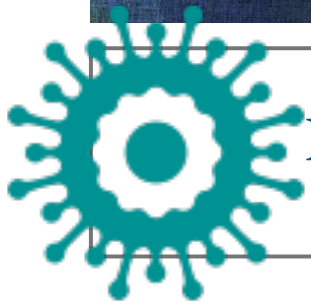


Università degli Studi di Trieste
A.A. 2020-2021

Corso di Studio in
Corso di Studio in Scienze e
Tecnologie Biologiche

III anno – I Semestre

Aula A1 -
Edificio A
M-TEAMS



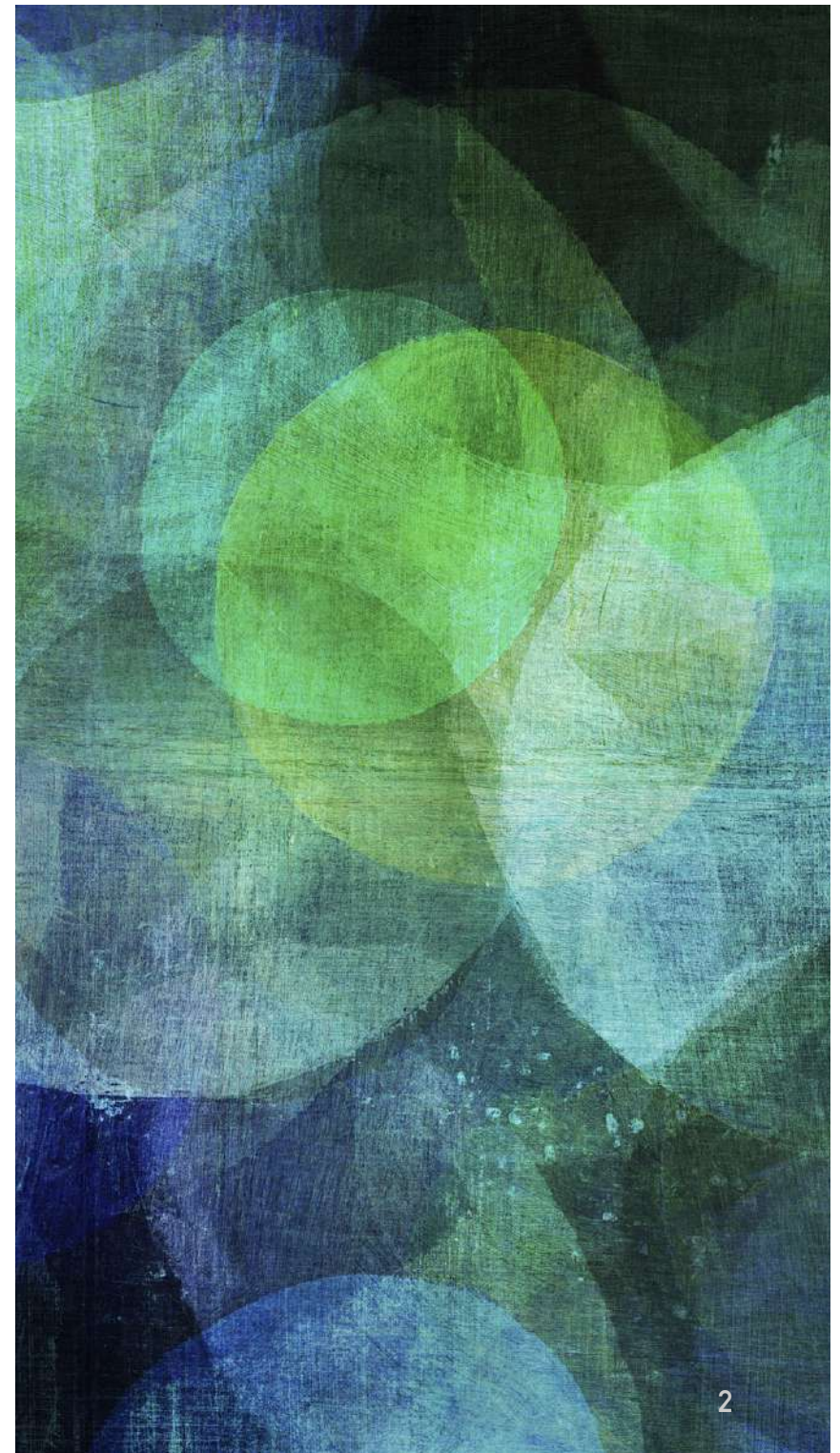
ECOLOGIA
Prof. Monia Renzi (BIO/07)
mrenzi@units.it

(*) Il materiale didattico fornito dal docente può contenere parti o immagini soggette a copyright, la diffusione e/o riproduzione non è autorizzata.

Interazioni con l'ambiente

.. . . .

- ❖ Interazione con i fattori ambientali
- ❖ Fattori limitanti negli ecosistemi
- ❖ Fitness
- ❖ Limiti di tolleranza
- ❖ Legge di tolleranza
- ❖ Corollari della legge di tolleranza
- ❖ Compensazione dei fattori ed ecotipi
- ❖ Acclimatazione
- ❖ Fattori limitanti negli ecosistemi marini
- ❖ Fattori limitanti negli ecosistemi terrestri



RISORSE

Una risorsa è una qualsiasi sostanza, materiale o fonte di energia, necessario alla vita di un organismo.



Radiazione luminosa,
anidride carbonica,
nutrienti, acqua, altri
organismi, spazio



Le risorse possono essere **ESSENZIALI** (senza di esse non è possibile la sopravvivenza) oppure **NON ESSENZIALI** (possono essere sostituite da altra risorsa).

Le risorse comprendono non solo nutrienti per produrre biomassa ma anche altre risorse utili per lo svolgimento delle proprie funzioni vitali (es. luoghi di nidificazione).



INTERAZIONE CON FATTORI AMBIENTALI

Una condizione si può definire come un **fattore ambientale** che varia nello spazio e nel tempo e a cui gli organismi rispondono spesso in modo diverso.

I **fattori ambientali** oltre a variare in funzione dei cambiamenti dell'ambiente fisico (es. stagione) possono essere determinati dalle specie.

Ad esempio la presenza di una foresta cambia l'umidità relativa o la temperatura di una determinata area.

I FATTORI LIMITANTI NEGLI ECOSISTEMI

Il **fattore limitante** è qualsiasi fattore abiotico che, presente al di sopra o al di sotto dei limiti di tolleranza, limita o impedisce la crescita di una popolazione, anche se tutti gli altri fattori sono nelle condizioni ottimali per la specie.

Un principio ecologico legato alla legge di tolleranza è quello del **fattore limitante o «Legge dei minimi» (J. Liebig)**

Legge dei minimi «*In condizioni di equilibrio stazionario, le sostanze essenziali disponibili in quantità vicinissime al minimo necessario tendono a divenire limitanti*»

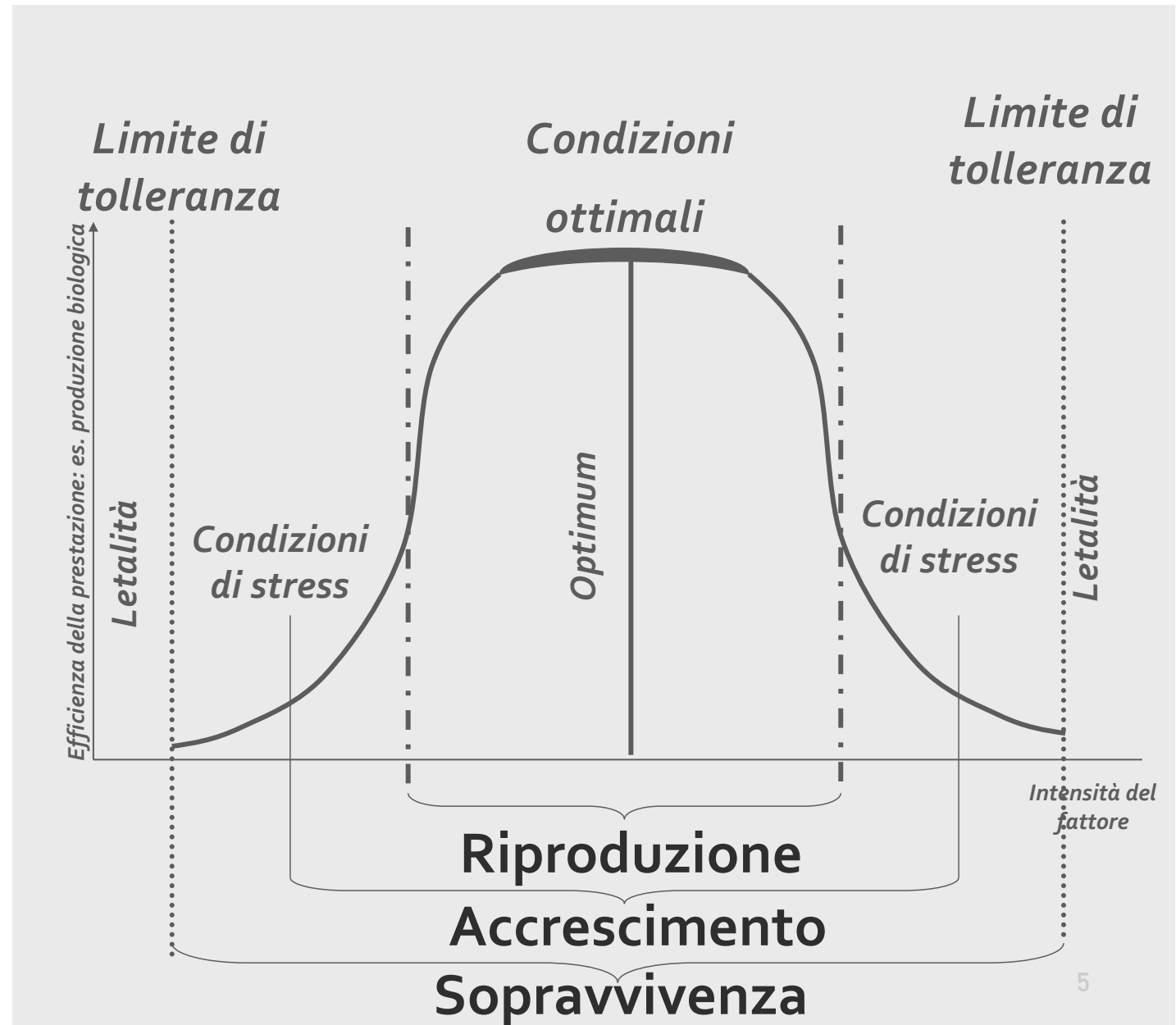
Il concetto è meno applicabile in condizioni di "transizione" quando le quantità, e₄ quindi gli effetti, di molti costituenti cambiano rapidamente.

LIMITI di TOLLERANZA

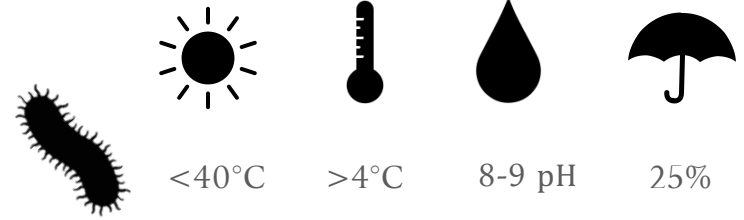
Ogni organismo può compiere le sue funzioni essenziali finché le condizioni esterne sono all'interno di un determinato intervallo di tolleranza (Legge della tolleranza, Shelford, 1913)

La valenza ecologica di un organismo è definita come la capacità di tollerare il mutare delle condizioni ambientali

La variazione dell'ampiezza dello stimolo che un organismo può sopportare è funzione della sua valenza ecologica, se è grande l'organismo è detto "eurivalente" se è ristretta è detto "stenovalente"

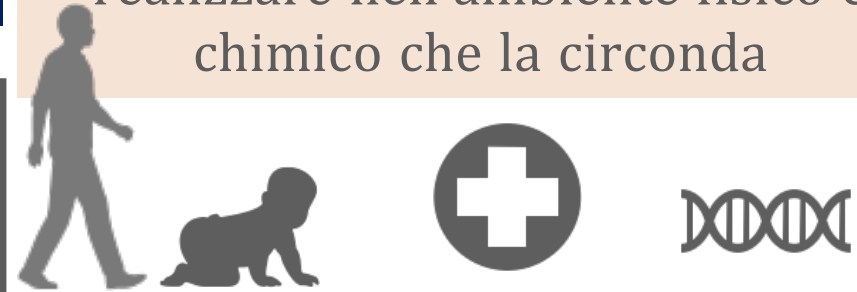
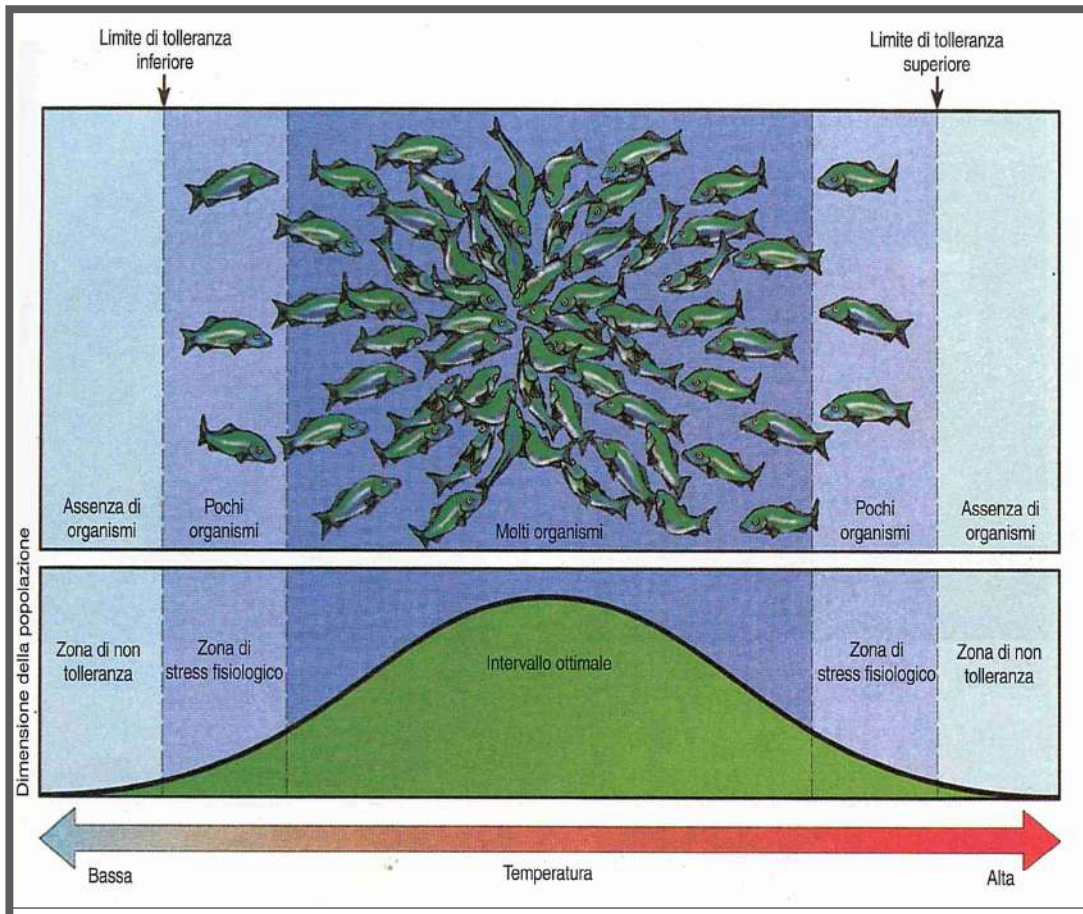


LEGGE DI TOLLERANZA



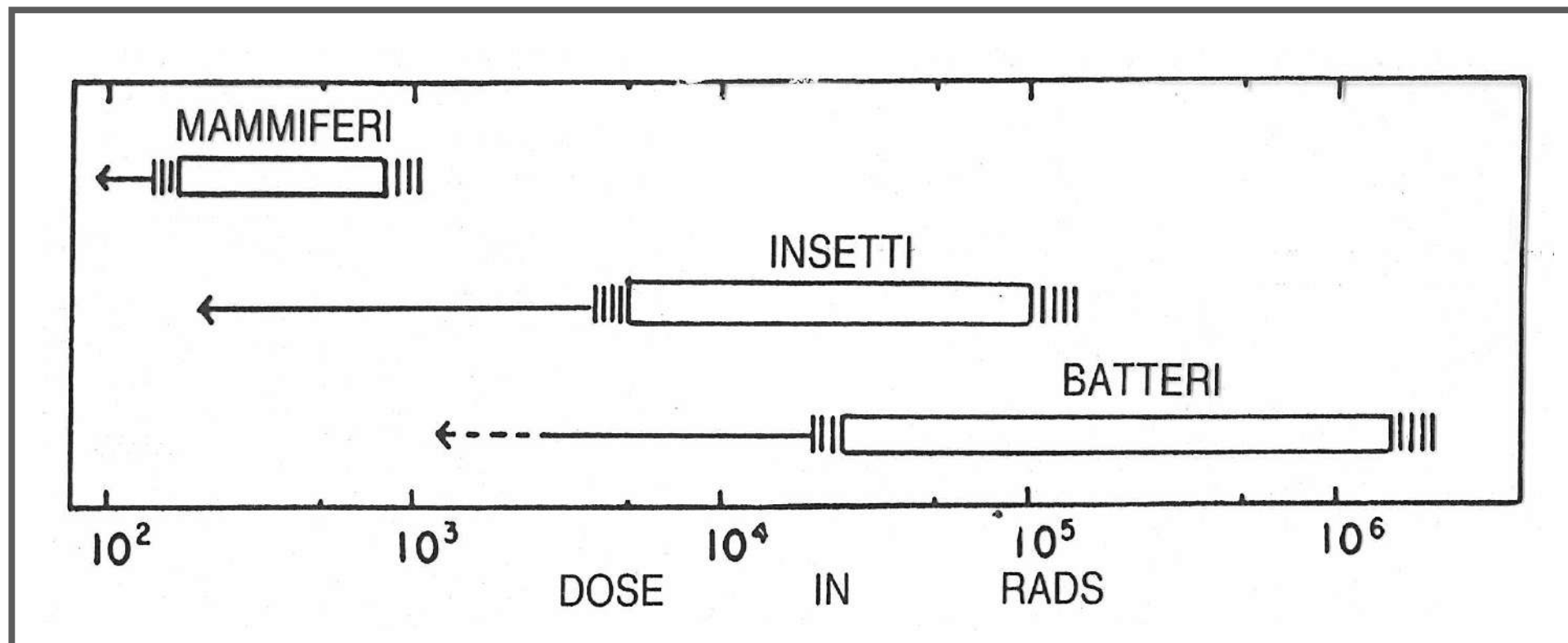
«L'esistenza, l'abbondanza e la distribuzione di una specie in un ecosistema sono determinate dai livelli di uno o più fattori fisici o chimici che cadono all'interno della sua fascia di tolleranza».

Ogni popolazione in un ecosistema presenta dei **limiti di tolleranza** alle variazioni che si possono realizzare nell'ambiente fisico e chimico che la circonda



I limiti di tolleranza possono variare negli individui per differenze di età, stato di salute, patrimonio genetico

Specie con limiti di tolleranza elevati possono vivere in una vasta gamma di habitat

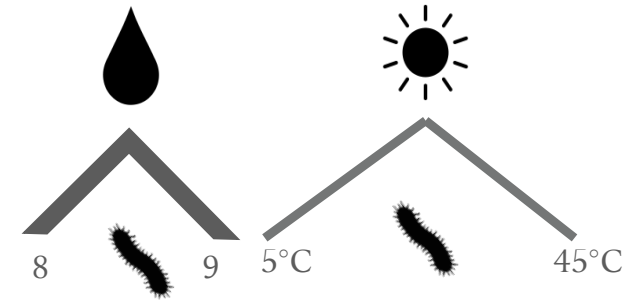


Confronto della sensibilità a singole dosi acute di raggi X o gamma di tre gruppi di organismi.

Alcuni corollari alla "legge" della tolleranza

1

Gli organismi possono avere un ampio intervallo di tolleranza per un fattore e un intervallo più limitato per un altro



2

Gli organismi con ampi intervalli di tolleranza per tutti i fattori sono probabilmente quelli più ampiamente diffusi

3

Se per una specie le condizioni non sono ottimali relativamente ad un fattore, i limiti di tolleranza possono ridursi anche per altri fattori. Se un nutriente nel terreno è in quantità limitante, la resistenza delle piante erbacee alla siccità si riduce

4

Spesso gli organismi in natura non vivono entro l'intervallo ottimale di un certo, fattore fisico. In tali casi si scopre che un altro fattore o altri fattori assumono una importanza maggiore

5

La riproduzione è di solito un periodo critico in cui i fattori ambientali sono limitanti. I limiti di tolleranza di stadi legati alla riproduzione (semi, uova, embrioni, germogli, larve) hanno limiti più ristretti di piante e animali in fase adulta

FITNESS

Si definisce **fitness**, il grado di affinità che un organismo manifesta nei confronti del suo ambiente

La fitness è il risultato del livello di tolleranza rispetto ad una serie complessa di multifattori diversi



pH, temperatura, salinità

L'efficienza della crescita aumenta all'aumentare delle variabili fino ad un valore ottimale, ulteriori incrementi determinano una diminuzione dell'efficienza

Esiste anche un livello massimo di tolleranza

Risposte degli organismi



Elementi nutritivi per le piante

L'efficienza della crescita aumenta all'aumentare della disponibilità dei nutrienti fino al raggiungimento del livello di saturazione oltre al quale la crescita non aumenta ulteriormente

Un fattore è limitante se presente a livelli bassi

La valenza ecologica condiziona la capacità di sopravvivenza degli organismi. Quelli con valenza ecologica elevata possono colonizzare ampi areali mentre quelli con valenza ecologica limitata possono sopravvivere in areali a condizioni più stabili

La valenza ecologica ampia è associata a scarsa differenziazione mentre una valenza ecologica piccola è associata ad una forte specializzazione nello sfruttamento delle risorse locali.

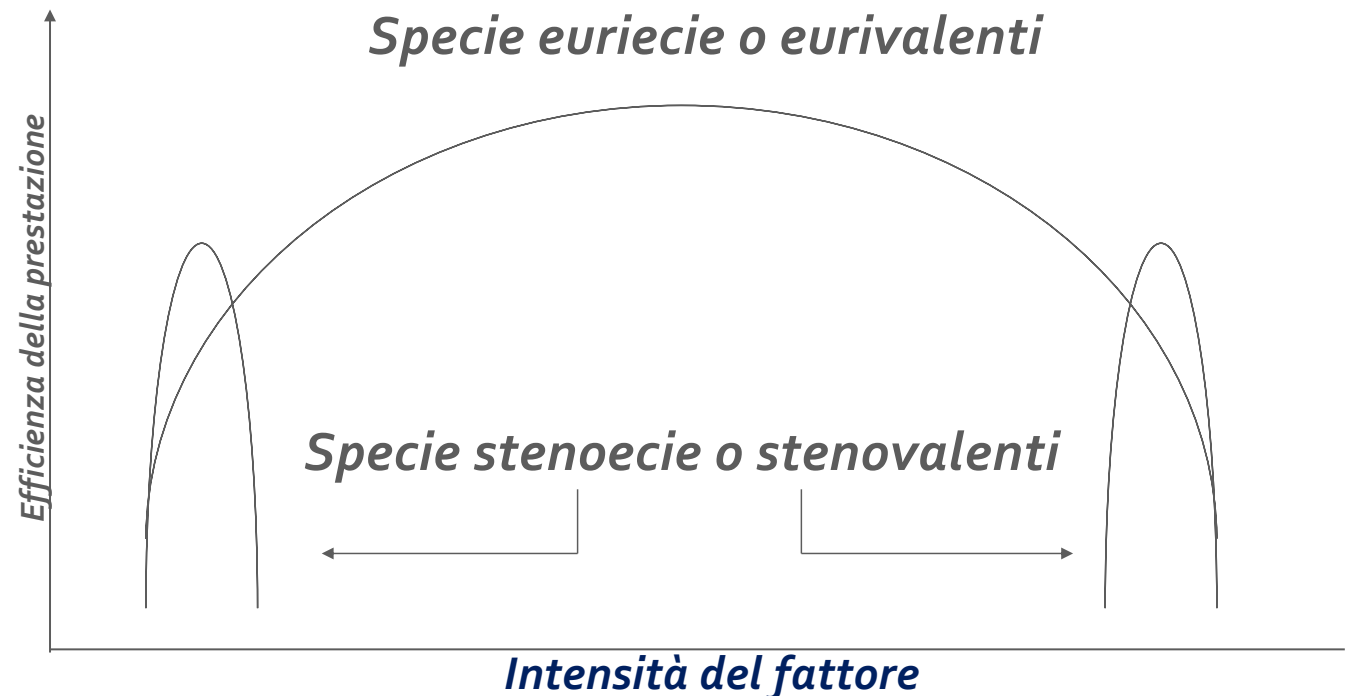
La valenza ecologica è variabile specifica. Una specie può avere ampia valenza per una variabile e valenza ristretta per un'altra.

Le specie con valenza ecologica modesta sono le specie più sensibili ai cambiamenti ambientali.

Limiti di tolleranza nel pesce

Specie antartica Chionodraco hamatus -1,8°C // + 1,8°C con optimum a 0°C

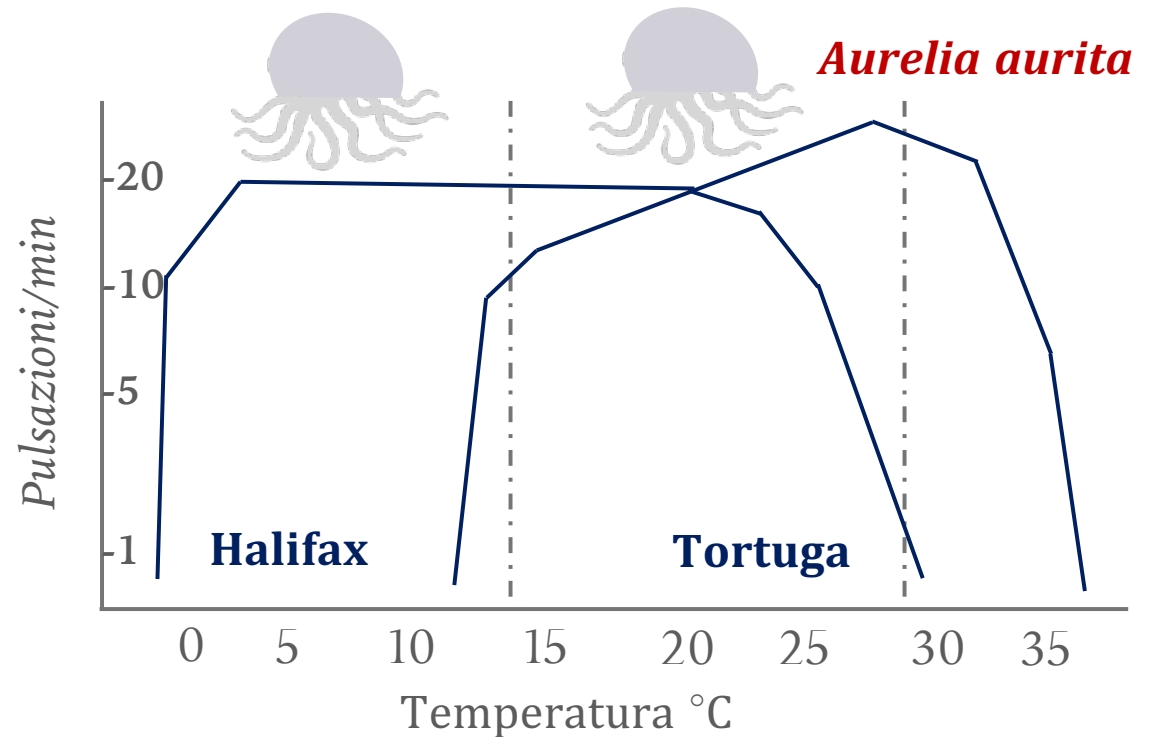
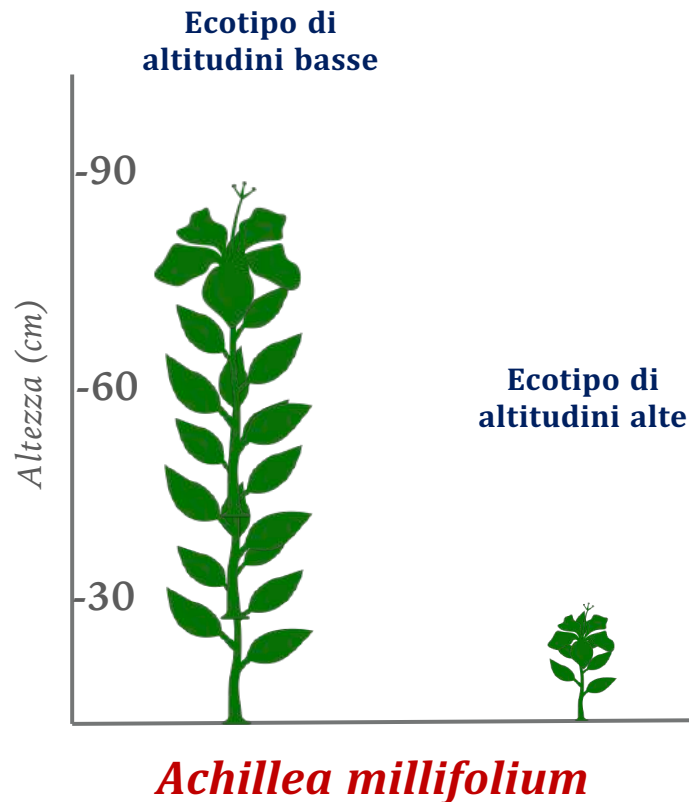
Comune pesce rosso Carassius auratus 2°C // 38°C con optimum a 20°C



Le due specie stenoecie presentano diverso optimum di sopravvivenza

COMPENSAZIONE DEI FATTORI ED ECOTIPI

Le specie con grandi areali di distribuzione sviluppano razze geografiche adattate localmente (sottopopolazioni o ecotipi) con valori ottimali di crescita e i limiti di tolleranza adattati alle condizioni locali



Popolazioni diverse di *A. aurita* sono acclimate a nuotare allo stesso tasso di pulsazioni (Bullock, 1955)

Incrociando questi individui è possibile capire se la compensazione dei fattori lungo un gradiente di condizioni abbia portato a fissazione genetica o sia dovuta ad acclimatamento

I semi della stessa specie provenienti da alte e basse latitudini mantengono il fenotipo originario, le due varietà sono quindi ecotipi (Clausen et al., 1948)

ACCLIMATAZIONE

Alcune specie possono adattarsi a cambiamenti nei fattori fisici (es. temperatura) se questi avvengono in maniera graduale, proprio come noi possiamo tollerare un bagno bollente aggiungendo pian piano acqua sempre più calda.

L'acclimatazione ha dei limiti e via via che si modificano le condizioni la specie si avvicina sempre più al suo limite assoluto.

All'improvviso il successivo piccolo cambiamento da l'avvio ad un effetto **soglia** (o **limite**), una reazione dannosa o perfino fatale quando il limite di tolleranza è superato, come accade quando si aggiunge la proverbiale singola goccia che fa traboccare il vaso.

L'**effetto soglia** spiega perché molti problemi ambientali sembrano sorgere improvvisamente e perché prevenire l'inquinamento in modo da non superare i limiti di tolleranza.

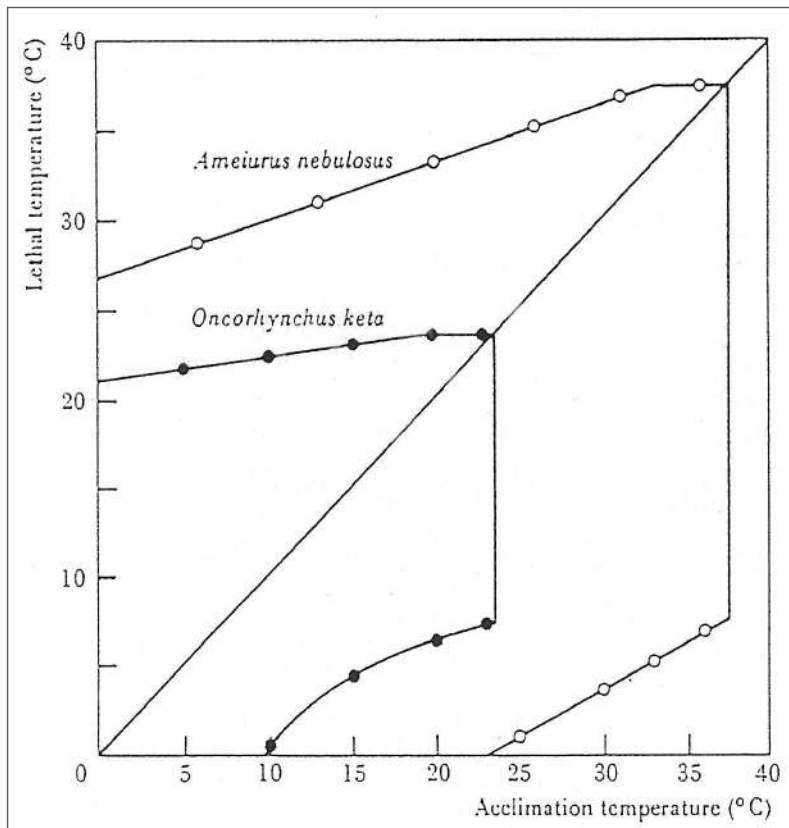


Conoscete il «Principio della rana bollita» del filosofo americano Noam Chomsky

Bloom et al (1985) hanno dimostrato che le piante sono capaci di regolare la richiesta di risorse dei vari fattori

Questo adattamento a nuove condizioni che cambiano lentamente, o **acclimatazione**, è un utile espediente protettivo.

La "Physiological Ecology" si basa sulla valutazione della **tolleranza** di un organismo ad un intervallo di fattori ambientali. La tolleranza può variare in funzione di vari fattori, come ad esempio l'**acclimatazione**.



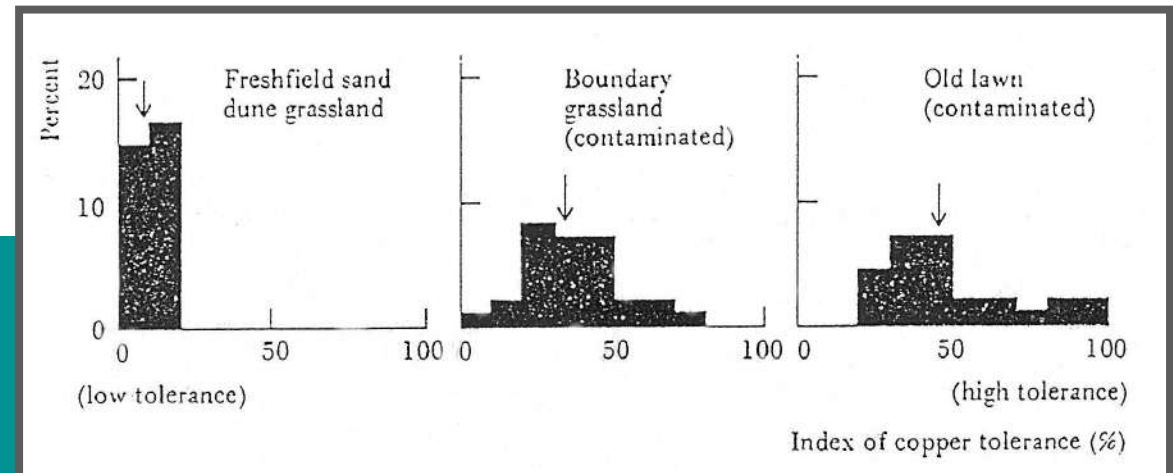
Relazioni tra le temperature letali di due specie ittiche

L'Ameiurus nebulosus è una specie ampiamente tollerante al contrario dell' *Oncorhynchus keta*

L'area racchiusa dal trapezio individua la zona di tolleranza (Brett, 1956.)

La tolleranza di un organismo può variare in seguito a processi di **selezione naturale**

Tolleranza al rame in tre popolazioni di erba *Agrostis stolonifera* in aree di estrazione del rame (Inghilterra)



La freccia indica il valore medio. Il primo a sinistra è ambiente di controllo (non contaminato). Il sito centrale ha 4 anni di età, il sito di destra 70 anni (Wu et al., 1975.)

I PRINCIPALI FATTORI LIMITANTI IN ECOSISTEMI TERRESTRI



Temperatura



Acqua



Luce

Nutrienti suolo

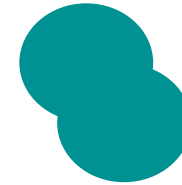
I PRINCIPALI FATTORI LIMITANTI IN ECOSISTEMI ACQUATICI



Temperatura



Luce



O₂

Nutrienti soluzione



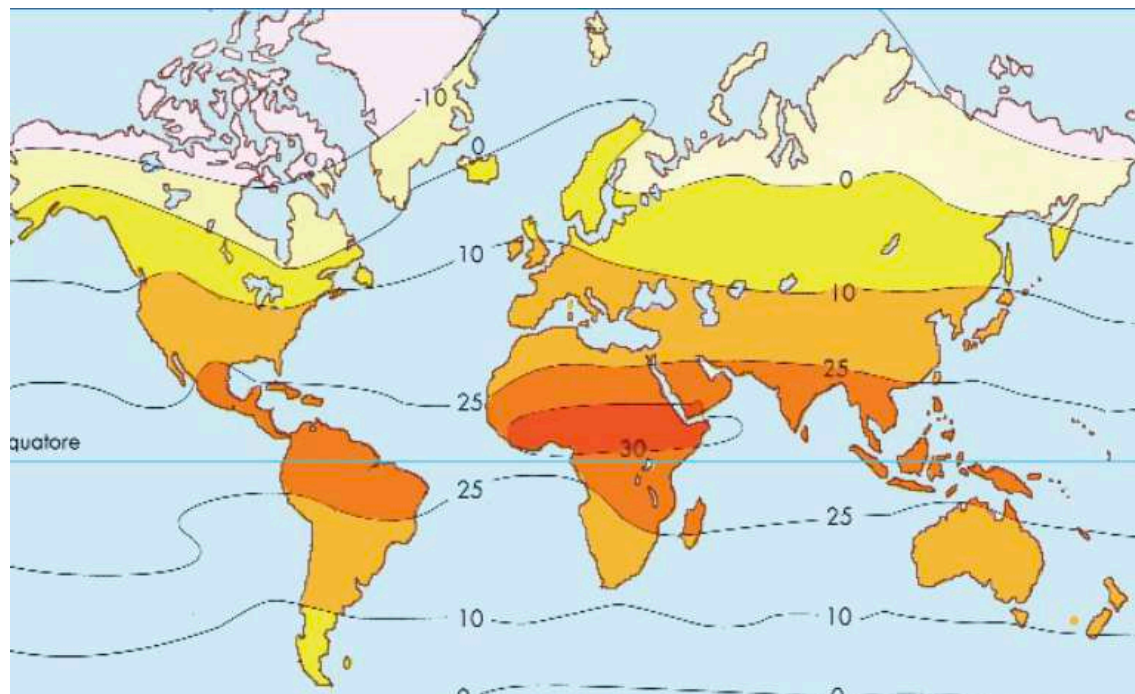
Salinità

La **salinità**, la concentrazione dei sali disciolti in un dato volume di acqua, condiziona la composizione delle comunità nei vari ecosistemi acquatici

TEMPERATURA

La temperatura sulla Terra varia in base a numerosi fattori:

- latitudine e stagionalità interferiscono su larga scala;
- altitudine (diminuzione di $0,6-1^{\circ}\text{C}$ ogni 100 m di altezza);
- continentalità (legata alla mitigazione termica delle acque marine che disperdono più lentamente il calore delle terre emerse);
- microclima.

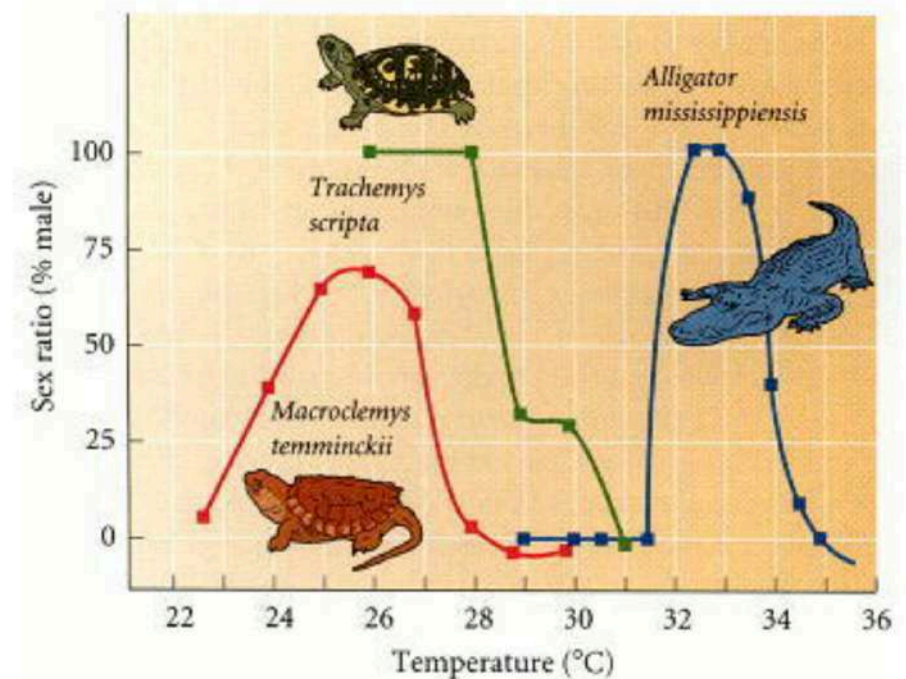


EFFETTO DELLA TEMPERATURA

La temperatura influenza la distribuzione degli organismi sulla Terra, ad esempio la distribuzione del cirripede *Semibalanus balanoides* è limitata a Sud dall'isoterma degli 8°C in inverno.

La temperatura esterna può influenzare anche l'accrescimento degli organismi.

La temperatura innesca le fasi di sviluppo degli organismi servendo da stimolo per innescare la germinazione delle piante.



EFFETTO DELLA TEMPERATURA



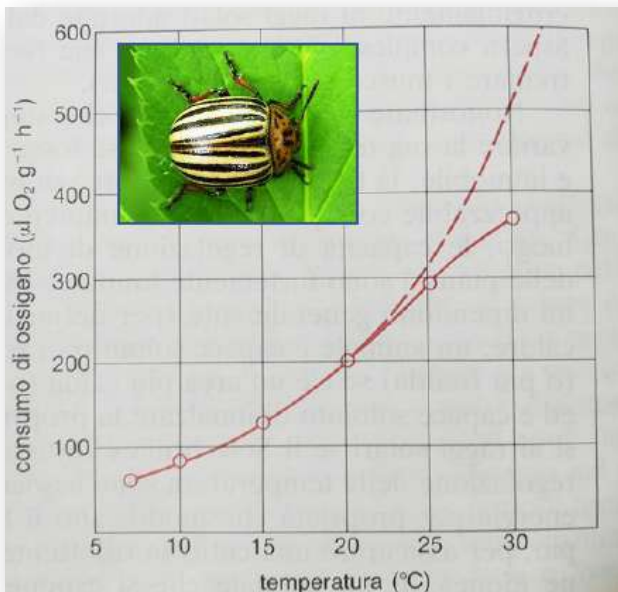
Uno degli effetti più importanti della temperatura si realizza a carico del metabolismo in particolare degli organismi ectotermi.

Il Q10 esprime l'effetto della temperatura sul metabolismo animale ed è espresso come:

$$k_{t_x} / k_{t_{10}}$$

k_{t_x} = Costante della velocità di reazione alla temperatura x ;

$k_{t_{10}}$ = costante di velocità di reazione alla temperatura di 10 °C



Attività metabolica della dorifora della patata (*Leptinotarsa decemlineata*) espressa come consumo orario di O₂ in funzione della temperatura.

Il coefficiente Q10 è 2,5 e implica che per ogni incremento di 10°C il consumo di ossigeno è 2,5 volte più veloce.

In base alla capacità di regolare la temperatura corporea gli organismi sono classificati come:

Endotermi, regolano la temperatura producendo calore all'interno del corpo

Ectotermi, regolano la temperatura ricorrendo a sorgenti di calore esterne.

Precedentemente si parlava di omeotermi (a temperatura costante) e pecilotermi (a temperatura variabile).

EFFETTO DELLA TEMPERATURA

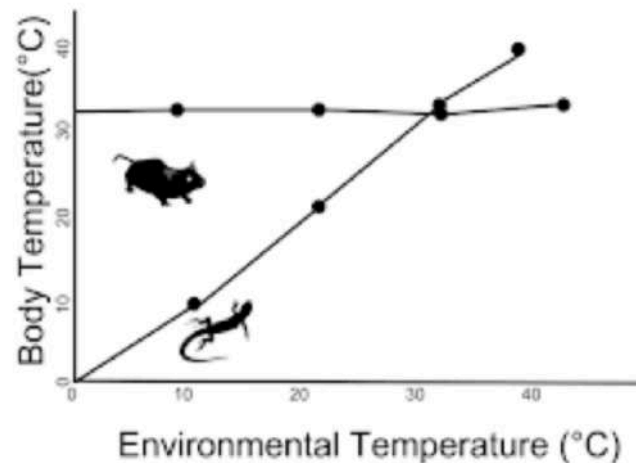
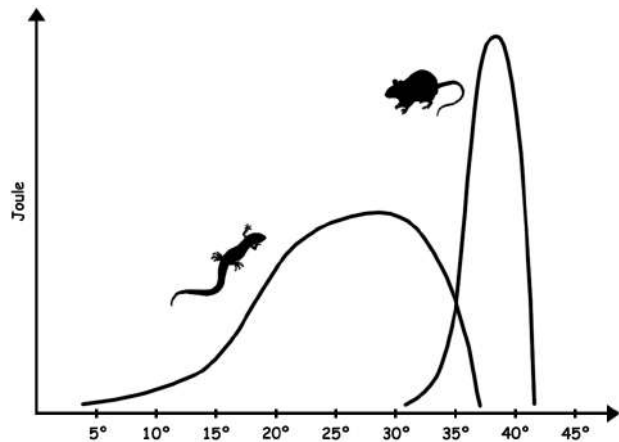


In base alla capacità di regolare la temperatura corporea gli organismi sono classificati come:

Endotermi, regolano la temperatura producendo calore all'interno del corpo

Ectotermi, regolano la temperatura ricorrendo a sorgenti di calore esterne.

Precedentemente si parlava di omeotermi (a temperatura costante) e pecilotermi (a temperatura variabile).



Negli endotermi la temperatura è regolata dall'ipotalamo (35-40°C). Tendono a cedere calore all'ambiente; pelliccia, grasso sottocutaneo, circolazione superficiale e piumaggio, ostacolano la dispersione di calore. L'abbassamento della temperatura corporea avviene per sudorazione, respirazione, comportamento.

https://commons.wikimedia.org/wiki/User:Petter_Bockman

VANTAGGI E SVANTAGGI

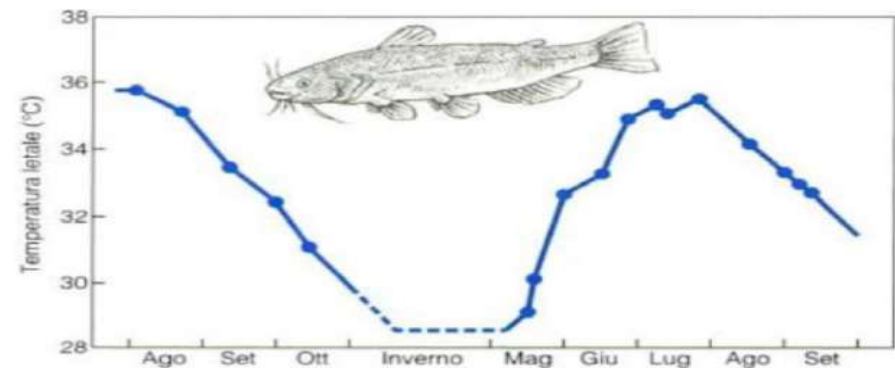
Endotermia

- ✓ Maggiore velocità metabolica
- ✓ Minore dipendenza dalle temperature estreme (capacità di colonizzare ambienti più freddi)
- ✓ Maggiore rendimento fisico (resistenza)
- Elevata necessità di cibo con scarsa resistenza al digiuno
- Minore durata media della vita

Ectotermia

- ✓ Bassa richiesta energetica a livello metabolico
- ✓ Resistenza a lunghi periodi di digiuno
- ✓ Maggiore durata della vita media
- Vulnerabilità alle variazioni di temperatura
- Incapacità di vivere in ambienti freddi
- Minore resistenza fisica

Negli organismi Ectotermi, la risposta alla temperatura non è fissa ma varia in funzione della temperatura alla quale l'organismo è stato esposto in precedenza a seguito del fenomeno di Acclimatazione che modifica le risposte metaboliche in relazione alle variazioni termiche entro una soglia di tolleranza.



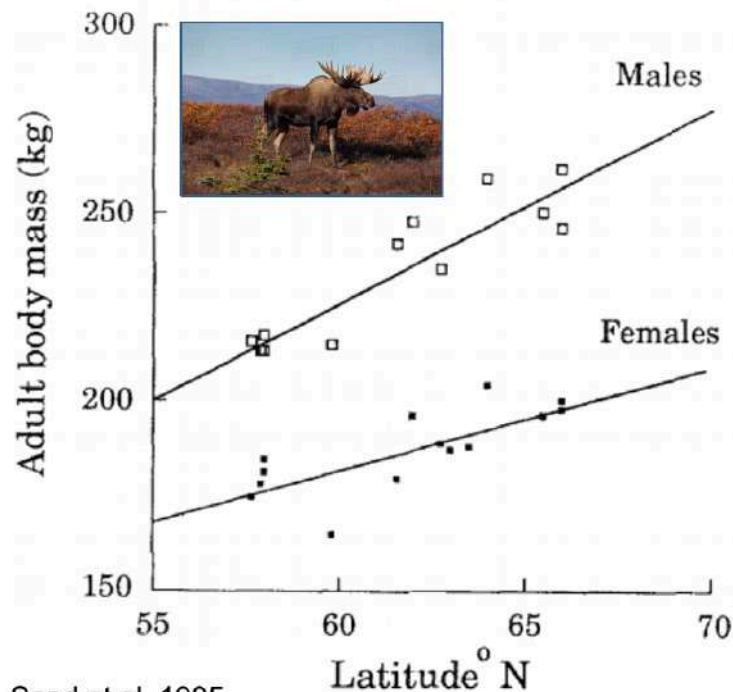
Il limite superiore di temperatura letale per il pesce gatto durante l'anno. Cambiamenti repentini una volta che l'organismo si è acclimatato possono essere letali.

Regola di BERGMANN

In ambienti freddi la massa corporea degli individui tende ad essere maggiore.

L'aumento delle dimensioni permette di diminuire il rapporto superficie volume e di disperdere meno calore.

La regola, con molte eccezioni dovute all'effetto delle pressioni selettive, vale soprattutto per gli endotermi.



Sand et al. 1995

Regola di ALLEN

Gli organismi endotermi tendono a ridurre le dimensioni delle appendici corporee e degli arti e ad assumere forme più rotonde in aree fredde rispetto alle aree calde.

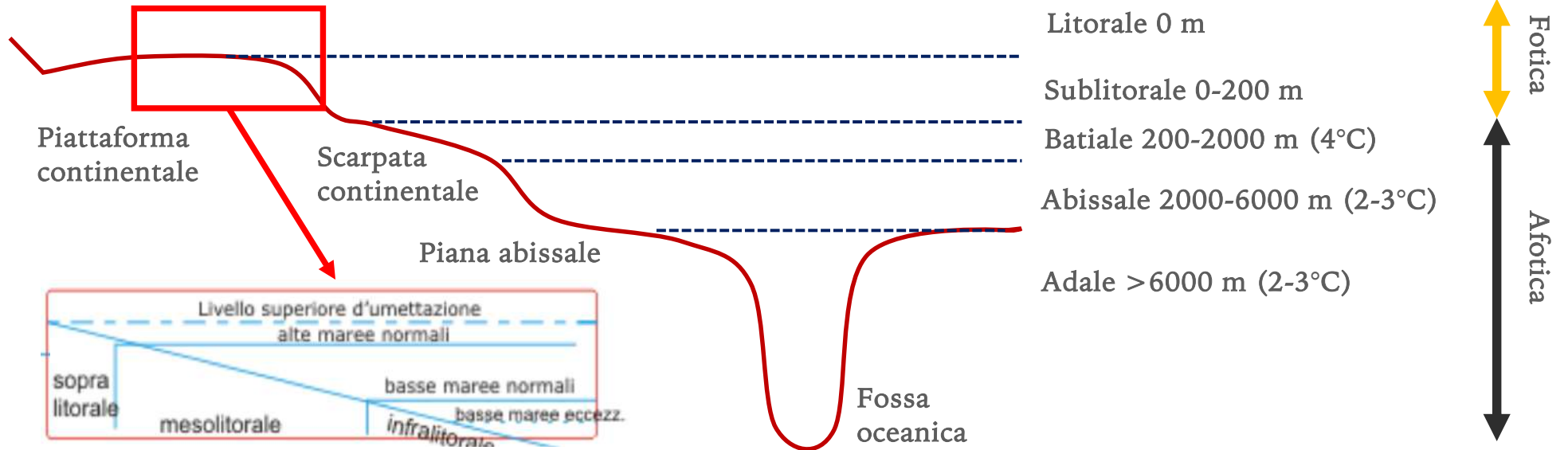


	Kaiser-Pinguin	Magellan-Pinguin	Galápagos-Pinguin
Größe	120 cm	70 cm	50 cm
Gewicht	40 kg	5 kg	2 kg
Lebensraum	Antarktis	Küste Argentinien	Galápagos-Inseln
Jahresdurchschnittstemperatur	-19° C	8° C	24° C



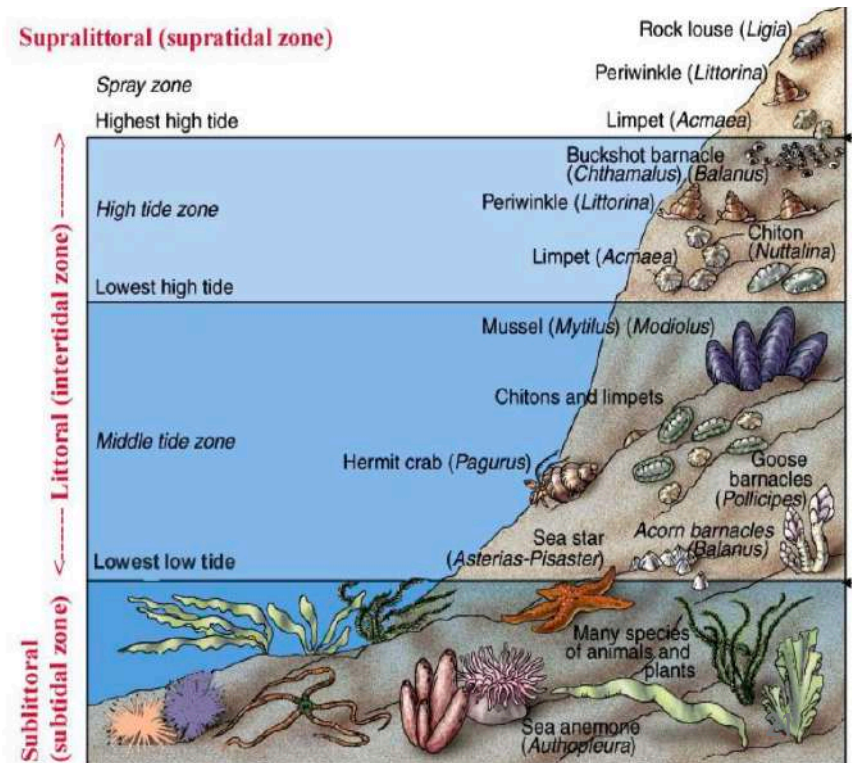
Il rapporto superficie/volume diminuisce nelle aree fredde per aumentare la capacità di trattenere calore.

ZONAZIONE MARINA



I fattori ambientali temperatura, pressione, penetrazione della luce e disturbo variano gradualmente dalla superficie al fondo degli oceani.

Questo crea le condizioni per una distribuzione delle specie in zone distinte.



Temperature estreme: termofilia e termotolleranza

I termofili sono divisi in tre gruppi distinti:

- Moderatamente termofili (*optimum* 50-60 °C)
- Termofili (*optimum* >70 °C)
- Ipertermofili (*optimum* >80 °C).

Tra gli ipertermofili molti sono archeobatteri. I batteri (eubatteri) sono relativamente meno adattati alle alte temperature, essendo 95 °C la massima temperatura di crescita nota per questi procarioti.

Esempi sono i batteri termofili dei generi *Bacillus*, *Clostridium*, *Thiobacillus* e *Thermus* e tra i batteri fototrofici (come cianobatteri, batteri porpora o verdi).

Nel 1969 il microbiologo Thomas Brock ha isolato, da una sorgente termale (Mushroom Spring) nello **Yellowstone National Park** (Stati Uniti), un batterio da lui nominato *Thermus aquaticus*, in grado di crescere intorno ai 100 °C, dimostrando l'esistenza di organismi ipertermofili.



Problematiche principali delle alte temperature:

- Denaturazione proteica
- Minore stabilità di legame delle strutture molecolari
- Perdita di stabilità delle membrane
- Disidratazione

60°C massima temperatura nota per eucarioti (funghi, alghe e protozoi).

L'alga acidofila (considerata un'alga rossa) eucariotica *Cyanidium caldarium* ha un *optimum* di crescita a 45 °C e un massimo a 57 °C (Amaral Zettler, Gómez, Zettler et al. 2002).

Il verme polichete *Alvinella pompeiana* vive in vicinanza di sorgenti idrotermali in acque oceaniche profonde con temperature medie di 68 °C e picchi di 81 °C.

I muschi possono crescere fino a 50 °C, la piante vascolari fino a 48 °C, i pesci fino a 40 °C (Bethgebild, Mancinelli 2001)

Temperature estreme: psicrofilia e psicrotolleranza

Ambienti a bassa temperatura:

- Acque oceaniche <1000 m (4 °C)
- Alte quote >3000 m (<5 °C, diminuiscono con l'aumento della quota fino a -40 °C).
- Acque antartiche sono permanentemente a -2 °C.
- Calotte polari.

La minima temperatura a cui sia stata rilevata attività metabolica cellulare è -20 °C (popolazioni batteriche del *permafrost* siberiano (Rivkina, Friedmann, McKay, Gilichinsky 2000)).

Sono *psicrofili* (evoluti in habitat freddi) i microrganismi in grado di crescere a bassa temperatura, talvolta <0 °C e che non crescono >15 °C

Sono *psicrotolleranti* (evoluti in habitat freddi ma con ampie escursioni termiche) quelli con optimum >15 °C ma che crescono anche a bassa temperatura. Sfruttano i periodi favorevoli per crescere in modo più abbondante.



Nelle acque in Antartide la temperatura è prossima a -2°C. Alcune specie come la nota Ice Fish hanno evoluto sangue trasparente privo di emoglobina, ma che contiene sostanze che prevengono il congelamento.

Il *Phoma herbarum*, un microfungo antartico, produce esopolisaccaridi che prevengono i danni dovuti ai cicli di congelamento e scongelamento che subisce nel suolo.

Temperature estreme: psicrofilia e psicrotolleranza

Problematiche principali delle basse temperature:

- Denaturazione proteica
- Congelamento del citoplasma cellulare
- Rottura delle membrane

- Alle basse temperature le proteine divengono più rigide e la maggiore flessibilità richiesta è ottenuta con un numero minore di interazioni nelle strutture molecolari; lo stesso sembra avvenire nella tubulina, molecola fondamentale nei movimenti degli organuli cellulari (Rothschild, Mancinelli 2001).
- Geni essenziali per la sopravvivenza a basse temperature
- Nei funghi sono noti zuccheri, come il trealosio, legati alla resistenza al freddo.

Forme di adattamento:

- Produzione di esopolisaccaridi (mantengono intorno a loro un ambiente liquido, seppure per uno strato di pochi nanometri)
- % acidi grassi insaturi che rendono le membrane fosfolipidiche più fluide a bassa temperatura
- proteine antigelo che consentono l'isteresi (abbassamento della temperatura di congelamento di almeno 18 °C)
- Formazione di ghiaccio all'esterno delle cellule protegge le cellule stesse dal congelamento della parte interna (rettili e anfibi).
- Aumentata complementarità degli enzimi con il substrato per compensare l'effetto sull'energia di attivazione

Pressione: barofilia e barotolleranza

La pressione atmosferica a livello del mare è 1 atmosfera (760 mm Hg, 1,013 bar o 101 kPa).

La pressione idrostatica aumenta di circa 10 kPa/m di profondità (1 atm/10 m circa)

La pressione litostatica aumenta di 22,6 kPa/m.

Dai fanghi della Fossa delle Marianne sono stati isolati migliaia di microrganismi; alcuni di questi non sono in grado di crescere a pressioni inferiori ai 50MPa. Molti ipertermofili, isolati da sorgenti termali nelle profondità oceaniche, come, per es., *Thermococcus profundus* e *Pyrococcus horikoshii*, sono anche barofili.

A una profondità di mezzo chilometro troviamo ancora fino a 10 milioni di microrganismi /cm³ principalmente chemiolitotrofi.

Bacillus infernus, un batterio anaerobio, è stato isolato per la prima volta a 2700 m di profondità in Virginia (Cockell 2003).

Alcune stime indicano che la biomassa esistente ad alta profondità rappresenta circa 1/10 della biomassa totale di superficie.

È possibile trovare vita alle massime profondità oceaniche, fino a quasi 11 km (110 MPa), e fino ad almeno 3,5 km nella profondità della Terra.

Sono *barofili* e *barotolleranti* gli organismi in grado di crescere a pressioni elevate.

Principali problematiche:

- La pressione diminuisce la fluidità delle membrane.
- Danneggia il DNA e le proteine
- Denaturazione delle macromolecole biologiche (inizia a 400 ÷ 500 MPa)

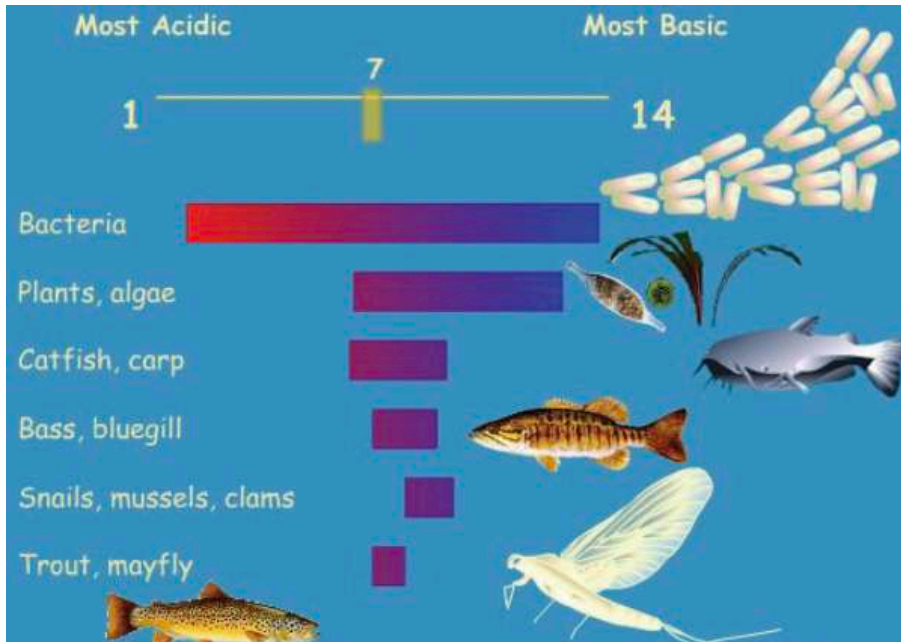
Adattamenti:

- Aumento della % acidi grassi insaturi.
- Enzimi stabili ad alta pressione, detti piezostabili
- Meccanismi di protezione e riparazione del DNA.

Paradossalmente l'alta pressione dei fondali oceanici favorisce la vita ad alta temperatura nelle sorgenti termali. Infatti, mentre l'aumento della temperatura aumenta l'instabilità delle molecole e la fluidità delle membrane cellulari, l'alta pressione ha un effetto opposto.

pH: acidofili, alcalofili, acidotolleranti e alcalotolleranti

La vita solitamente si sviluppa in condizioni prossime alla neutralità: intorno a pH 7, per es. l'acqua degli oceani è a pH 8,2.



Le piante vivono in condizioni di pH neutro e tollerano variazioni molto ristrette.

Il primo organismo riconosciuto come acidofilo, l'alga rossa già citata tra i termofili, *Cyanidium caldarium*, è eucariotico, può crescere a pH 0,5 e ha un optimum di crescita a pH compreso tra 2 e 3 ed è cosmopolita, ovunque ci siano acque o fanghi acidi.

Sono *acidofili* ($pH < 4$) e *acidotolleranti* gli organismi che vivono in condizioni di elevata acidità.

Sono *alcalofili* ($pH > 9$) e *alcalotolleranti* gli organismi che vivono in condizioni di elevata alcalinità.

Principali problematiche:

- Denaturazione proteica
- Modificazione della disponibilità di nutrienti
- In mare la diminuzione del pH determina dissoluzione delle strutture calcaree.

Adattamenti:

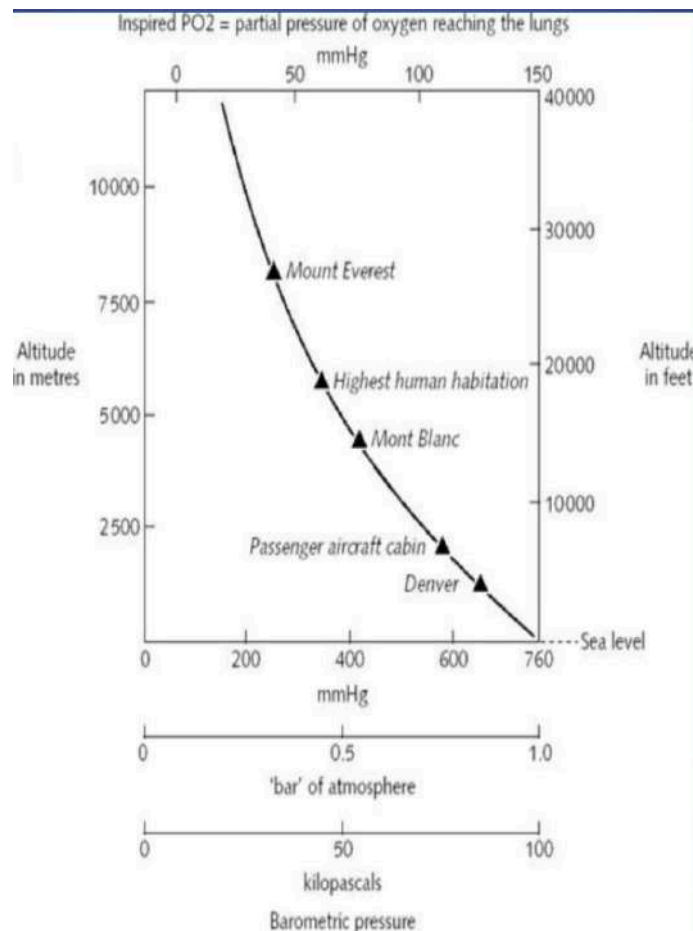
- Per mantenere il pH cellulare vicino alla neutralità sono necessari sofisticati meccanismi di espulsione dei protoni verso l'esterno, che permettono di mantenere il pH interno al di sopra di 4.
- I microrganismi alcalofili mantengono il citoplasma a un pH idoneo, grazie a un contenuto intracellulare di ioni sodio che vengono scambiati con ioni idrogeno.

OSSIGENO: Aerobi, anaerobi, aerotolleranti

L'ossigeno è fondamentale per tutti gli organismi (tranne per alcuni procarioti).

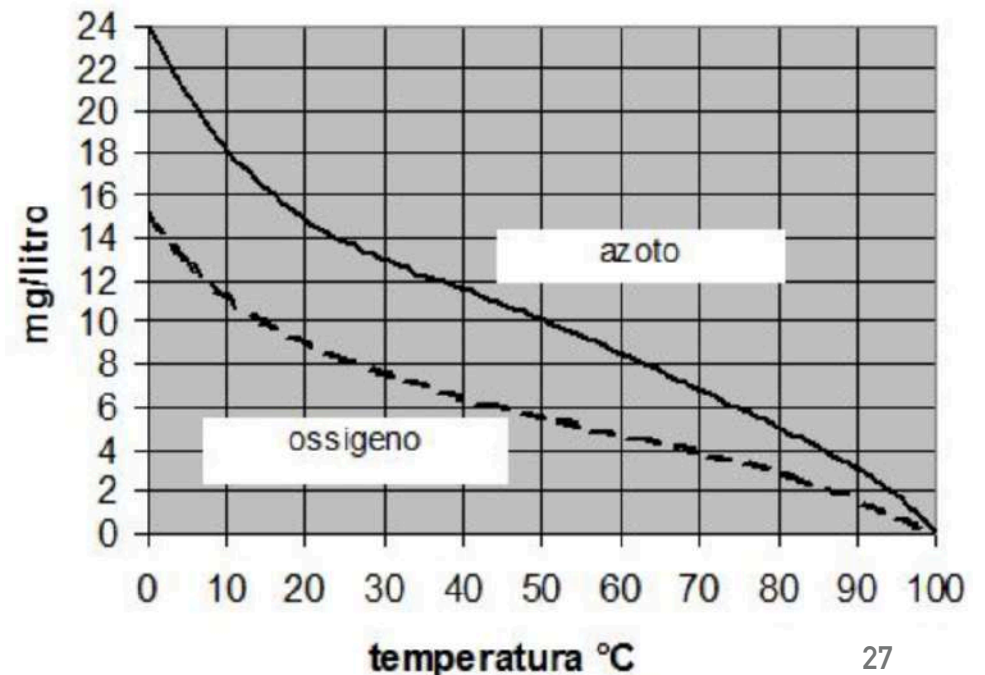
È alla base del processo di respirazione cellulare aerobica fondamentale per la produzione di energia da ossidazione di zuccheri o sostanza organica.

Negli ecosistemi acquatici l'ossigeno disciolto varia con la temperatura, con la profondità, con il carico organico presente.



L'ossigeno diminuisce ad altitudini elevate per effetto della rarefazione

Solubilità di ossigeno ed azoto dell'aria in acqua pura a 760 mmHg (tenuto conto della pressione parziale dell'ossigeno di ca. 0,2 atm e dell'azoto di ca. 0,8 atm)



Salinità: Alofili e alotolleranti

Molti eucarioti, i batteri e gli archeobatteri, con un'ampia diversità di tipi metabolici sono alofili (Oren 2002).

Le concentrazioni saline solitamente tollerate dalle cellule sono abbastanza basse, inferiori allo 0,5% (5 g/l), dato che alte concentrazioni saline alterano la pressione osmotica delle cellule, la conformazione delle macromolecole e la formazione dei complessi macromolecolari

Nelle acque ipersaline si possono trovare diatomee e molti eucarioti flagellati.

Le alghe verdi del genere *Dunaliella* (*Dunaliella salina*, *Dunaliella parva* e *Dunaliella viridis*) vivono ovunque il contenuto di cloruro di sodio si trovi tra il 6 e il 20%.

Nel 1980 il microbiologo Anthony Walsby raccolse campioni dalle pozze di acqua salata nel Sud del Sinai, dove i beduini raccolgono il sale asciugato al sole.

L'analisi microscopica di questi campioni rivelò la presenza di strani microrganismi dalla forma quadrata, piuttosto che rotondeggiante, per i quali Walsby propose il nome ***Quadra fausta*, ma che sono conosciuti tra gli specialisti come batteri quadrati di Walsby.**

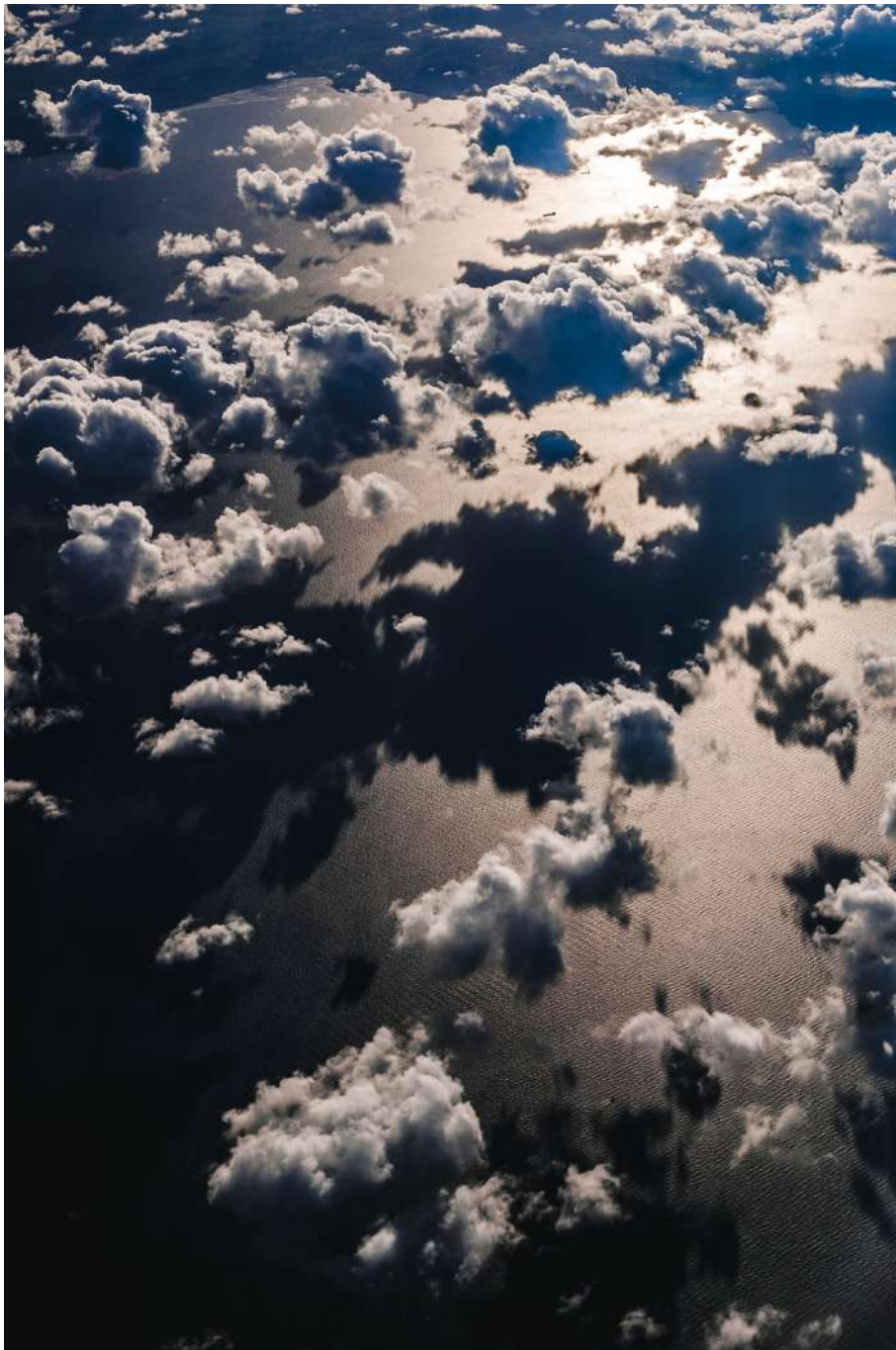
Sono *alofili* (richiedono 1-20%) e *alotolleranti* gli organismi in grado di tollerare tali livelli.

Molti animali marini sono isotonici con l'ambiente, nei pesci di acqua dolce l'acqua in eccesso viene escretata.

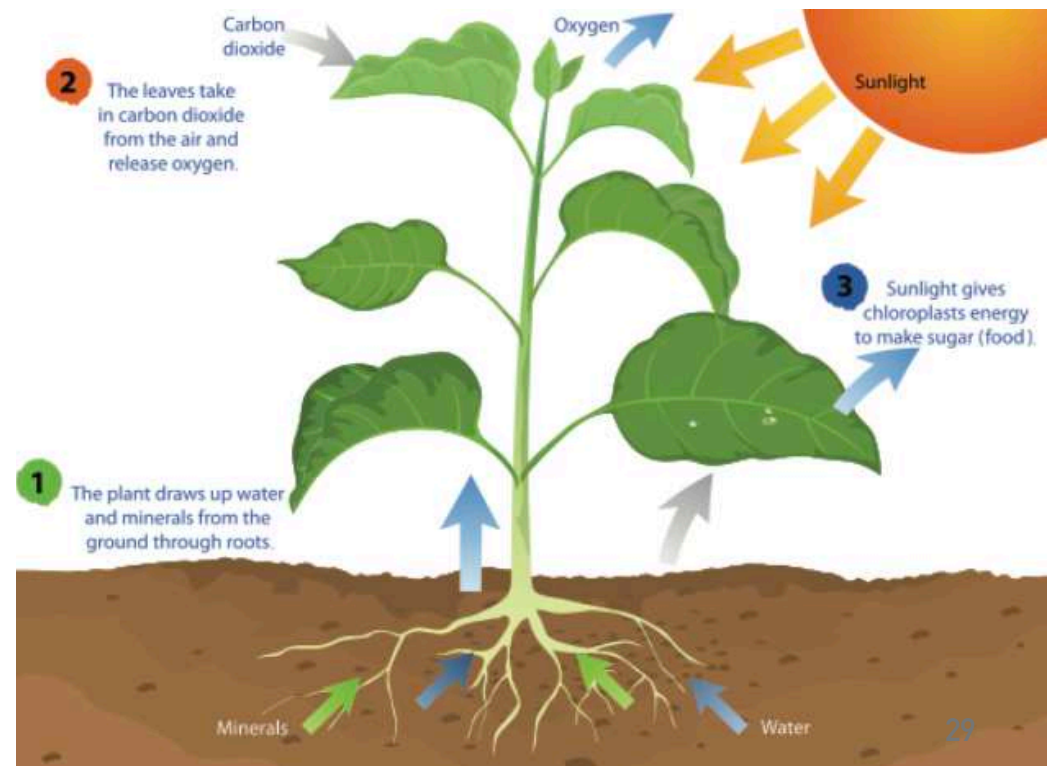
Nei pesci marini invece si hanno meccanismi inversi (escrezione di sali e ingresso acqua).

Esistono anche specie che sono in grado di adattarsi sia a bassa che alta salinità (es. salmoni, specie anadroma e anguilla, specie catadroma).

Luce e anidride carbonica



Sono *fotofili* gli organismi in grado di crescere se esposti a radiazione luminosa;
mentre sono *sciafili* gli organismi che crescono in condizioni di ombreggiatura.



ACQUA: Xerofili e xerotolleranti



L'anidrobiosi è caratterizzata da attività metabolica assente e da bassissimo contenuto di acqua intracellulare.

Sono *xerofili* (solo in condizioni di scarsa disponibilità di acqua) o *xerotolleranti* (vivono anche in scarsa disponibilità di acqua) gli organismi in grado di crescere in condizioni di aridità.

Con un'umidità relativa del 70%, la disponibilità d'acqua di un substrato in equilibrio con l'ambiente è aw 0,70.

Un valore di aw 0,85 può essere considerato il limite al di sotto del quale inizia la xerofilia.

I funghi sono notoriamente più xerofili o xerotolleranti dei batteri.

Wallemia sebi cresce fino a un' aw 0,69, come *Eurotium repens*. *Eurotium rubrum* cresce ad aw 0,70 e *Aspergillus ustus* ad aw 0,75.

La capacità di resistere all'anidrobiosi è nota in numerosi organismi tra batteri, cianobatteri, funghi (inclusi lieviti e licheni), piante, nematodi, tardigradi e artropodi.

I cianobatteri come *Chroococidiopsis* sono particolarmente resistenti al disseccamento (Billi, Potts 2002).

Principali problematiche:

- Denaturazione proteica e rotture strutturali
- Rallentamento metabolico

Adattamenti:

- Glucosio, trealosio ed esopolisaccaridi (zuccheri ad alto peso molecolare prodotti all'esterno delle cellule impediscono la denaturazione proteica durante il dessiccamento).

EFFETTO DELLE RADIAZIONI

Principali problematiche:

Elevati livelli di radiazioni sono nocivi per la vita. Soprattutto le radiazioni a piccola lunghezza d'onda, come i raggi UVC, i raggi X e γ e le particelle, sono considerate letali.

Adattamenti:

- La resistenza alle radiazioni è messa in relazione con la ridondanza del genoma, cioè con la caratteristica di alcuni organismi di possedere molte ripetizioni degli stessi geni.

L'archeobatterio ipertermofilo *Thermococcus gammatolerans*, scoperto nel 2003 in sorgenti termali ad alta profondità, cresce alle stesse dosi di radiazioni di *Deinococcus radiodurans*, ma anche fino a 90 °C.

Nel 1956, durante un processo di sterilizzazione di alimenti mediante raggi X, è stato isolato *Deinococcus radiodurans*, un batterio radiotollerante in grado di resistere a dosi estremamente elevate di radiazioni, pari a 1500 krad, e di crescere sotto una radiazione continua di 60 krad/h.

Recentemente sono stati isolati, dal sarcofago di cemento del reattore nucleare danneggiato dall'esplosione a Černobyl, 13 specie di microfunghi che crescono a dosi di contaminazione radioattiva molto elevate e che, inoltre, producono danni al sarcofago stesso. Tra questi, *Aspergillus niger* e *Cladosporium cladosporioides* crescono fino a dosi di 220mrad/

I funghi microcoloniali (lieviti neri) *Cryomyces minteri* e *Cryomyces antarcticus*, che vivono all'interno delle porosità delle rocce (criptoendolitici) antartiche, sono in grado di resistere, in stato di disseccamento, a radiazione UVC a dosi di 1000 J/m².

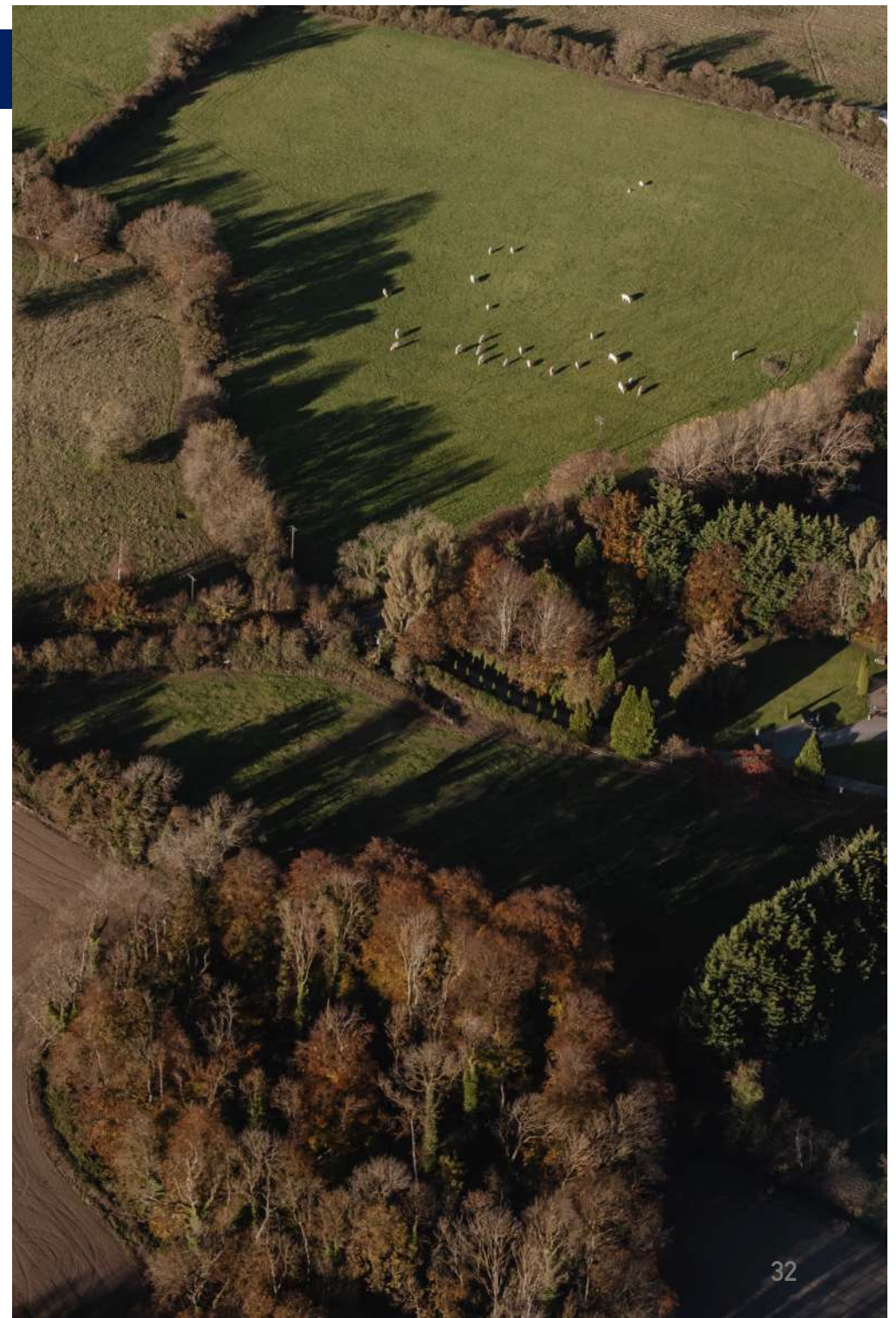
I licheni resistono molto bene a elevate radiazioni ultraviolette, grazie alla presenza di pigmenti protettivi prodotti dal fungo lichenizzato e capaci di schermare anche l'alga unicellulare che vive all'interno del fungo.

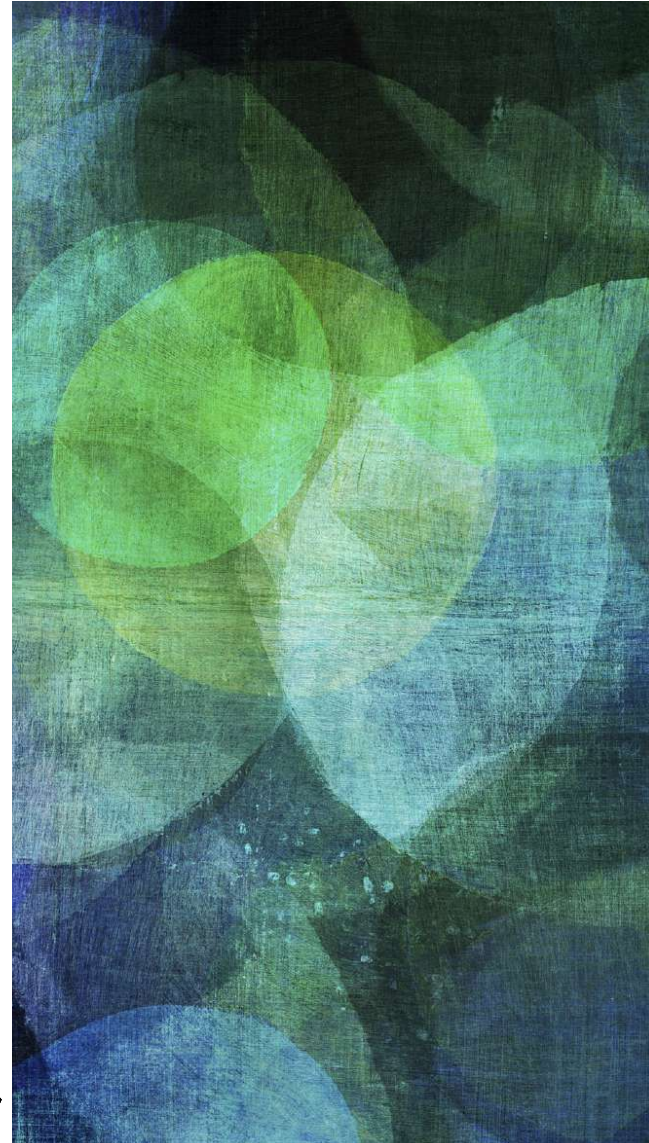
LO SPAZIO

Gli organismi occupano uno spazio che rappresenta una risorsa finita che può rendersi indisponibile quando le densità delle popolazioni aumentano.

Nascondigli, siti di nidificazione e substrato per l'insediamento sono risorse indispensabili per la sopravvivenza degli organismi.

Gli animali territoriali difendono lo spazio attivamente dall'intrusione di altri





DOMANDE??