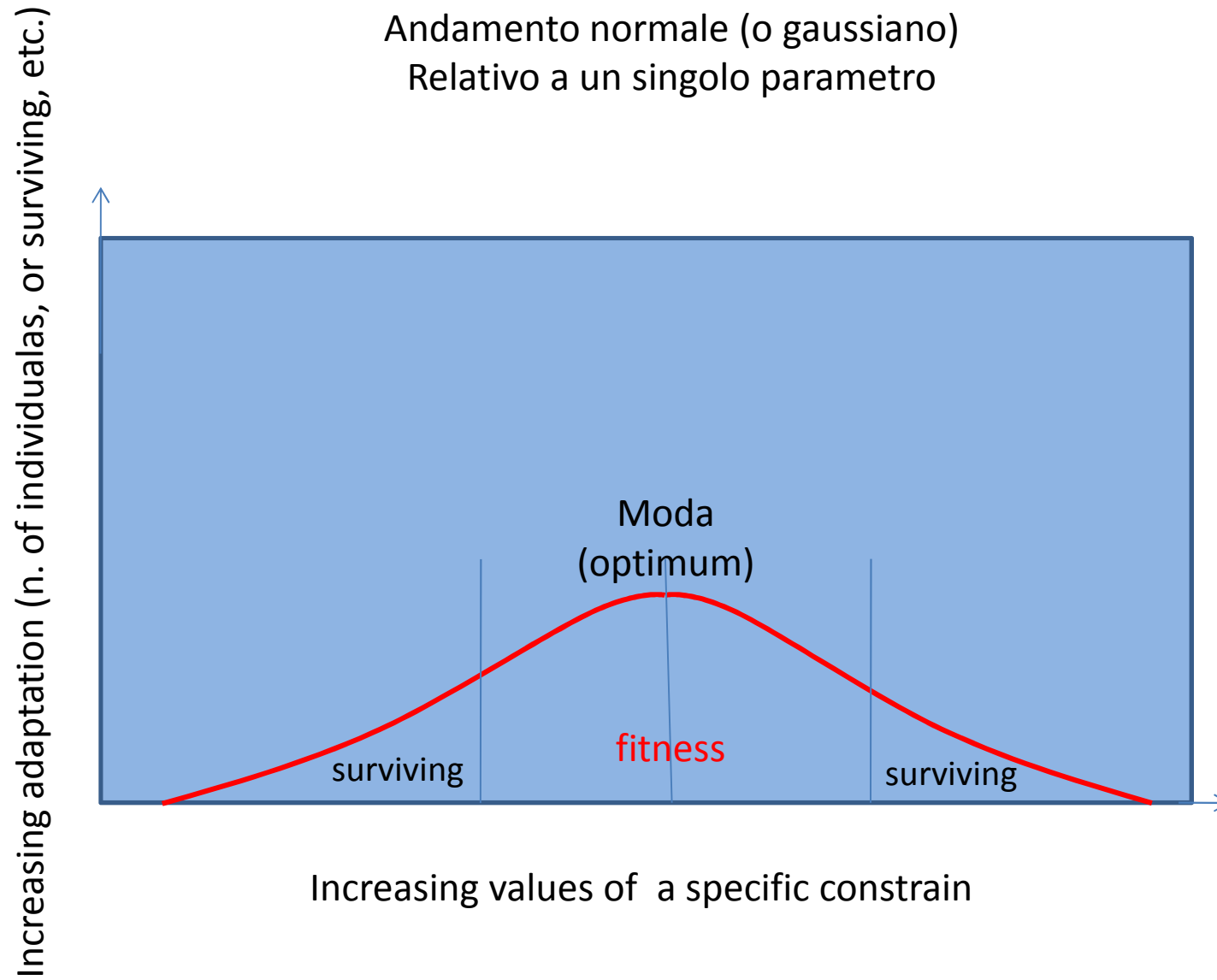
"stretto"

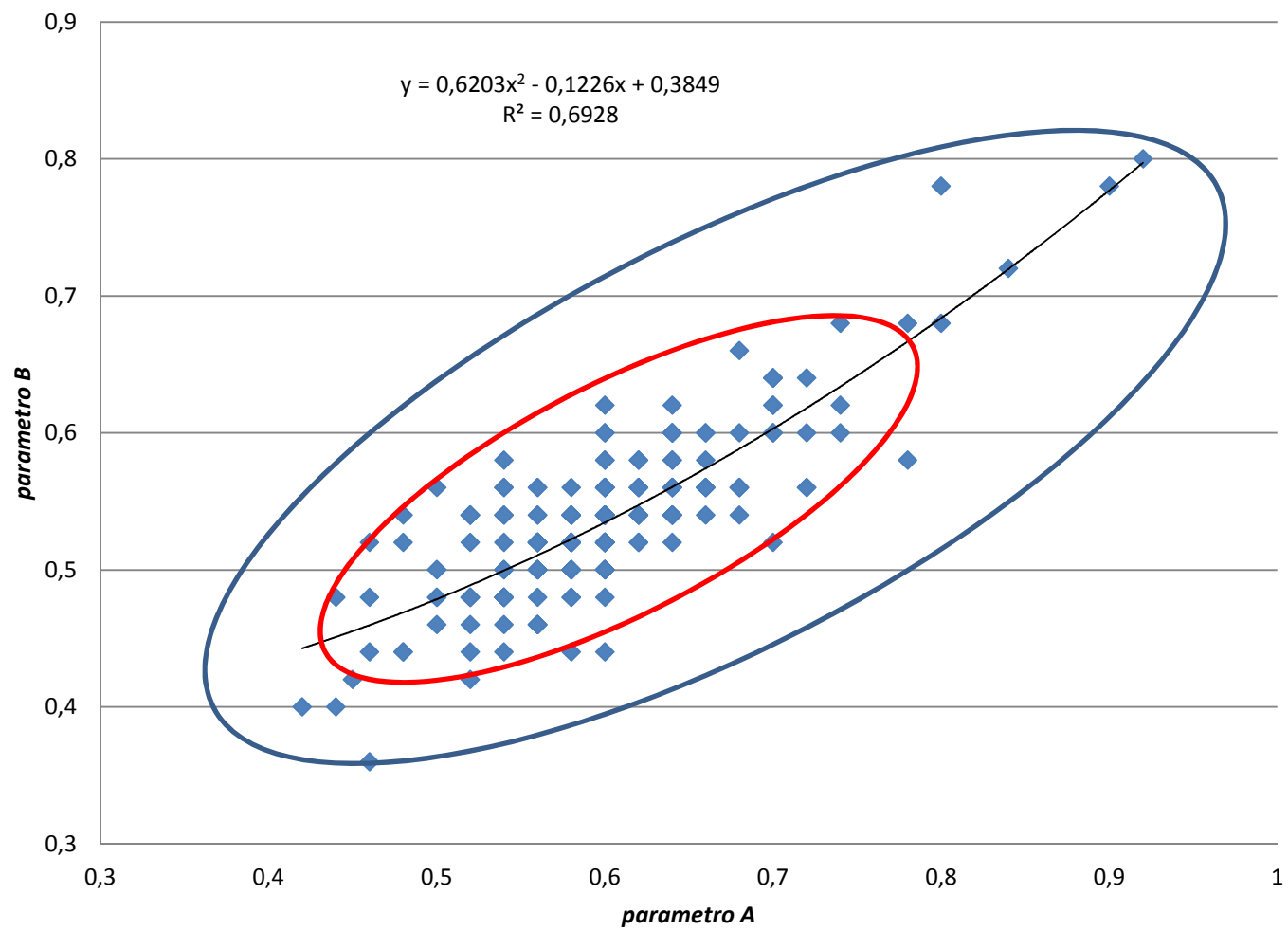
Euritipo

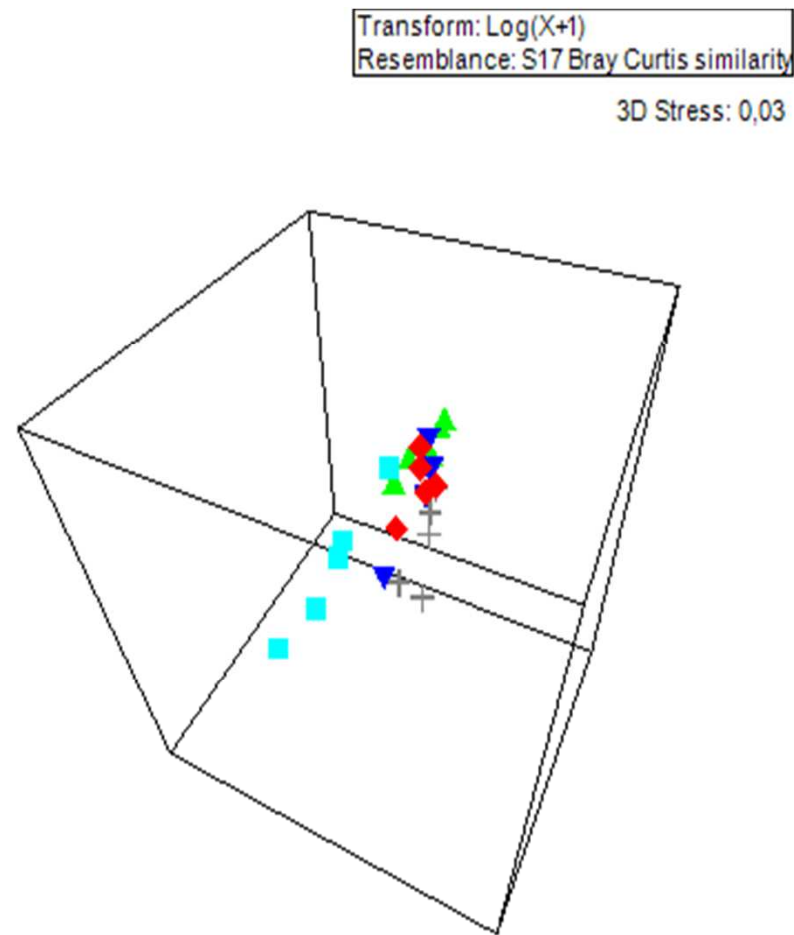
"ampio"



Andamento normale (o gaussiano)
Relativo a un singolo parametro







L'interazione di tre parametri richiede una rappresentazione tridimensionale

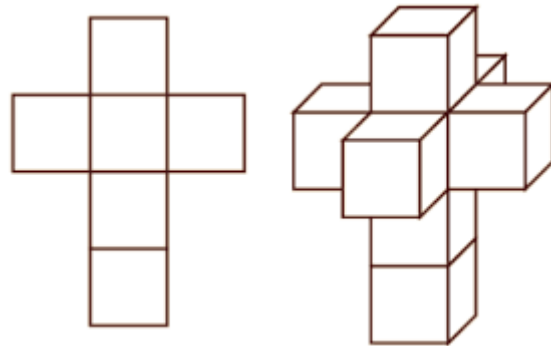


E la rappresentazione di 4 parametri
interagenti?

Ovviamente richiede un
ipervolume

In ecologia, il nome
di questo ipervolume
è “**nicchia ecologica**”

Così come possiamo sviluppare un cubo in uno spazio bidimensionale

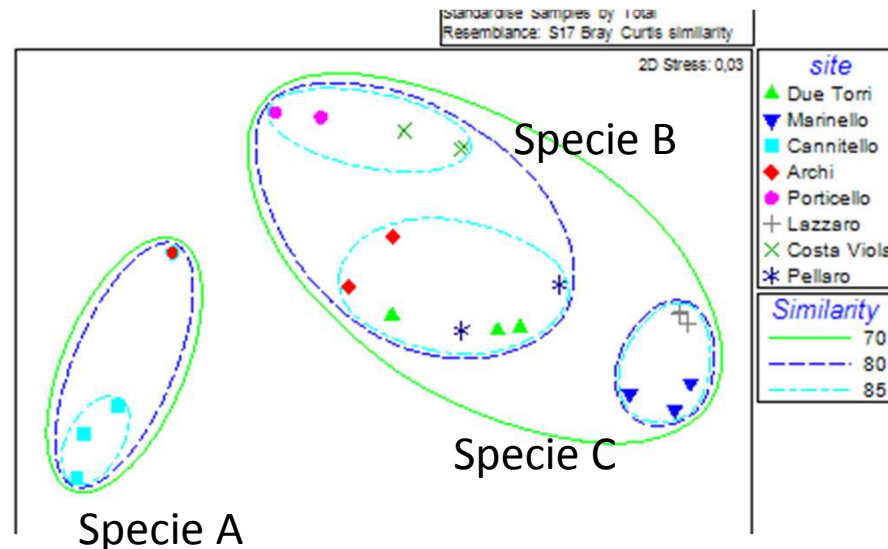


Così possiamo sviluppare un ipercubo in uno spazio tridimensionale

(in realtà noi lo stiamo comunque vedendo raffigurato in uno spazio bidimensionale).

Questo ci porta a comprendere il concetto di nicchia ecologica come spazio (matematico) n-dimensionale

Ma ci consente anche di rappresentarla “proiettando” n parametri in uno spazio bidimensionale

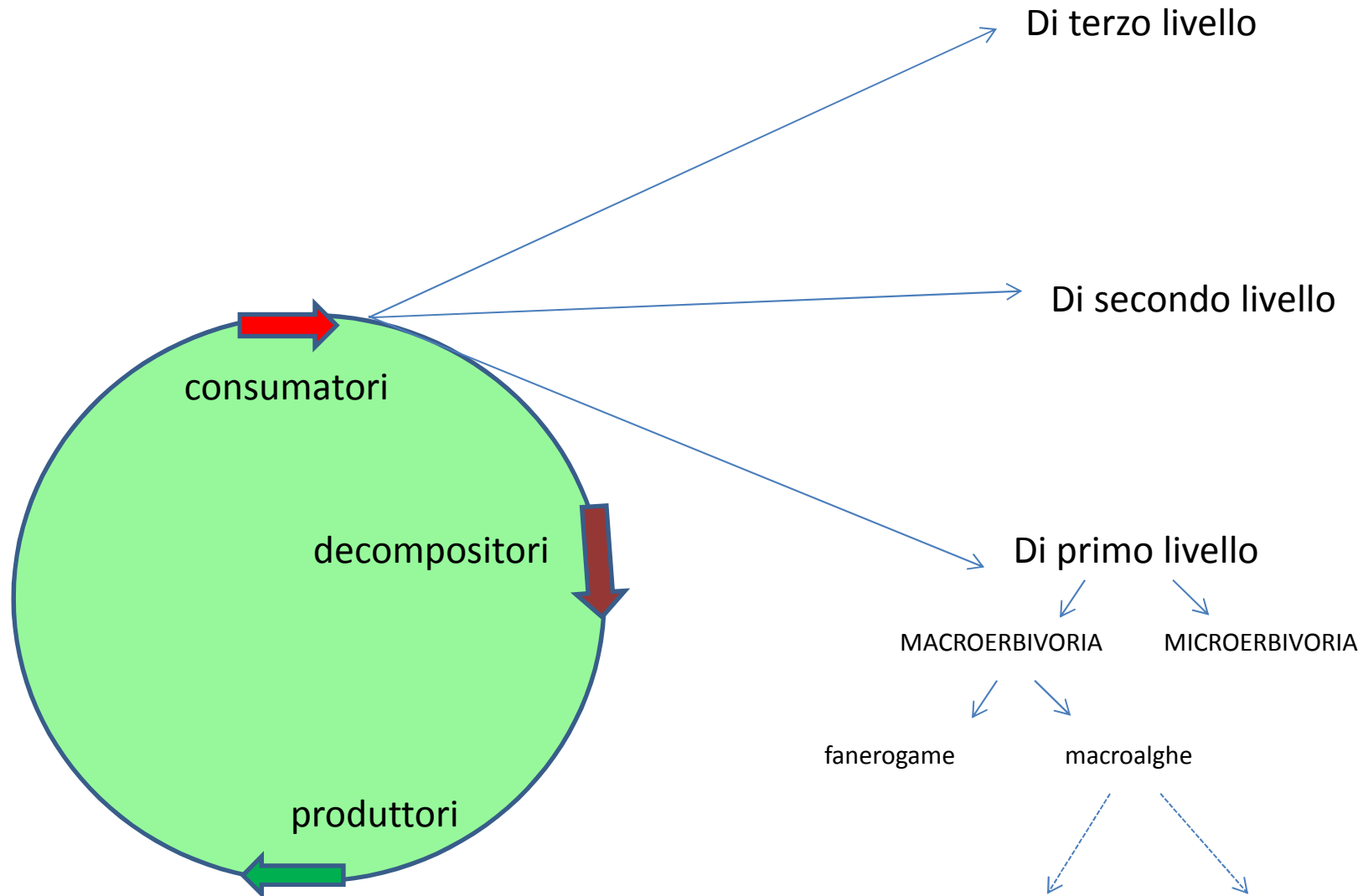


Definizioni correnti di **nicchia ecologica**:

- L'insieme delle relazioni che una specie trae con il suo ecosistema
- La funzione esatta che una specie esplica nel suo ecosistema
- Lo spazio n-dimensionale in cui una specie svolge le sue funzioni
- Il luogo esatto in cui una specie svolge la sua funzione... **SBAGLIATO!**
La nicchia ecologica è un concetto, non un luogo fisico.

La sua concretezza consiste nel fatto di esprimere una **EFFETIVA** funzione nell'ecosistema.

TORNIAMO AL CONCETTO DI FUNZIONE ECOLOGICA









Biologiamarina.org





- Ogni specie ha la sua specifica funzione, che esplica in modo assolutamente specifico.
- Ogni specie ha quindi una sua specifica nicchia ecologica.

O MEGLIO:

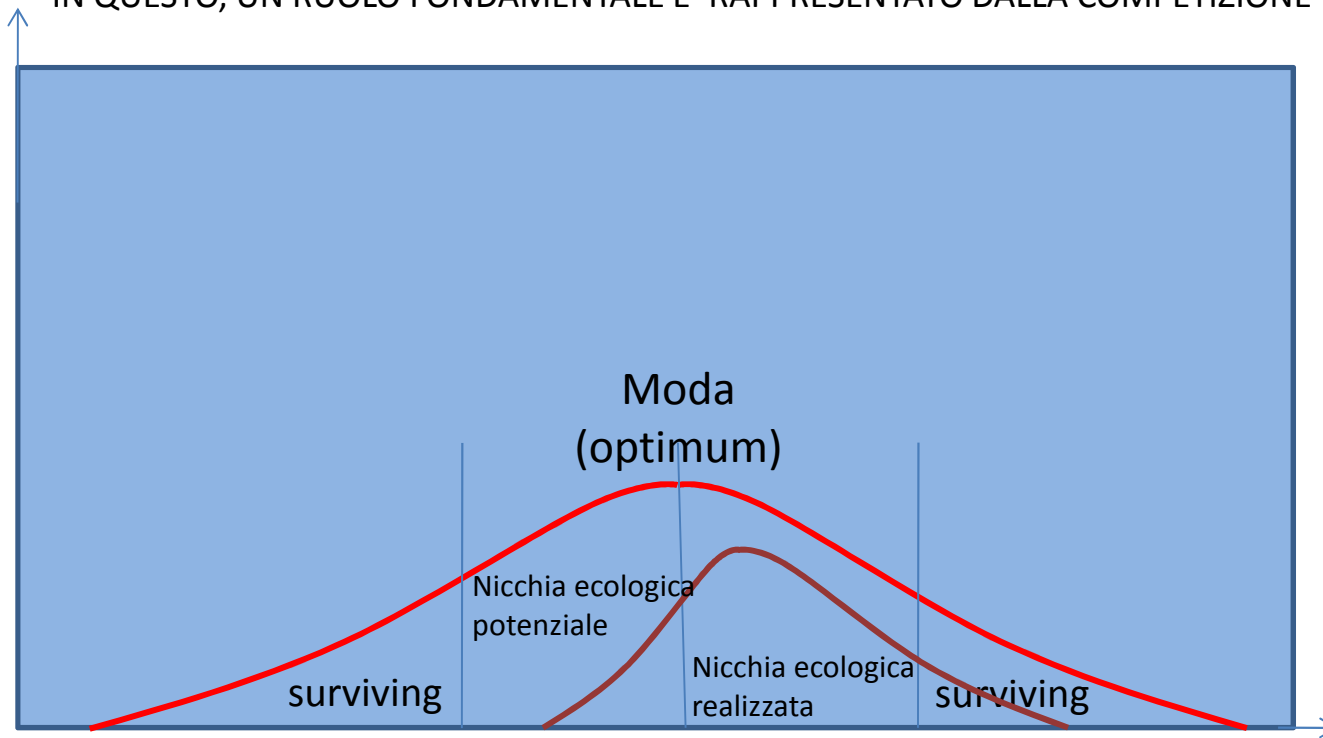
- Esiste una assoluta **identità** fra la specie (entità tassonomica) e la sua nicchia ecologica (entità funzionale)



NICCHIA ECOLOGICA POTENZIALE E REALIZZATA
NON SOLO L'AMBITO È RIDOTTO, MA NON NECESSARIAMENTE IL
PICCO DI ABBONDANZA CORRISPONDE ALL'OPTIMUM

IN QUESTO, UN RUOLO FONDAMENTALE E' RAPPRESENTATO DALLA COMPETIZIONE

Increasing adaptation (n. of individuals, or surviving, etc.)



Increasing values of a specific constrain

INFATTI:

E' VERO CHE NON ESISTONO DUE NICCHIE ECOLOGICHE UGUALI, **MA** SPECIE DIVERSE:

- POSSONO ATTINGERE AD UNA STESSA RISORSA
- O AVERE SIMILI ESIGENZE PER UNO O PIU' PARAMETRI

• Questo implica una parziale sovrapposizione di nicchia

Che viene risolta attraverso meccanismi di

- esclusione competitiva
(il più efficiente elimina il meno efficiente)
- O di partizione di nicchia
(le specie trovano un equilibrio)

Pachygrapsus marmoratus



Pachygrapsus maurus

Pachygrapsus transversus

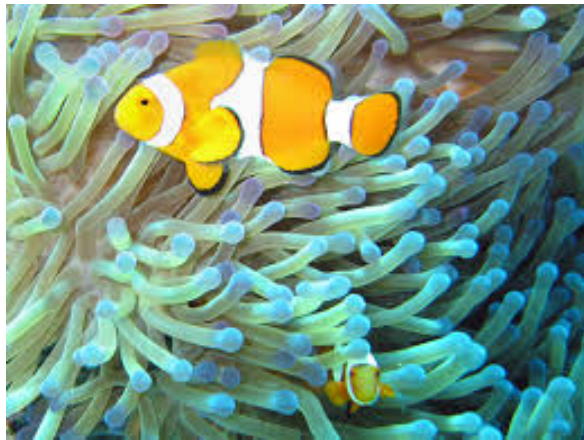


Ecco quindi come abbiamo già incontrato diverse tipologie di relazioni interspecifiche:

- Di tipo **trofico** (chi mangia chi), espressa dai modelli della catena e rete trofica (positivo/negativo)
- Di tipo **competitivo** (lotta per accaparrarsi una o più risorse fondamentali) (negativo/negativo)

A cui possiamo aggiungere le interazioni di tipo **collaborativo** (positivo/positivo)

La **simbiosi mutualistica** è l'interazione collaborativa per eccellenza



Le formazioni coralline sono l'esempio più eclatante di rapporto simbiotico



fra una zooxantella (cianoficee) e il polipo corallino

Il rapporto mutualistico è quello che realizza la **massima efficienza** ed è il risultato di un lungo processo co-evolutivo, in cui specie interagenti hanno risolto in modo ottimale un originario rapporto di predazione e/o competizione

E' importante sottolineare come questi processi adattativi non abbiano un significato finalistico. Non rappresentano cioè un processo volontario, né implicano un obiettivo preordinato

Essi sono “semplicemente” il risultato di un continuo processo di aggiustamento” reciproco (meglio dire: degli ambiti e modalità di espressione delle rispettive nicchie ecologiche.

In realtà l'unico “imperativo” di qualunque specie/nicchia ecologica (ovviamente non volontario, ma innato)

è:.....CONQUISTARE IL MONDO!



Diciamolo in termini più scientifici:

Ogni specie è programmata per perpetuare se stessa al massimo grado (fitness)

Attraverso il meccanismo della riproduzione (sessuata e/o asessuata che sia)

(Se non esistessero meccanismi “esterni “ di controllo, questo porterebbe a un incremento indefinito della popolazione, che consumerebbe tutte le risorse disponibili)

Per massimizzare il risultato, due sono le opposte strategie messe in campo

“r” strategia: La maggior parte dell'energia disponibile è destinata direttamente alla riproduzione (grande massa gonadica, elevato numero di uova, frequente o continua riproduzione, etc.)

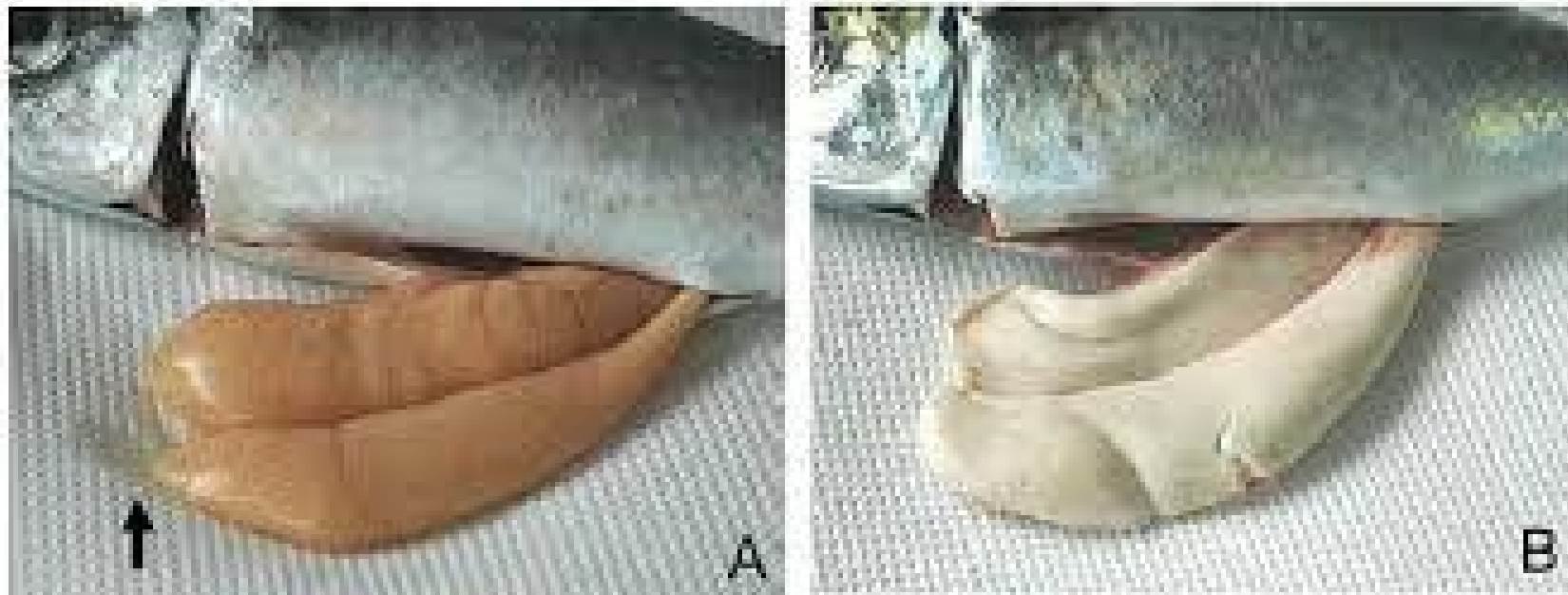
“K” strategia: La maggior parte dell'energia disponibile è destinata alla sopravvivenza propria e della prole (grande massa corporea, lungo ciclo vitale, specializzazione e adattamento all'ambiente, cure parentali, etc.)

“r” strategia:

Generalizzando, sono tipicamente r strateghi gli invertebrati, ma anche la maggior parte dei pesci.

La strategia si basa sulla legge dei grandi numeri (fra tanti, qualcuno sarà fortunato e sopravviverà).

Ed ha particolare successo negli habitat soggetti a variabilità imprevedibile.



Gonadi femminili (A) e maschili (B) di *Scomber japonicus*



Gonadi di *Maja squinado* (granseola)



Gonadi di *Paracentrotus lividus* (riccio "femmina")



Egg masses of *Pleurobranchus testudinarius*



Egg-deposition of *Polycera hedghpethi*

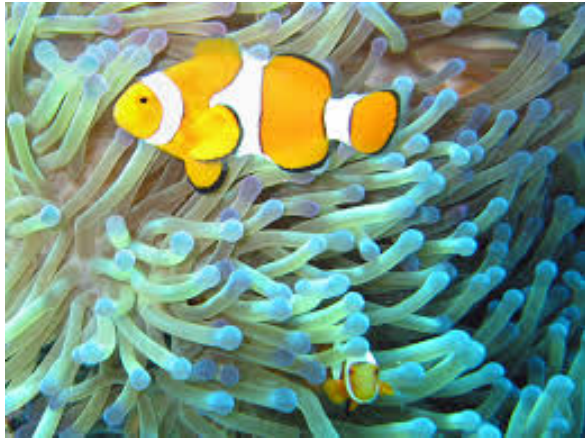
“k” strategia:

Generalizzando, sono tipicamente k strateghi molti vertebrati, fra cui i mammiferi, ma anche alcuni pesci e vari invertebrati.

La strategia si basa su principio del miglior adattamento (pochi ma buoni, e ben attrezzati).

Ed ha particolare successo negli habitat sostanzialmente stabili o la cui variabilità è statisticamente prevedibile.





Cure parentali

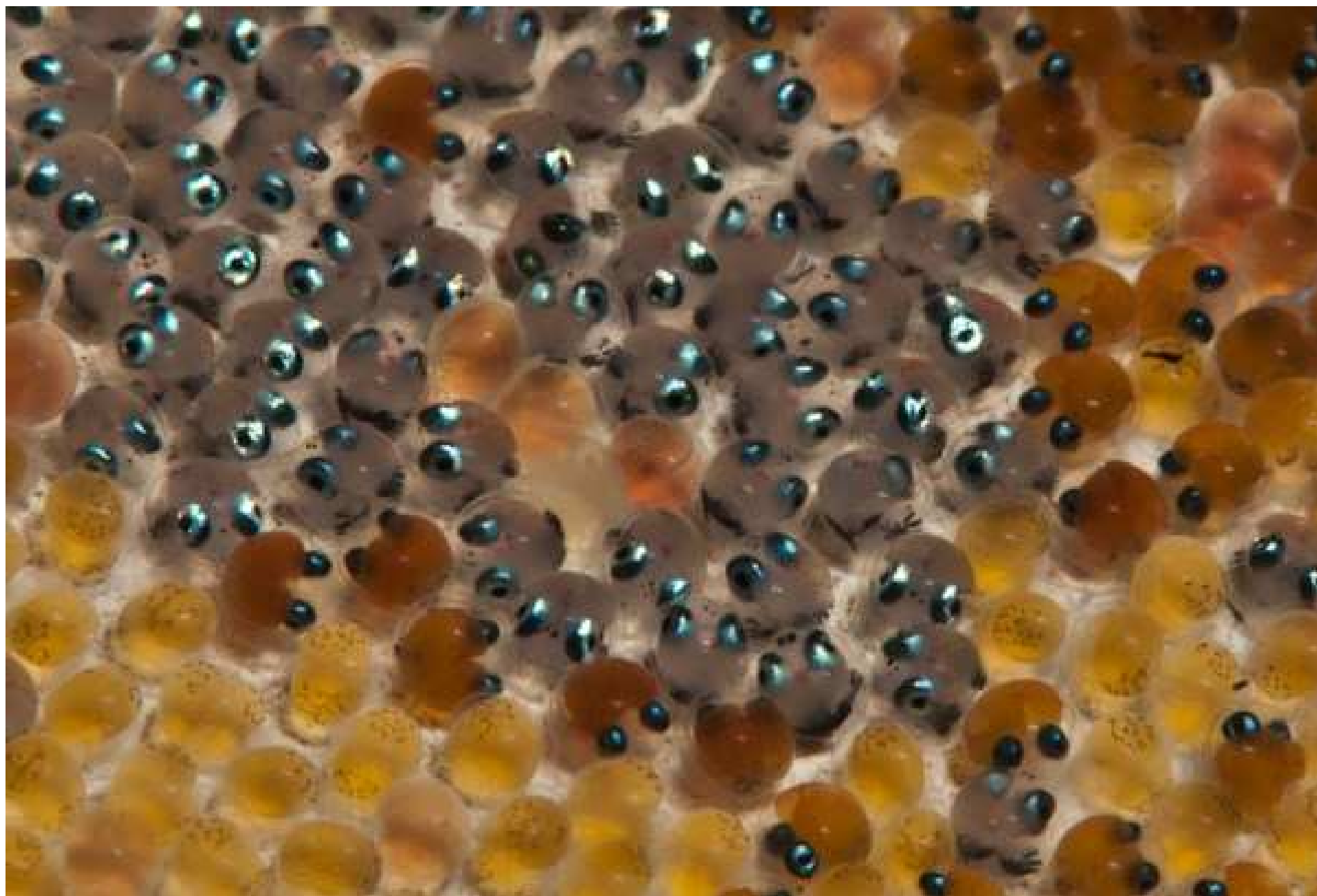


Cure parentali nella
“bavosa occhiuta”
Blennius ocellaris

A close-up photograph of a dark, mottled fish, possibly a wrasse, resting on a rocky surface. The fish has a prominent orange eye and a small, light-colored fin on its head. The background is dark and textured, suggesting an underwater environment. The text "ABYSS Associazione Diving" and "foto di Elena Li Pera" is overlaid on the image.

ABYSS Associazione Diving
foto di Elena Li Pera





Cure parentali nel “re di triglie” *Apogon imberbis*

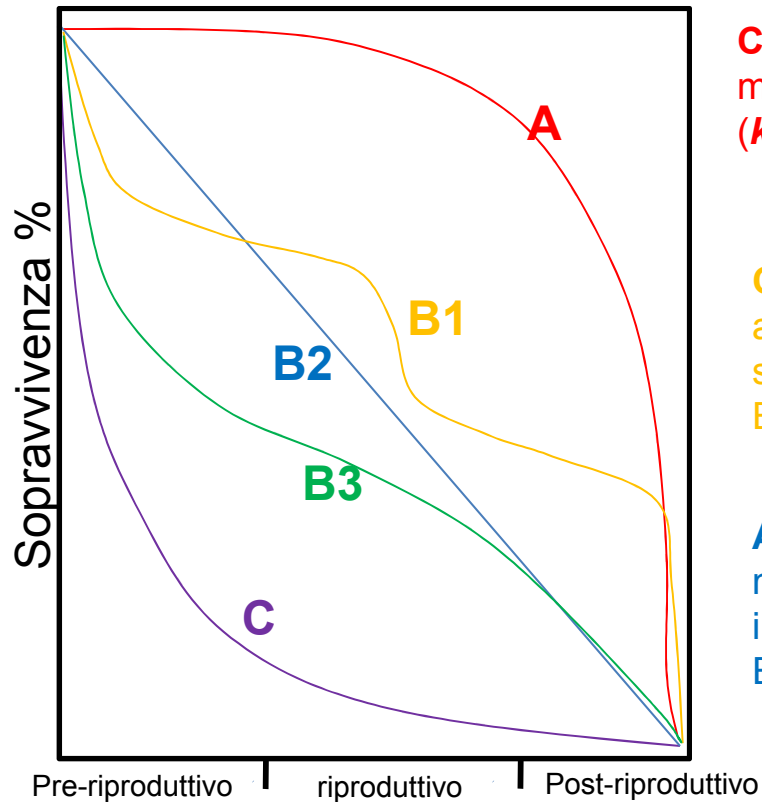


Curve di sopravvivenza tipiche di specie r e k strategie e loro confronto con altre tipologie

Per singola **coorte**

Curva concava: massima mortalità in età pre-riproduttiva (r strategie)

Curva sigmoidale: più elevata in età pre-riproduttiva, quasi costante in età adulta e post-riproduttiva



Curva convessa: massima mortalità in età post-riproduttiva (k strategie)

Curva a gradini: alternanza di alte e basse mortalità: specie con metamorfosi
Es.: *Carcinus aestuarii*

Andamento ideale: tasso di mortalità costante durante tutto il ciclo vitale
Es.: *Hydra* sp.

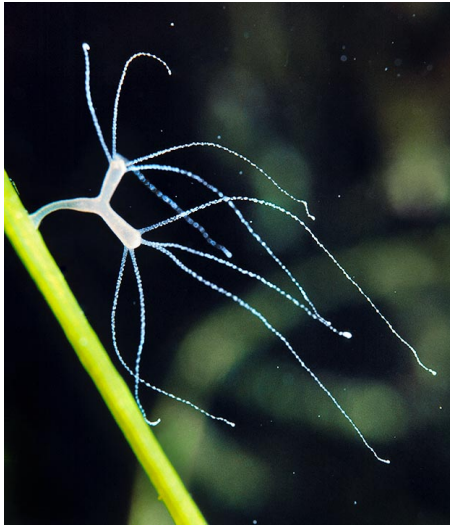
Carcinus aestuarii



B1



Hydra sp.



B2

Idrozoi



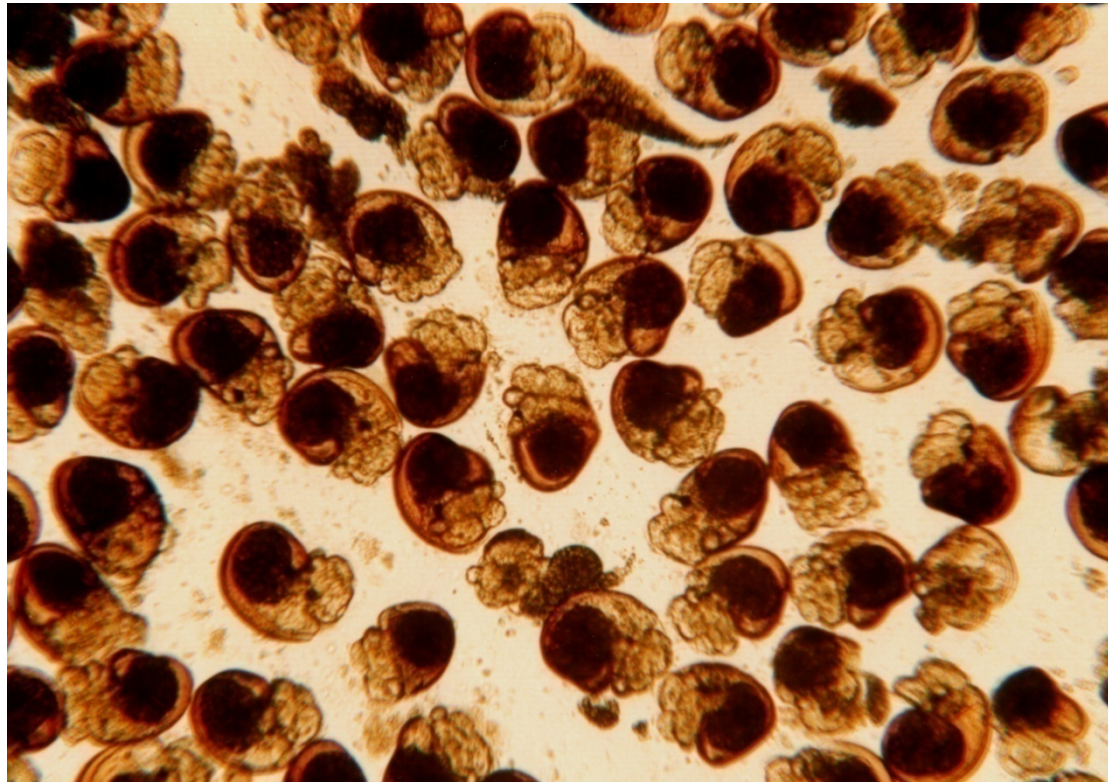
B3

Seriola dumerilii



C

La maggior parte degli invertebrati acquatici
Nella foto: “veliger” di *Janthina pallida*



RESISTENZA E RESILIENZA



Quercia da
sughero



gramigna



Prateria di
Posidonia oceanica



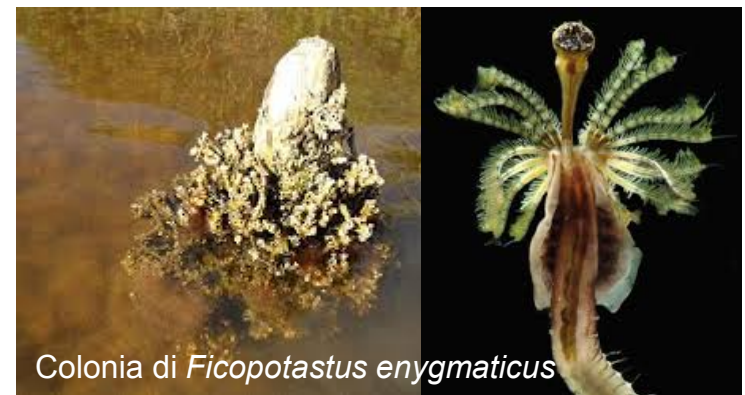
Prato di
Cymodocea nodosa



Coralligeno



Polipo corallino



Colonia di *Ficopotastus enigmaticus*

Potenziale biotico:

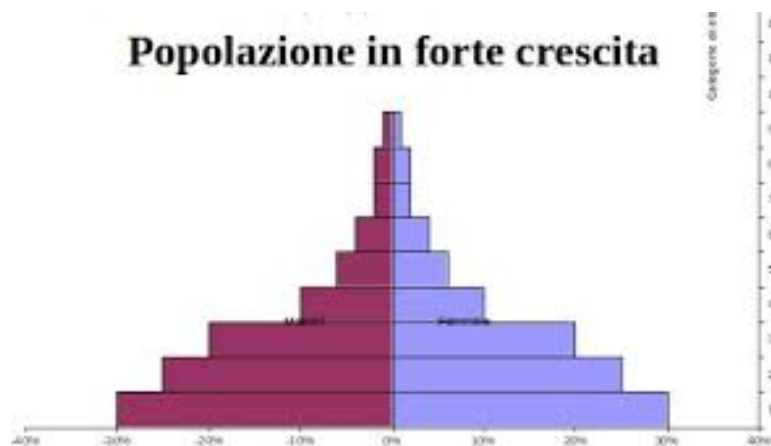
Si riferisce alla massima capacità riproduttiva che possiedono gli individui di una popolazione in condizioni ottimali.



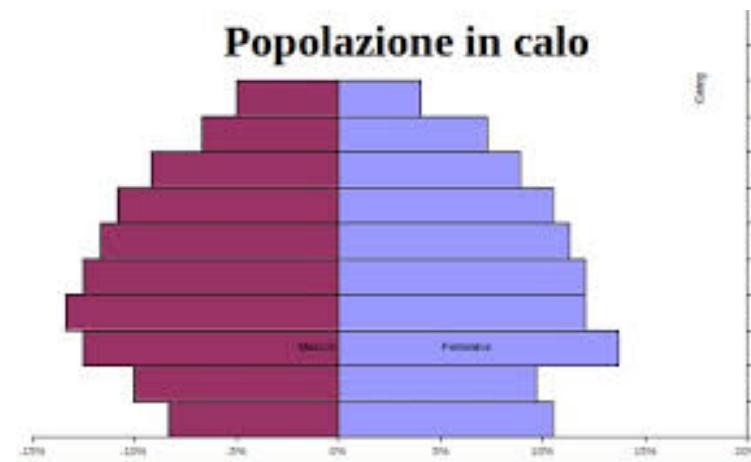
Fitness:

Valore relativo che misura la differenza nella capacità riproduttiva e di sopravvivenza di un particolare organismo (o genotipo) in un dato ambiente e nei confronti di un altro organismo della stessa specie.

E' detto anche valore adattativo, e viene espresso con un indice numerico compreso tra 1 e 0.



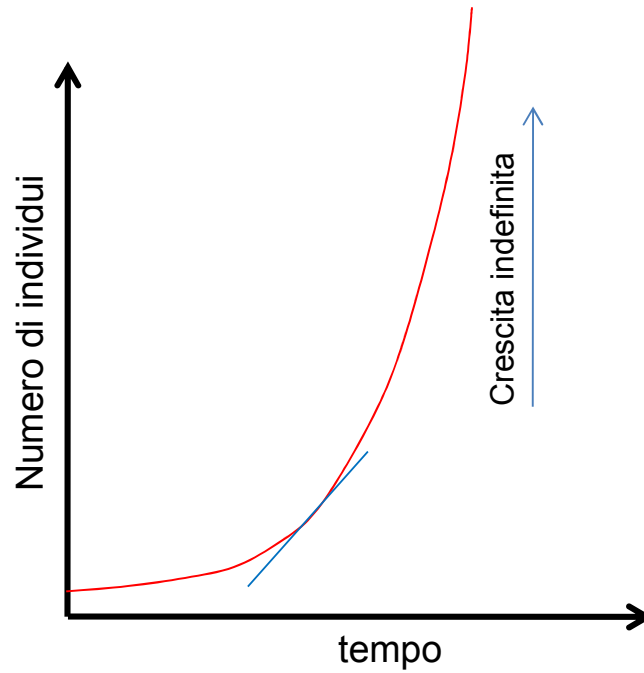
Piramide a base ampia
(dominano le nuove generazioni)



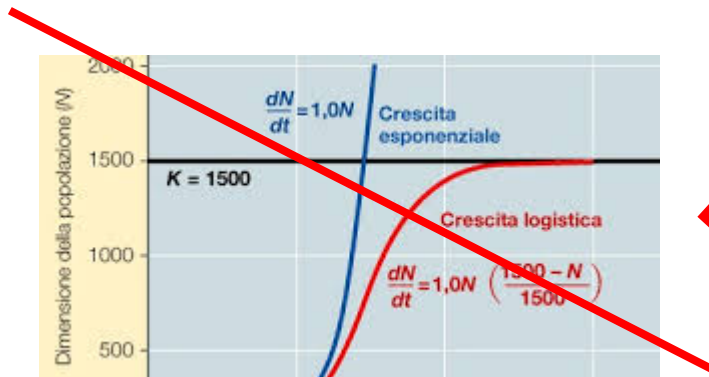
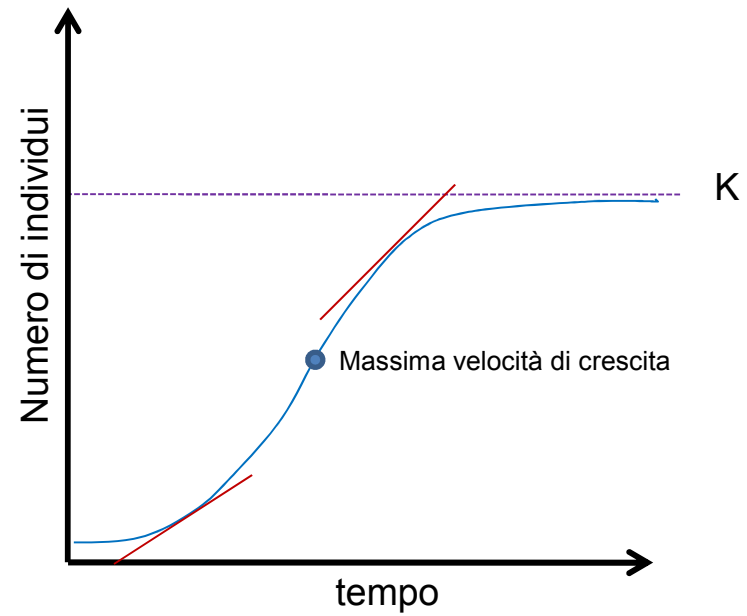
Piramide a base stretta
(dominano le generazioni anziane)

MODELLI DI CRESCITA DI POPOLAZIONE

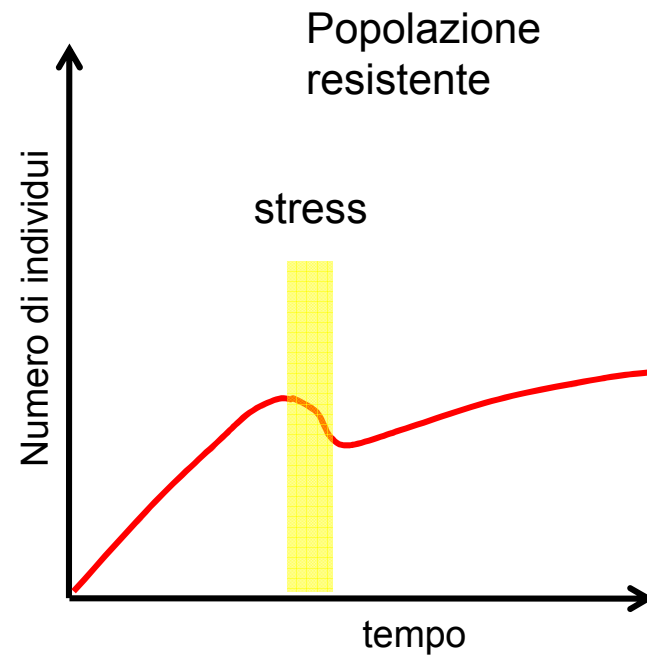
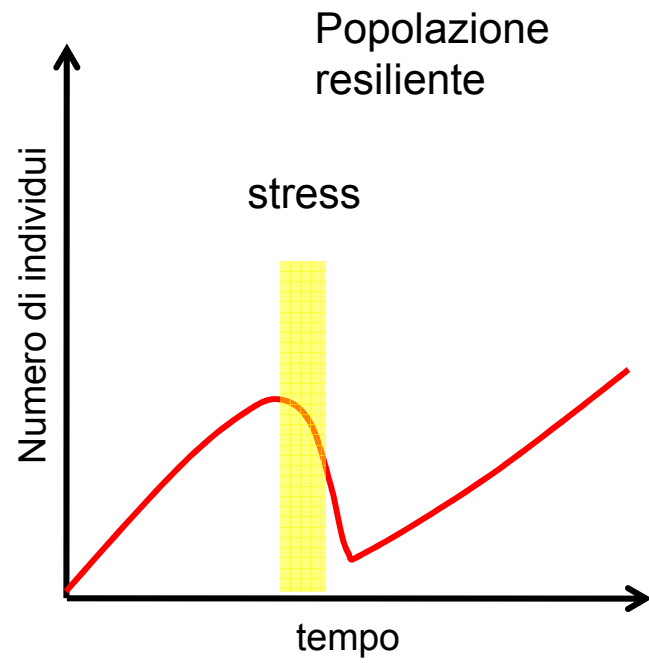
Curva J
Accrescimento esponenziale



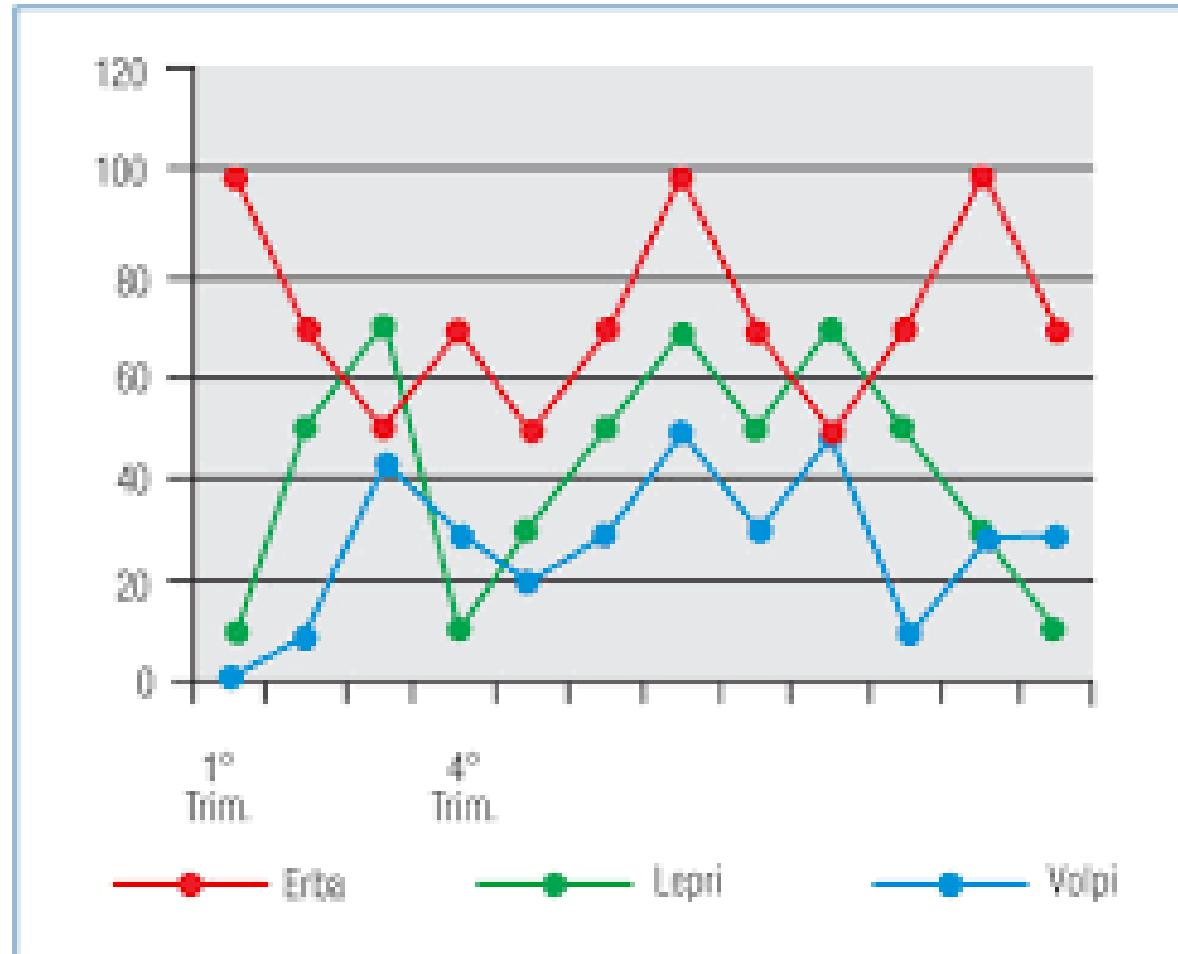
Curva S
Accrescimento logistico

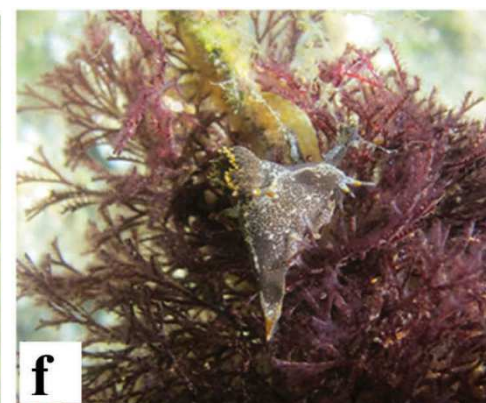
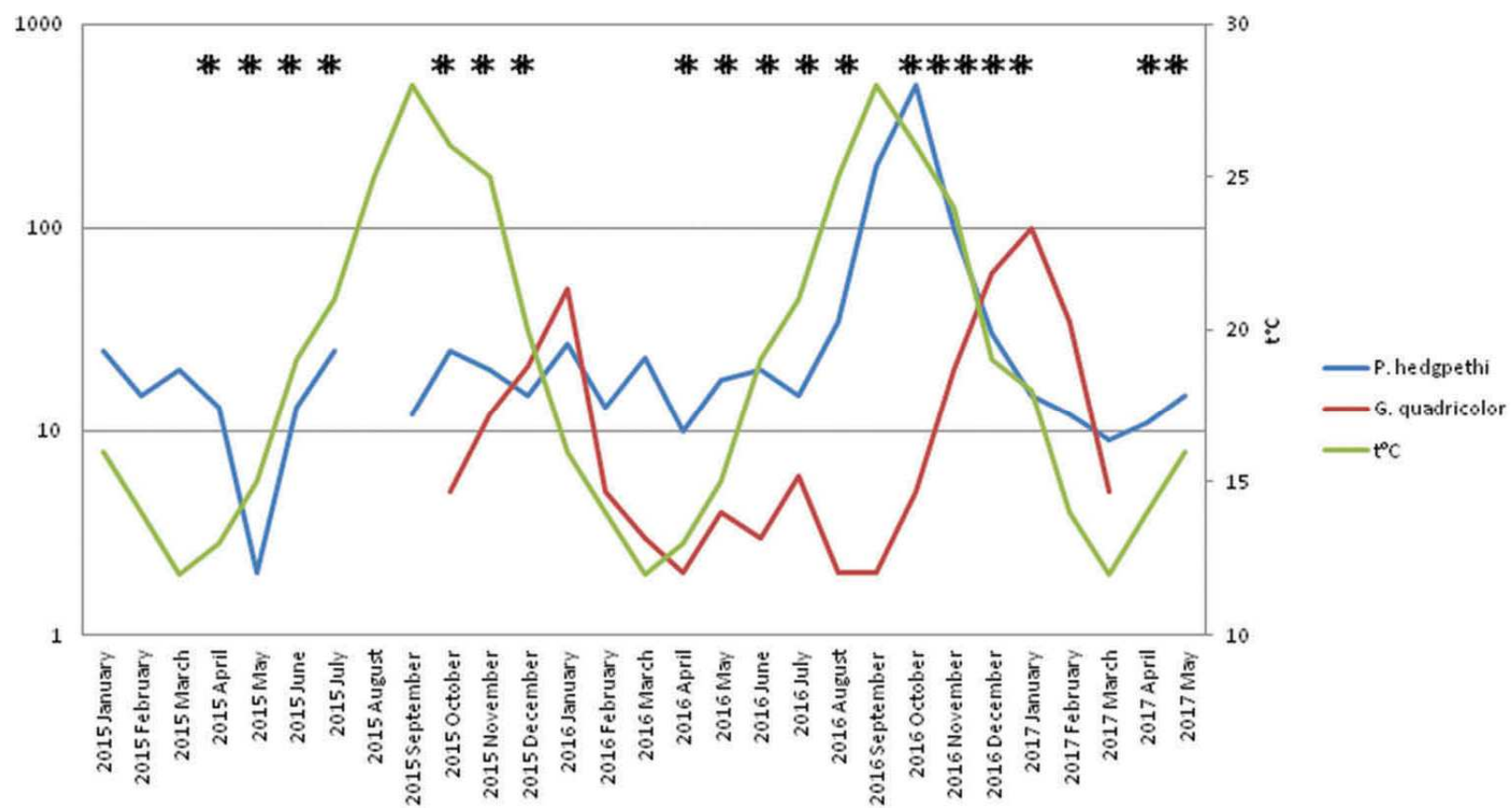


ATTENZIONE!
QUESTO GRAFICO INDUCE IN ERRORE!



Controllo reciproco delle popolazioni predatore-preda





specie generaliste

r-strategie

coarse-grained

Eurivalenti

Alto potenziale
riproduttivo

Bassa fitness

pioniere

specie specializzate

K-strategie

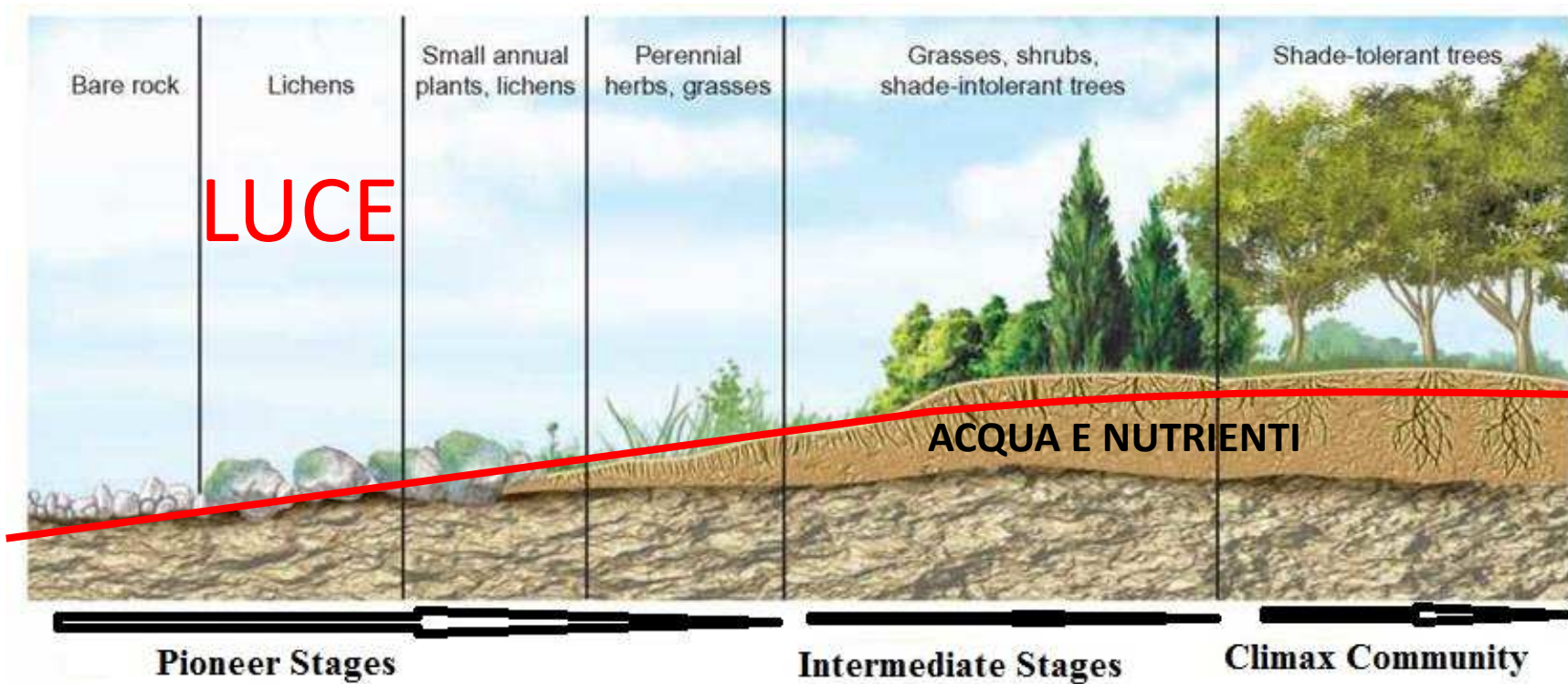
fine-grained

Stenivalenti

Basso potenziale
riproduttivo

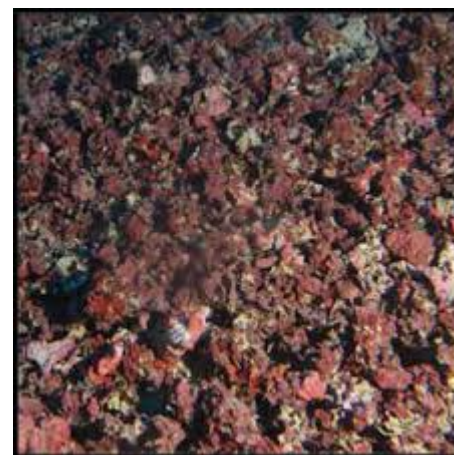
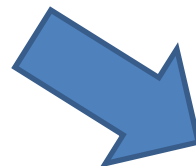
Alta fitness

all'equilibrio





Dai fondi mobili al
coralligeno di
piattaforma



Coralligeno
di falesia

Dai fondi mobili al posidonieto



I facilitatori:
Pinna nobilis



Cymodocea nodosa

