UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE

Dipartimento di Scienze della Vita

Università degli Studi di Trieste

Corso di Studio in
Scienze e Tecnologie Biologiche

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 terresti

• ECOLOGIA
• Marco Bertoli(BIO/07)
• marbertoli@units.it

III anno – I Semestre

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

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).



https://www.animalidacompagnia.it/uccellino-caduto-dal-nido-cosa-fare/

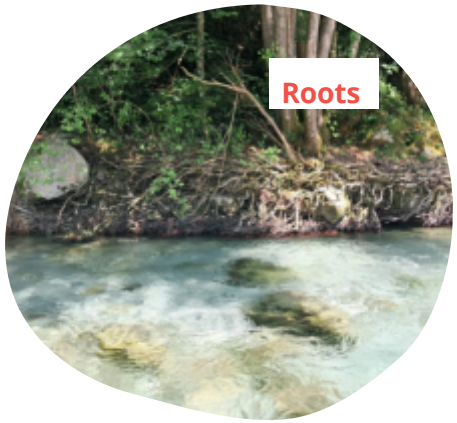
Risorse spaziali: l'esempio del fiume



Rifugi:

IIn ogni habitat (pozze, rapide, raschi…) possono essere presenti o meno zone di rifugio… utili per specie differenti o per I diversi stadi vitali di una stessa specie













Interazione con fattori ambientali

Fattori ambientali

Variano in funzione dei cambiamenti dell'ambiente fisico (es. stagione) possono essere determinati dalle specie

Fattori limitanti negli ecosistemi

Fattori limitanti

Un 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.

Fattori limitanti negli ecosistemi

Fattori limitanti

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

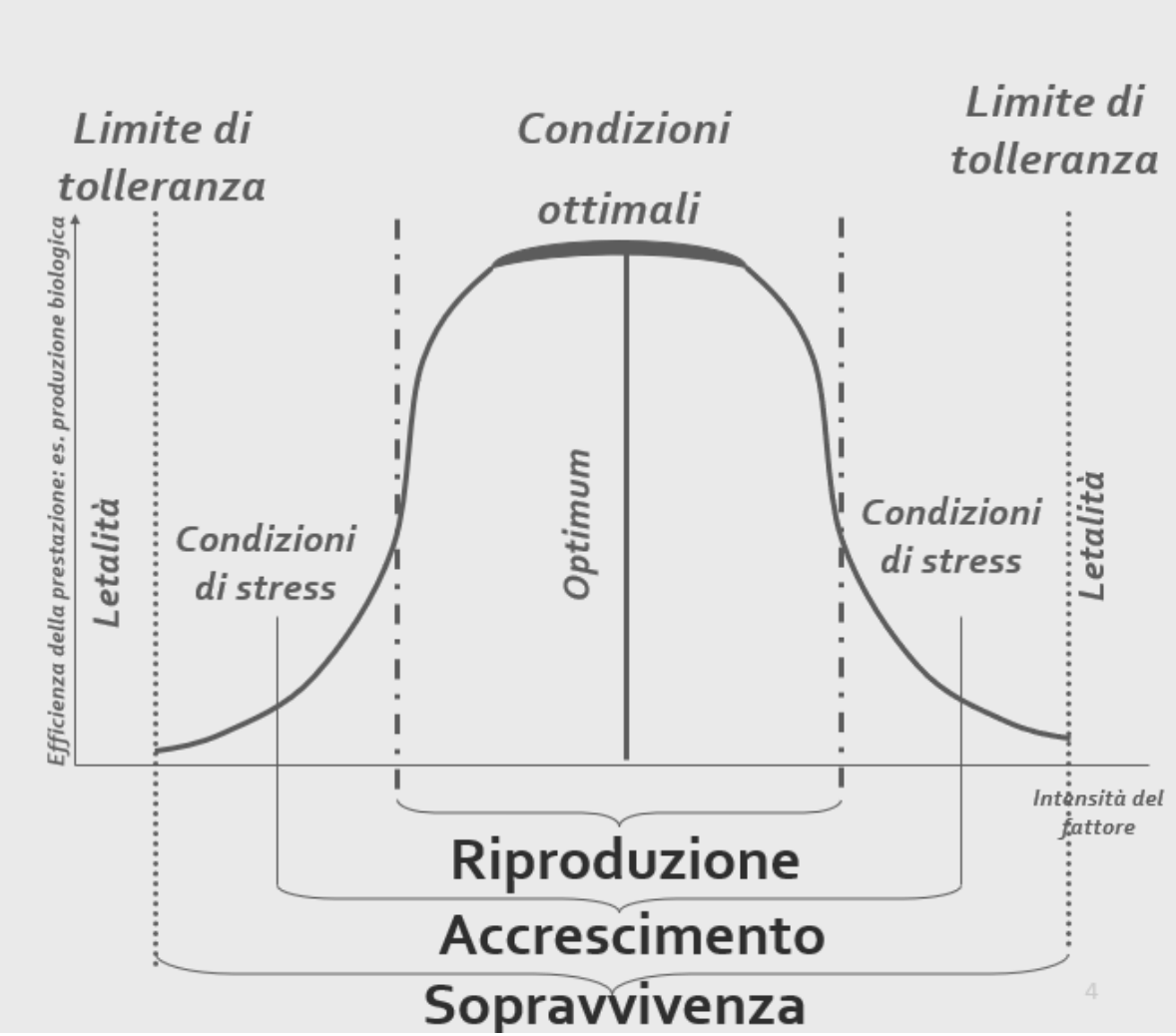
«In condizioni di equilibrio stazionario, le sostanze essenziali disponibili in quantità vicinissime al minimo necessario tendono a divenire limitanti»

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

Limiti di tolleranza

«Legge della tolleranza» (Shelford, 1913)

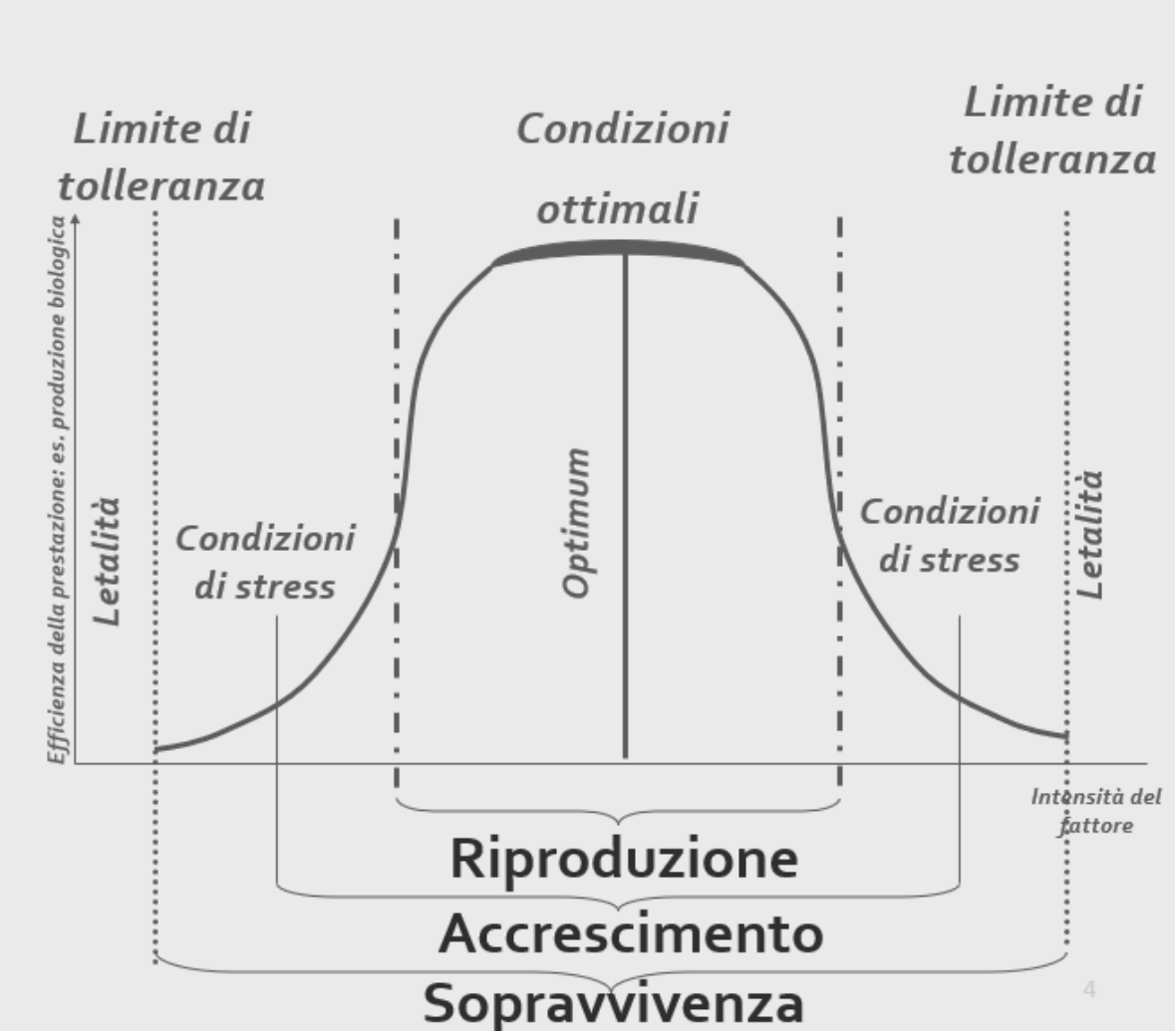
«Ogni organismo può compiere le sue funzioni essenziali finché le condizioni esterne sono all'interno di un determinato intervallo di tolleranza, compreso tra un minimo e un massimo, superati i quali l'organismo non può sopravvivere»



Limiti di tolleranza

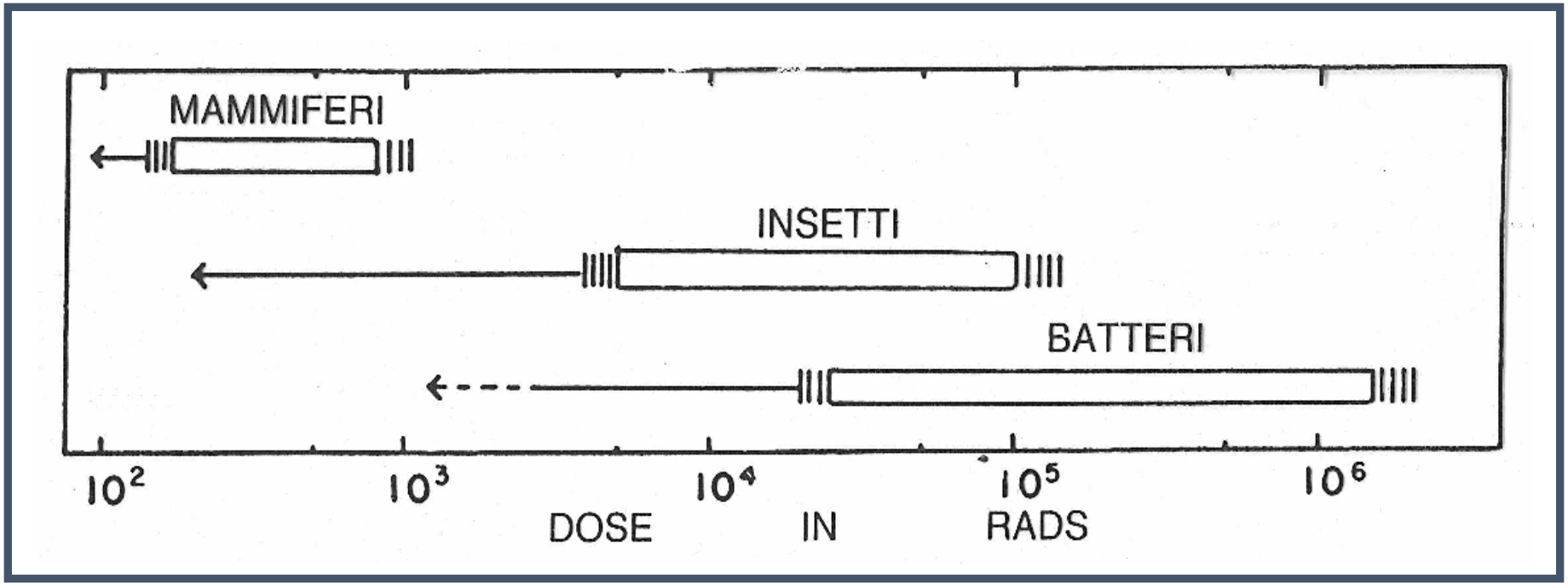
La **valenza ecologica** di un organismo è definita come la capacità di tollerare il mutare delle condizioni ambientali

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" o "euriecio" se è ristretta è detto "stenovalente" o "stenoecio"



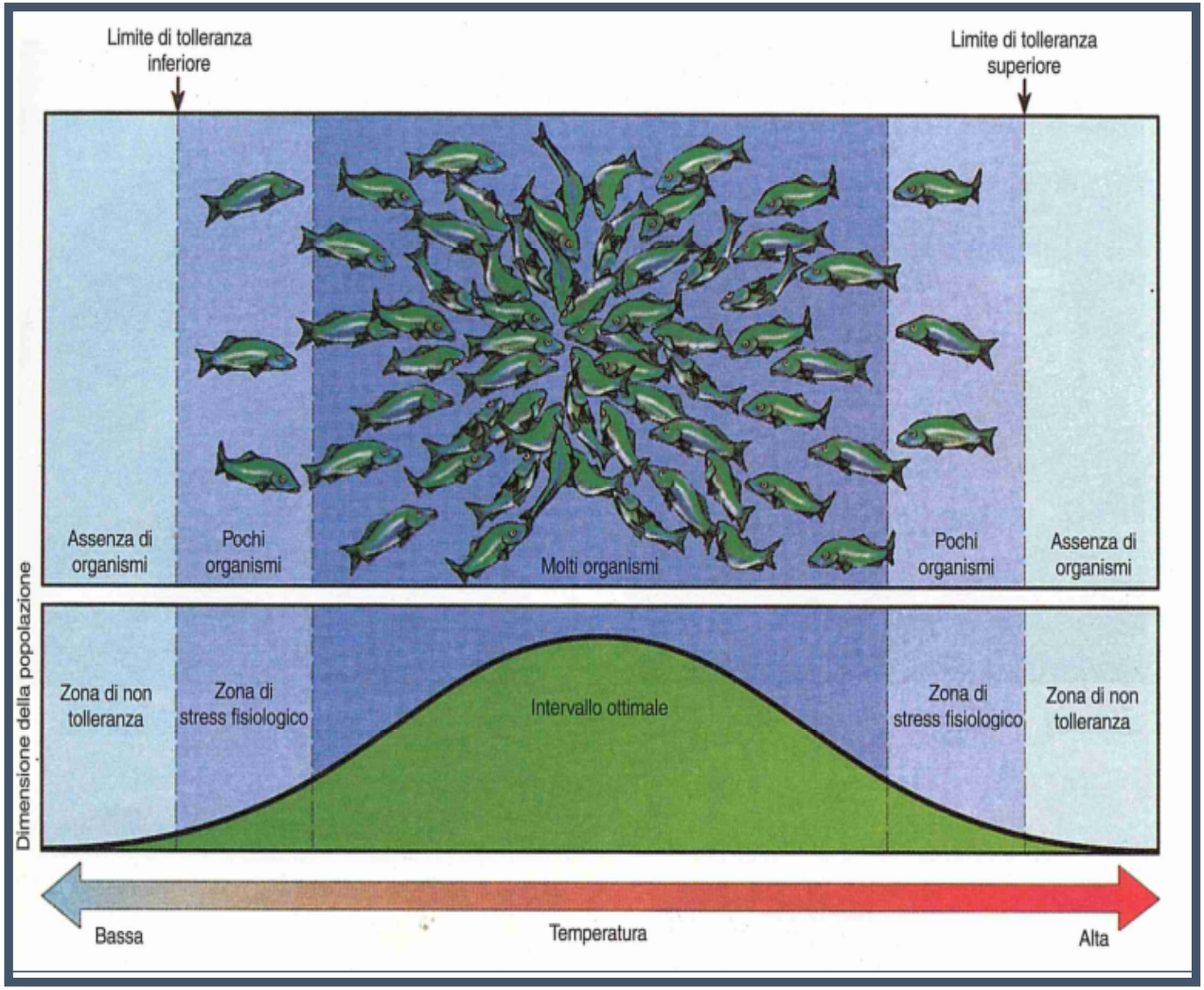
Legge della tolleranza

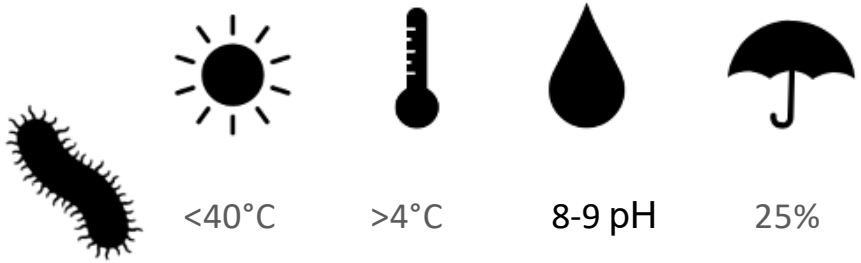
Specie con limiti di tolleranza elevati possono vivere in una vasta gamma di habitat



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

Legge della tolleranza

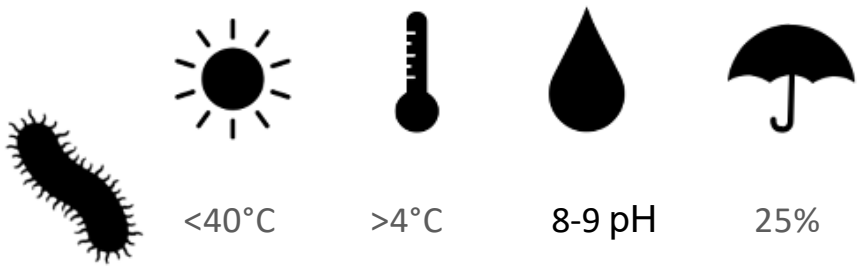




«L'esistenza, l'abbondanza e la distribuzione di una specie in un ecosistema sono determinate dai livelli di uno o più fattori fisici o chimici che cadono all'interno della sua fascia di tolleranza».

Legge della 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



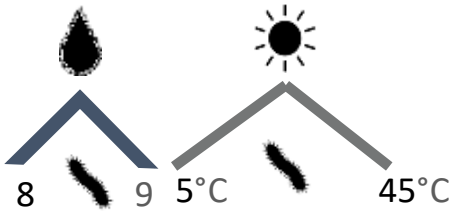


I limiti di tolleranza **possono variare** negli individui appartenenti a una stessa specie, per differenze di età, stato di salute, patrimonio genetico

«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».

Corollari della legge di 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

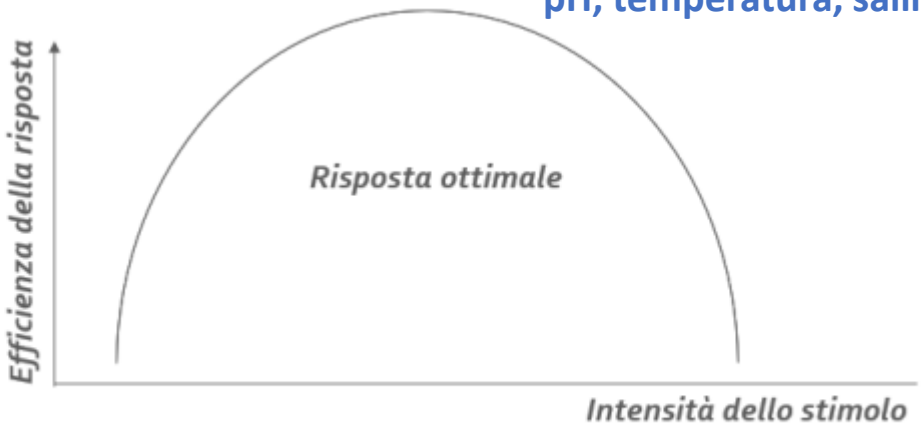
Fitness

La Fitness è il grado di affinità che un organismo manifesta nei confronti del suo ambiente

- **Esiste un livello massimo di tolleranza**
- **Un fattore è limitante se presente a livelli bassi**

Risposte degli organismi

pH, temperatura, salinità



Elementi nutritivi per le piante



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

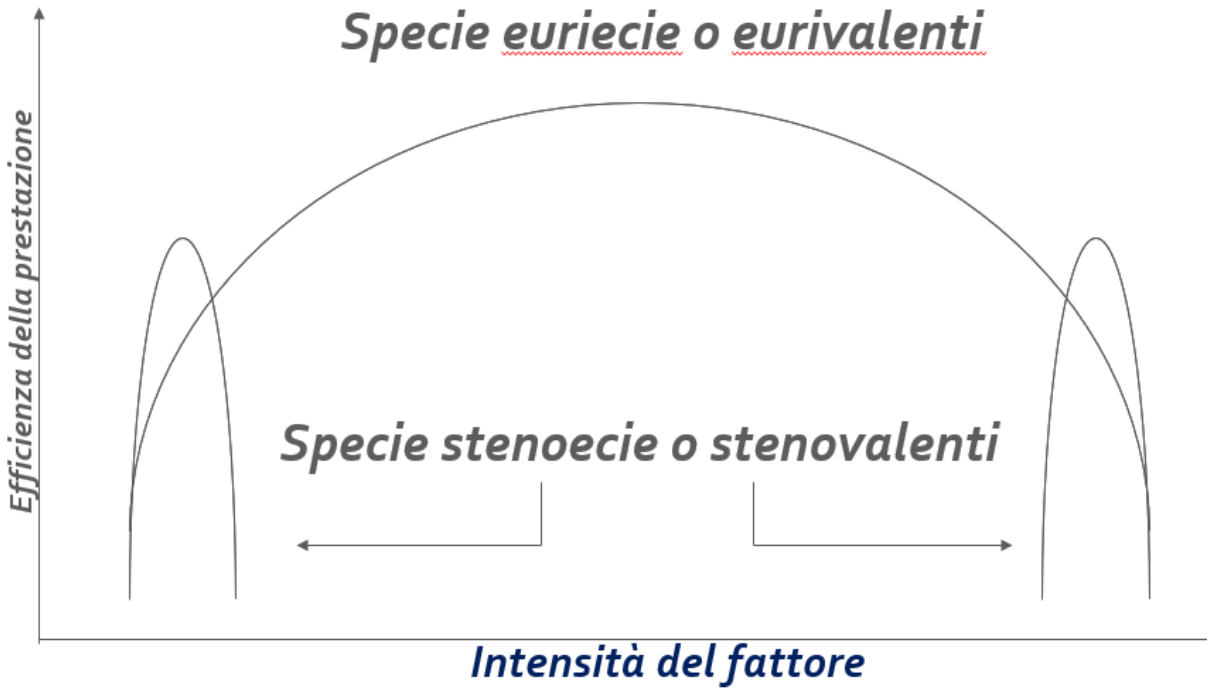
Una valenza ecologica condiziona la capacità di sopravvivenza degli organismi

Specie con valenza ecologica elevata possono colonizzare ampi areali mentre quelli con valenza ecologica limitata possono sopravvivere in areali a condizioni più stabili

1. Una valenza ecologica ampia è associata a scarsa differenziazione mentre una valenza ecologica ristretta è associata ad una forte specializzazione nello sfruttamento delle risorse locali

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

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



Due esempi… pesce rosso e trota marmorata…

Carassius auratus

Specie originaria dell'Asia orientale (Cina meridionale), allevato e selezionato dal X secolo in Cina e diffuso in Europa alla fine del XVII secolo



L'optimum termico si colloca in un intervallo compreso tra 15 e 23°C

Range da 2°a 40°C (Beitinger et al., 2000)

Salmo marmoratus

Specie originaria dell'Asia orientale (Cina meridionale), allevato e selezionato dal X secolo in Cina e diffuso in Europa alla fine del XVII secolo

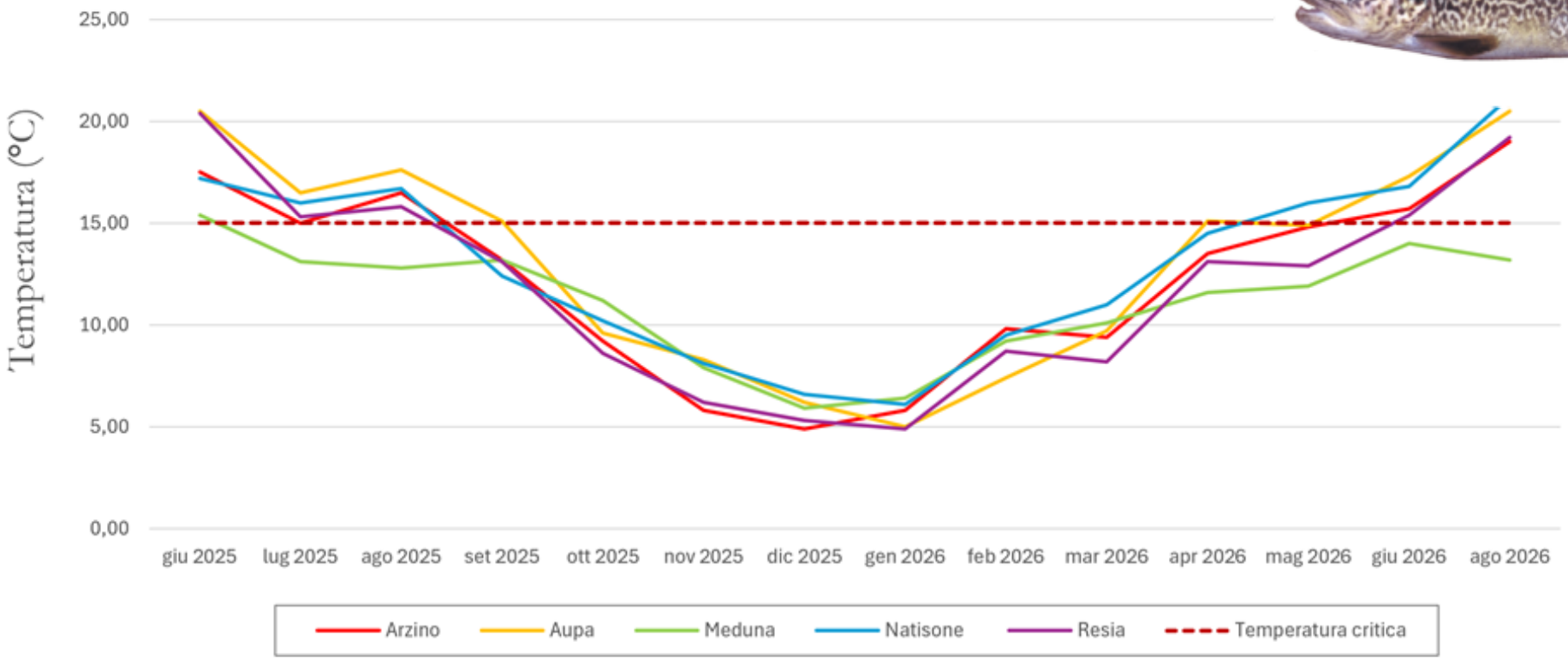


L'optimum termico si colloca in un intervallo compreso tra 5 e 15°C (Nicolas et al., 2025)

Range da 0-2°a 16-18°C (Povz, 1995)

… essere una specie stenoecia ai giorni nostri

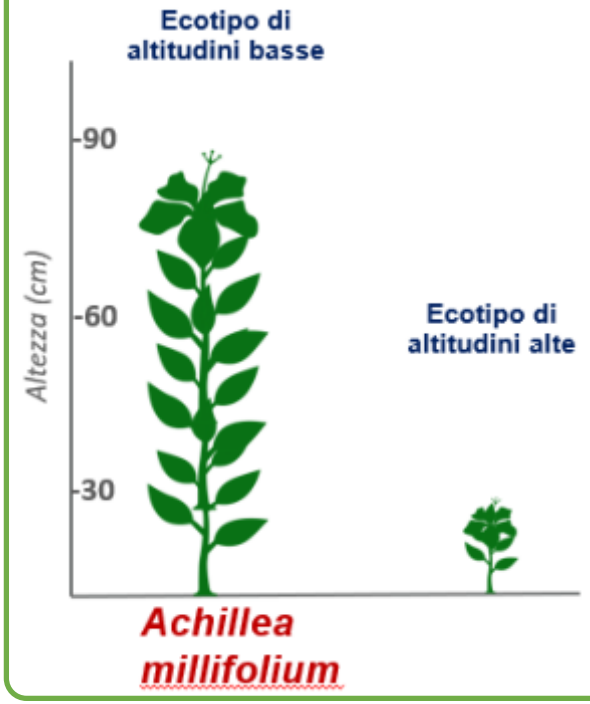




Andamento mensile delle temperature (°C) in alcuni corsi d'acqua del Friuli Venezia Giulia, per il periodo compreso tra luglio 2025 e agosto 2026. La linea rossa tratteggiata rappresenta il limite superiore per le condizioni ottimali per la trota marmorata.

Compensazione dei fattori ed ecotipi

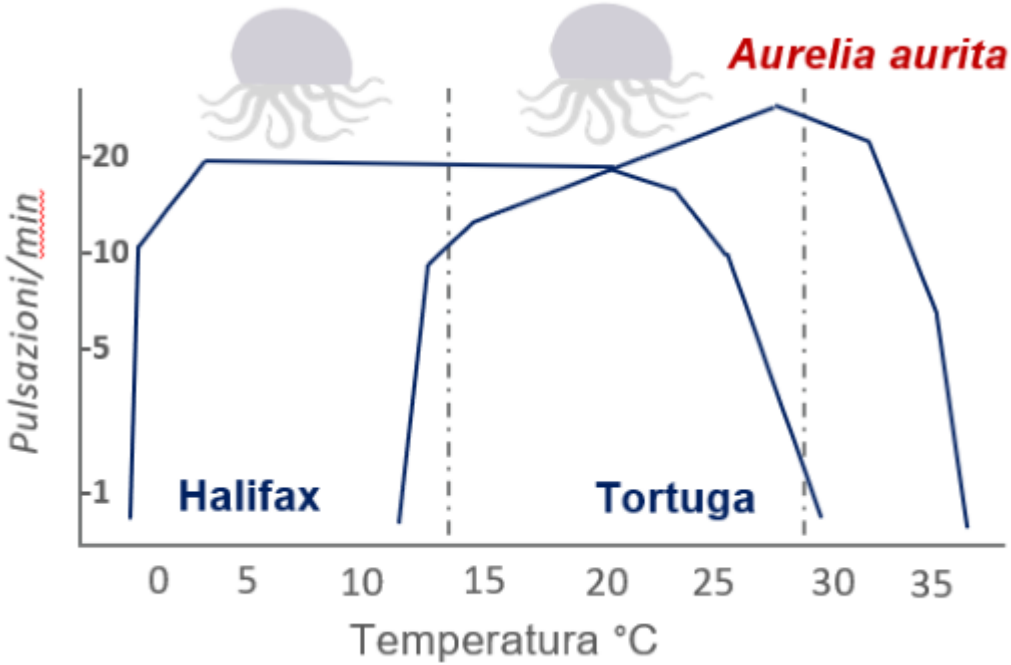
Le specie con grandi areali di distribuzione sviluppano «razze» geografiche adattate localmente (sottopopolazioni o ecotipi) con valori ottimali di crescita e i limiti di tolleranza adattati alle condizioni locali



I semi della stessa specie provenienti da alte e basse latitudini mantengono il fenotipo originario.

Le due varietà sono definite quindi ecotipi

(Clausen et al., 1948)



Popolazioni diverse di *A. aurita* sono acclimatate 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

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.

Bloom et al (1985) hanno dimostrato che le piante sono capaci di regolare la richiesta di risorse dei vari fattori
(Bloom et al., 1985. Ann. Rev. Ecol. Syst. 16:363-392)



«Principio della rana bollita» del filosofo americano Noam Chomsky

TUTTAVIA ….

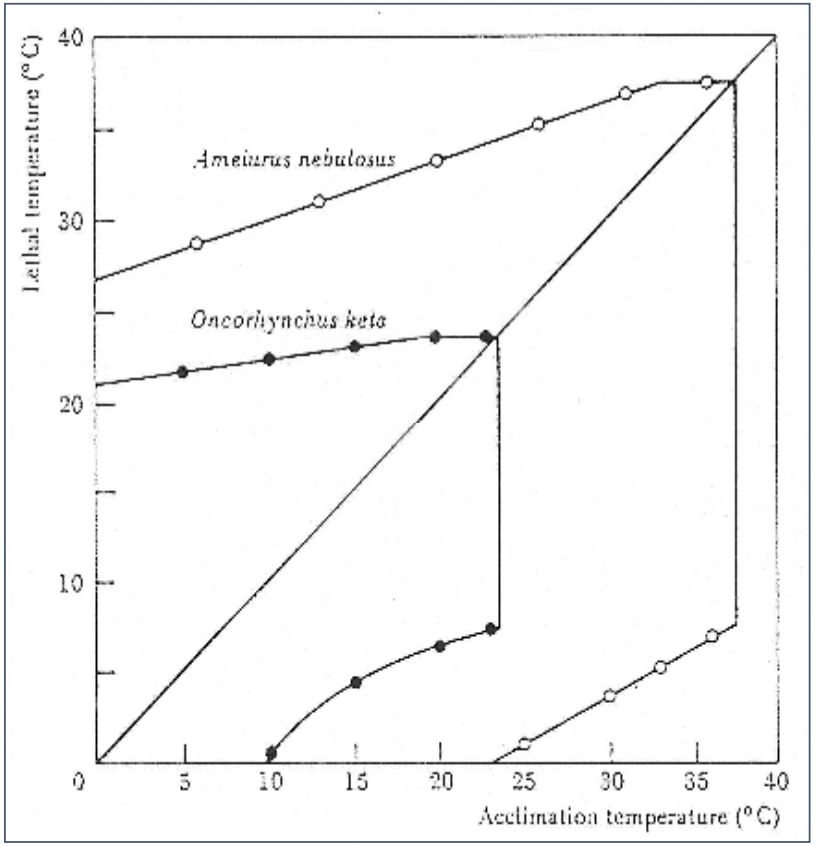
L'acclimatazione ha dei limiti e via via che si modificano le condizioni la specie si avvicina sempre più al suo limite assoluto.

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 (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.

Acclimatazione

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, anche **dell'acclimatazione**.



Relazioni tra le temperature letali di due specie ittiche



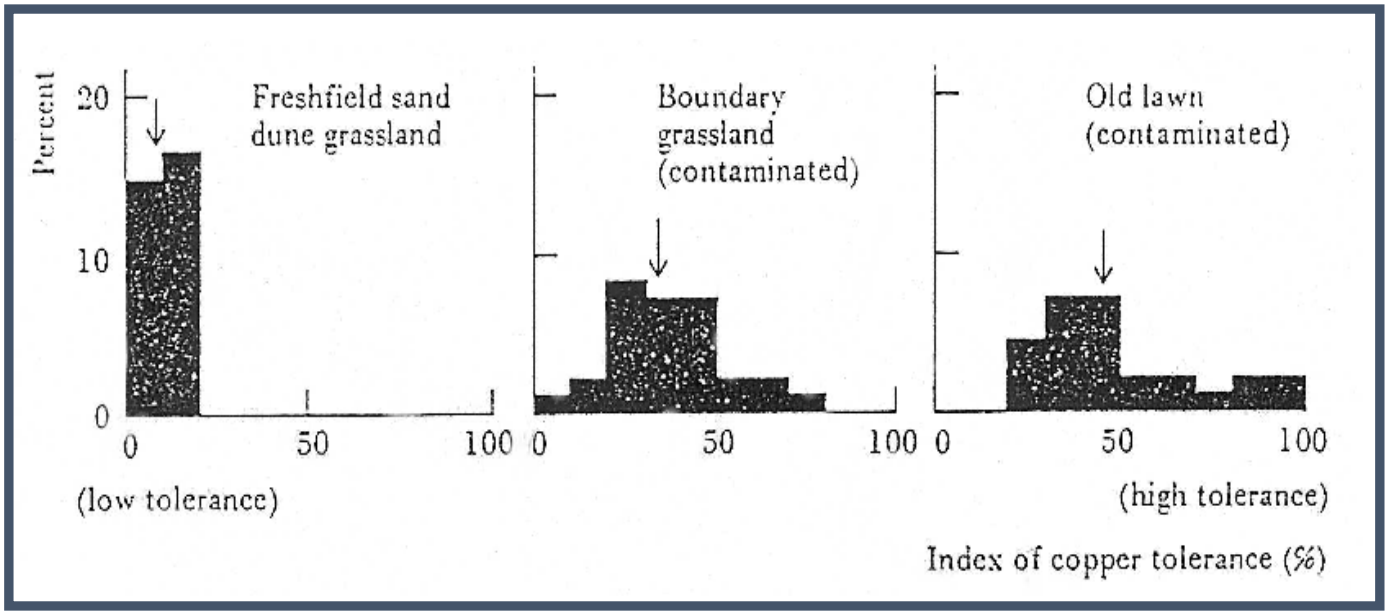
- L'*Ameiurus nebulosus* è una specie ampiamente tollerante
- Al contrario, l' *Oncorhynchus keta* è poco tollerante



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

Acclimatazione

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, anche **dell'acclimatazione**.



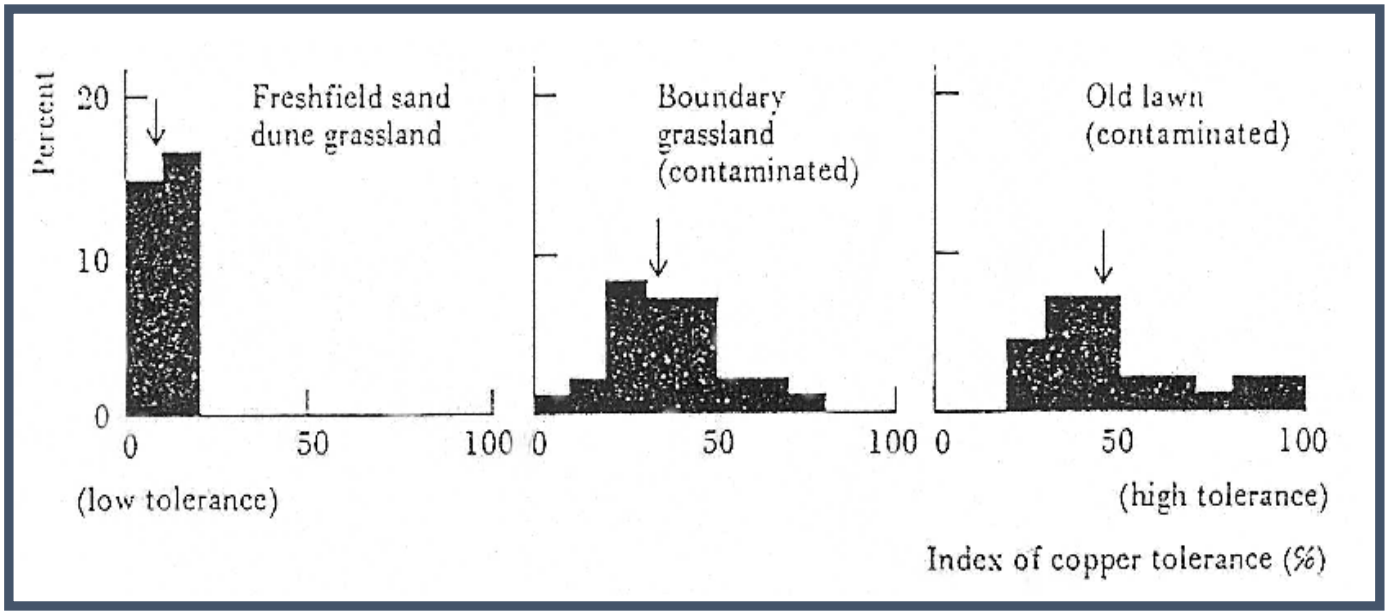
La freccia indica il valore medio. Il primo a sinistra è ambiente di controllo (non contaminato). Il sito centrale ha 4 anni di età, il sito di destra 70 anni (Wu et al., 1975)

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

Popolazioni di *Agrostis stolonifera* nei pressi di una raffineria di rame in Inghilterra.
Il suolo della zona era fortemente contaminato dalle emissioni industriali

Acclimatazione

Gli autori hanno dimostrato che le popolazioni tolleranti non derivavano da un singolo clone ma che la selezione aveva agito su più individui indipendenti presenti nella popolazione originaria



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)

- **Evoluzione rapidissima**. Le popolazioni esposte all'inquinamento hanno sviluppato una spiccata tolleranza al rame in meno di 70 anni (e in alcuni siti addirittura in meno di 10 anni dall'inizio della contaminazione).
- **Pressione selettiva intensa**. Nei prati non contaminati, i geni per la tolleranza al rame erano presenti solo in una piccolissima frazione di individui (meno dell'1%). Nei siti inquinati, questi pochi individui tolleranti sono sopravvissuti e si sono riprodotti, sostituendo rapidamente quelli sensibili.
- **Ruolo della propagazione clonale**. Poiché *A. stolonifera* si diffonde tramite stoloni, i singoli genotipi tolleranti hanno potuto espandersi vegetativamente formando grandi cloni, accelerando la colonizzazione del suolo tossico

Principali fattori limitanti in ecosistemi terrestri



Temperatura

Acqua

Luce

Nutrienti suolo

Principali fattori limitanti in ecosistemi acquatici



Temperatura

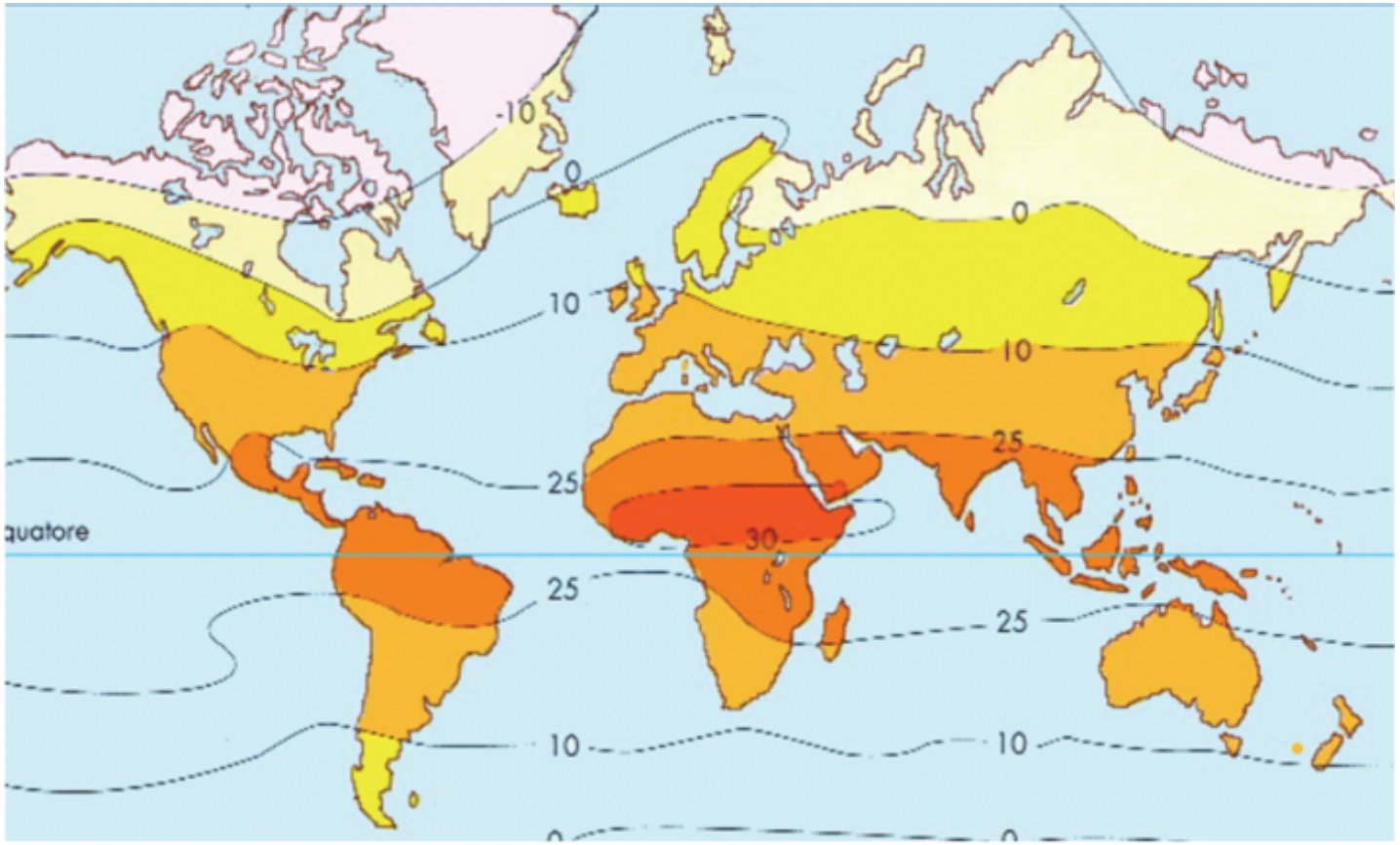
Luce

O2

Nutrienti soluzione

Salinità

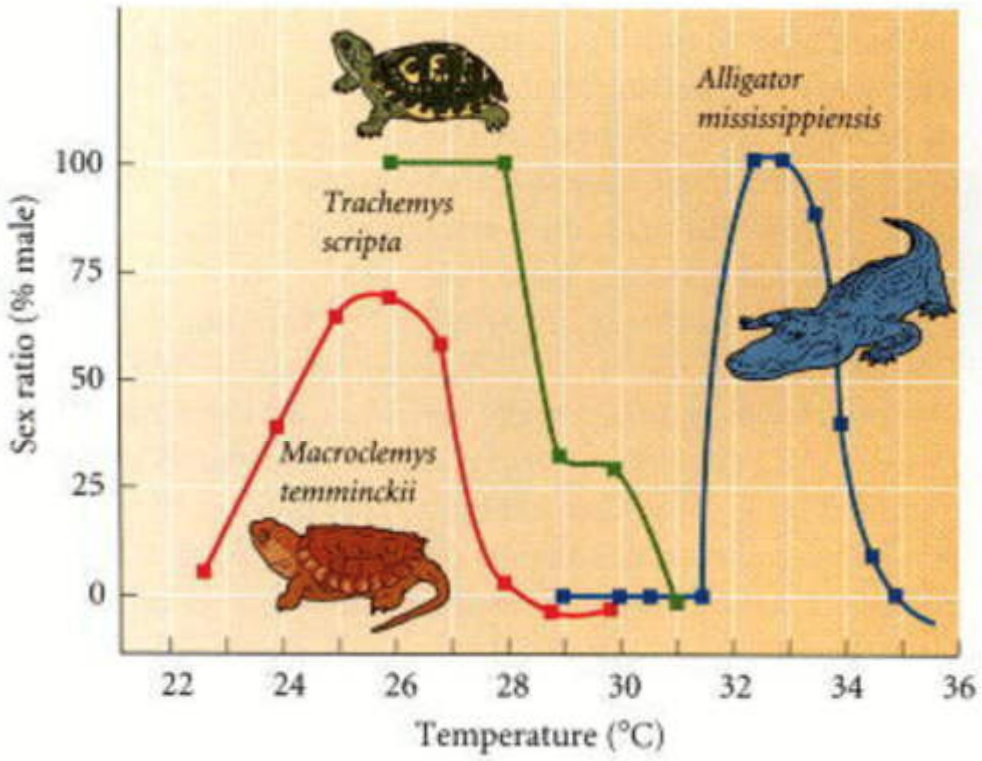
Temperatura



La temperatura sulla Terra varia in base a numerosi fattori:

- latitudine e stagionalità interferiscono su larga scala
- altitudine (diminuzione di 0.6-1°C ogni 100 m di altezza)
- continentalità (legata alla mitigazione termica delle acque marine che disperdono più lentamente il calore delle terre emerse)
- microclima

Effetti della temperatura



Da Crain e Guillette (1997), modificato.

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.



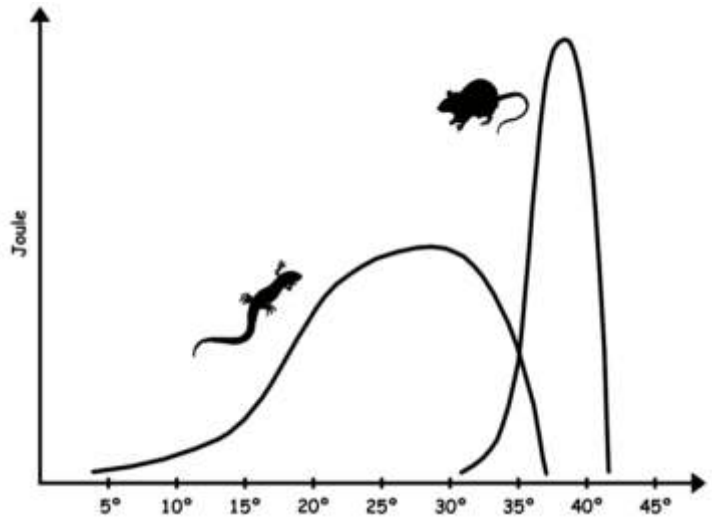
La temperatura esterna può influenzare anche l'**accrescimento degli organismi**.
Essa costituisce un fattore di innesco per le fasi di sviluppo degli organismi servendo da stimolo per innescare la germinazione delle piante.
È determinante per l'avio di **periodi riproduttivi** nelle specie di pesci dulciacquicoli

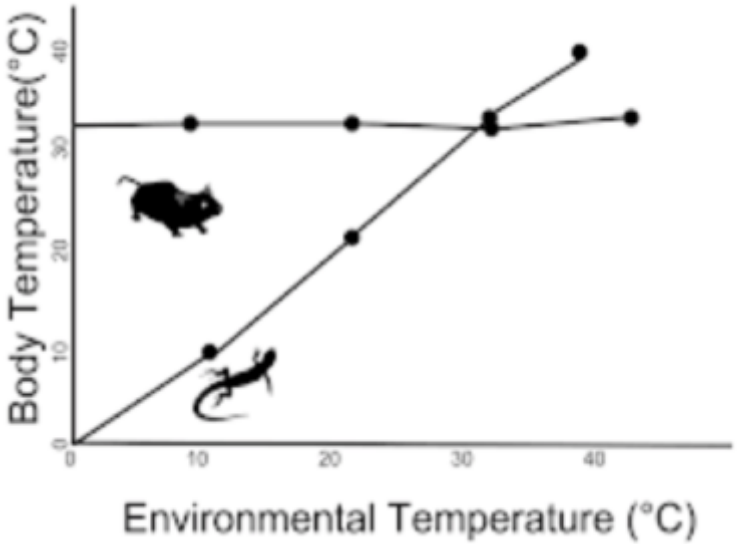
Effetti della temperatura

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





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

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.

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

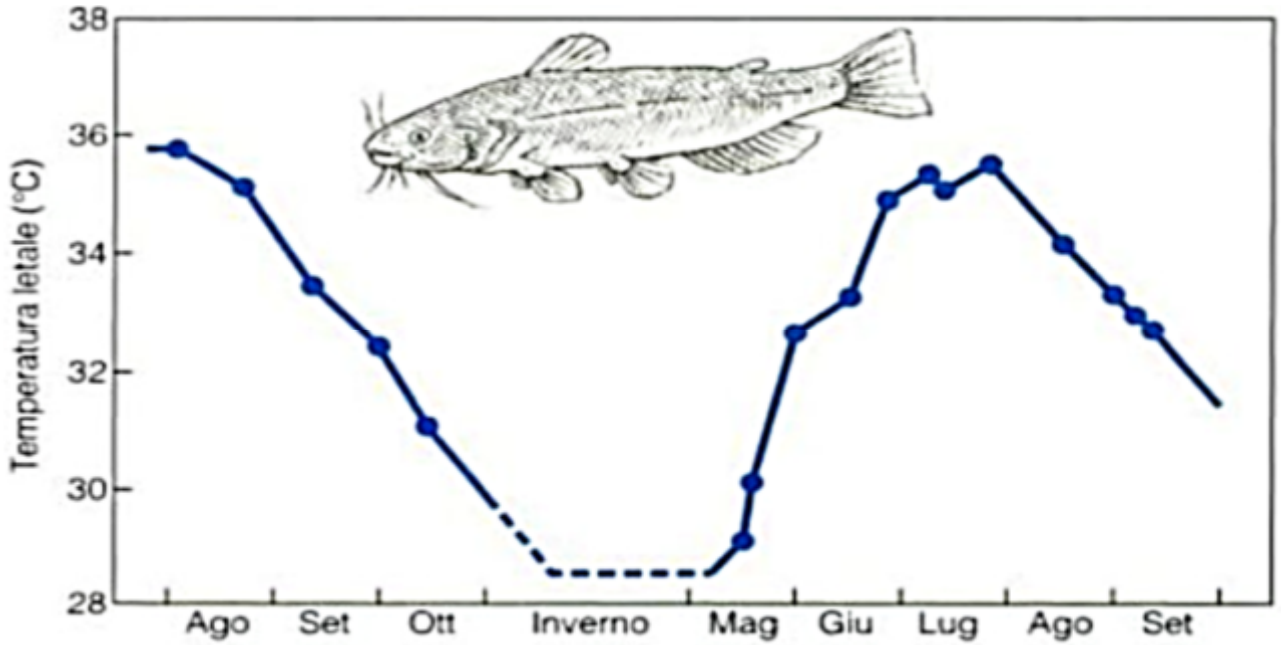
- ✓ Bassa richiesta energetica a livello metabolico
- ✓ Resistenza a lunghi periodi di digiuno
- ✓ Maggiore durata della vita media
- ⊖ Vulnerabilità alle variazioni di temperatura
- ⊖ Incapacità di vivere in ambienti freddi
- ⊖ Minore resistenza fisica

Vantaggi e svantaggi

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.

Limite superiore di temperatura letale per il pesce gatto durante l'anno

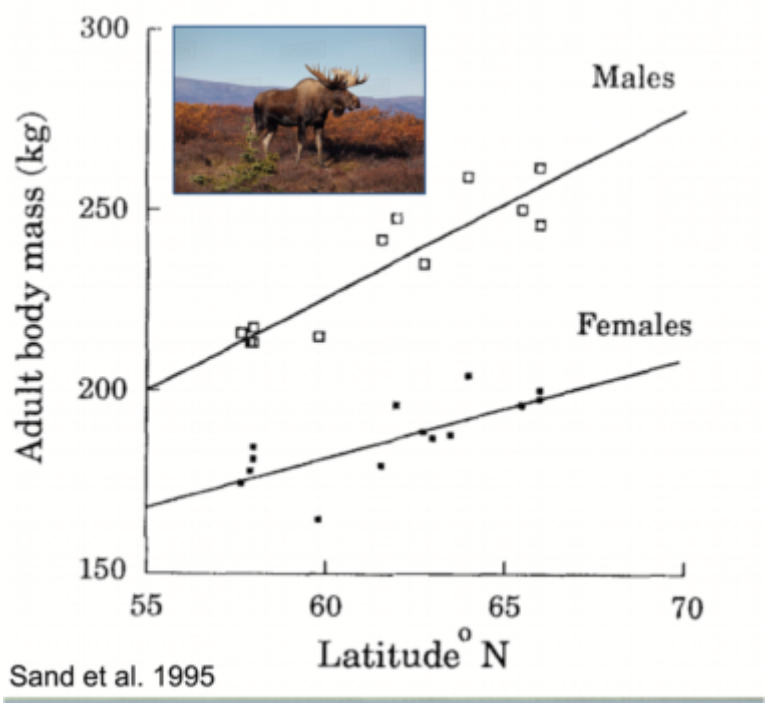
Cambiamenti repentini una volta che l'organismo si è acclimatato possono essere letali.



Regola di Bergman

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

Nelle specie animali endoterme (come mammiferi e uccelli), la massa corporea tende ad aumentare man mano che ci si sposta verso latitudini più elevate (climi freddi) e a diminuire verso l'equatore o le regioni calde

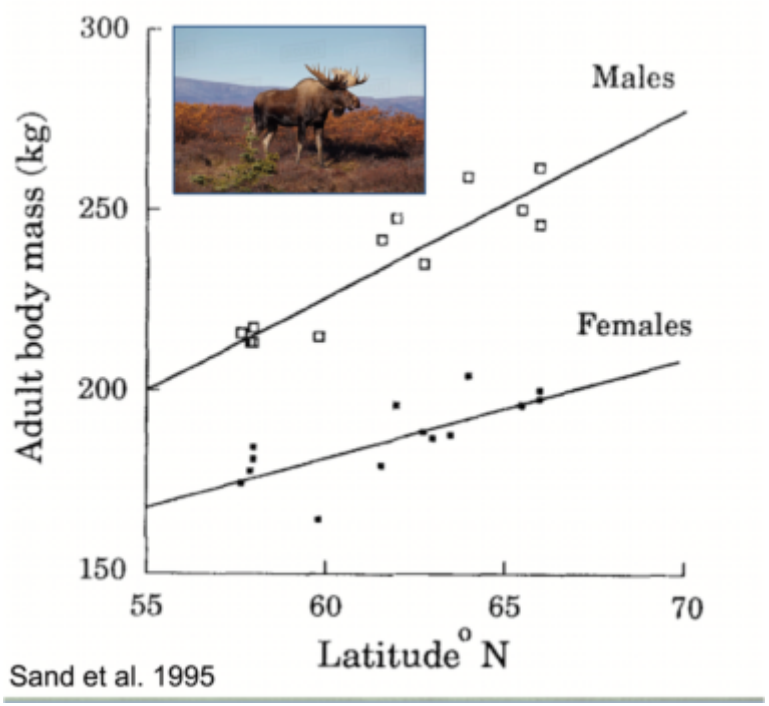
Gli animali più grandi hanno un rapporto tra superficie e volume più basso. Di conseguenza, disperdono meno calore corporeo attraverso la pelle e trattengono meglio il calore nei climi rigidi

Nei climi caldi, dimensioni corporee ridotte offrono il vantaggio opposto, facilitando la dissipazione del calore in eccesso

Regola di Bergman

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





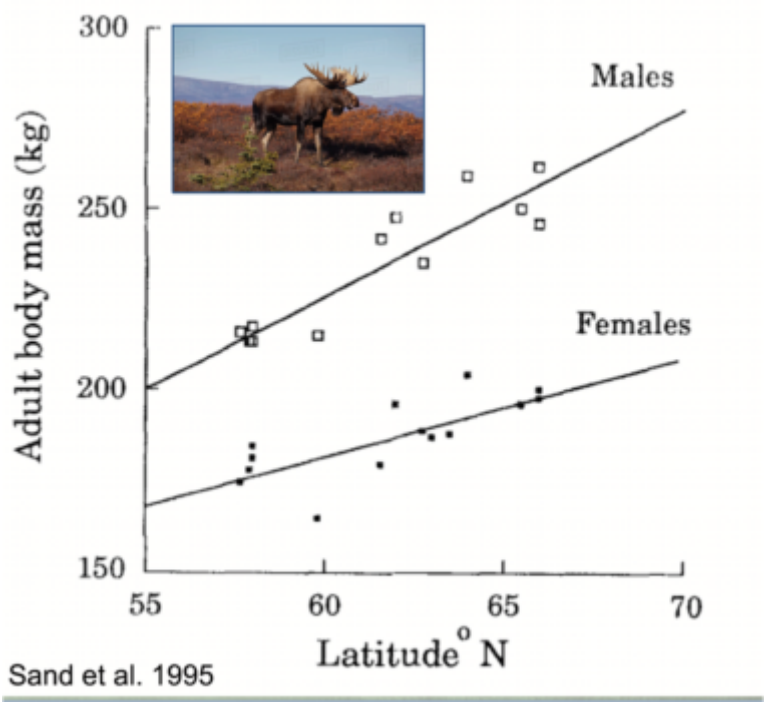
	Kaiser-Pinguin	Magellan-Pinguin	Galápagos-Pinguin
Größe	120 cm	70 cm	50 cm
Gewicht	40 kg	5 kg	2 kg
Lebensraum	Antarktis	Küste Argentiniens	Galápagos-Inseln
Jahresdurch-schnittstemperatur	-19° C	8° C	24° C

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

Regola di Bergman

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

E con i cambiamenti climatici?

Studio di Vitek Jirinec et al. (2021):

Analizzando 77 specie stanziali di uccelli native della foresta equatoriale dell'Amazzonia centrale, è stato possibile osservare negli ultimi quattro decenni, una generale diminuzione della massa corporea, e per circa metà delle specie la probabilità di riduzione della taglia corporea è stata stimata al 95%. Ciò dimostra come esse abbiano effettivamente subìto gli effetti del cambiamento climatico, e in particolar modo delle fluttuazioni stagionali di temperature e precipitazioni.

(Science Advances 12 Nov 2021 Vol 7, Issue 46)

Regola di Bergman

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

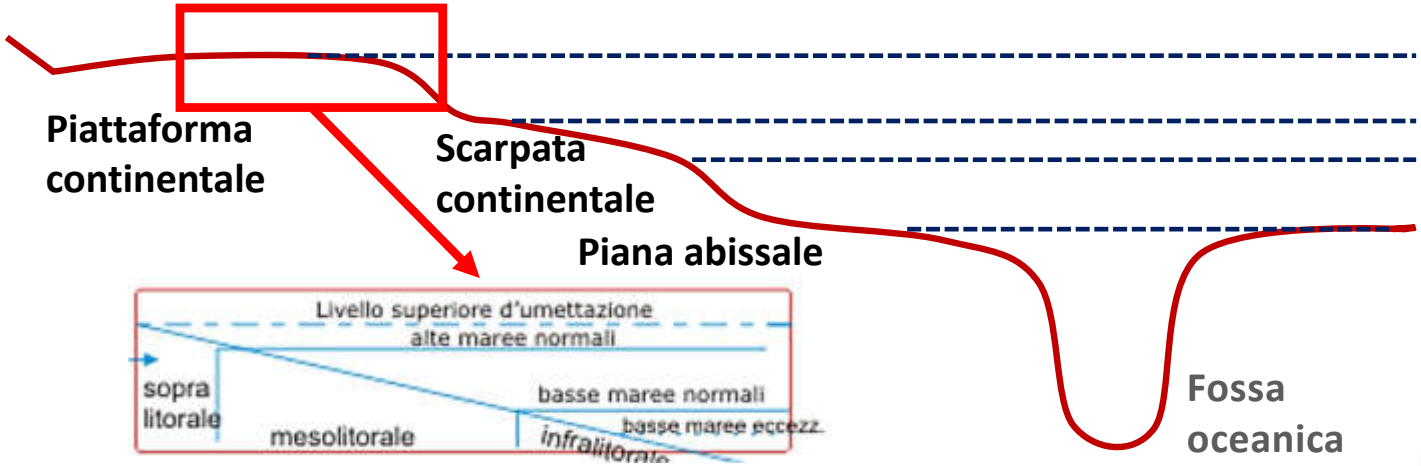
L'aumento delle dimensioni permette di diminuire il rapporto superficie volume e di disperdere meno calore
La regola, con molte eccezioni dovute all'effetto delle pressioni selettive, vale soprattutto per gli endotermi

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.



Zonazione marina in base alle temperature



Litorale 0 m

Sublitorale 0-200 m

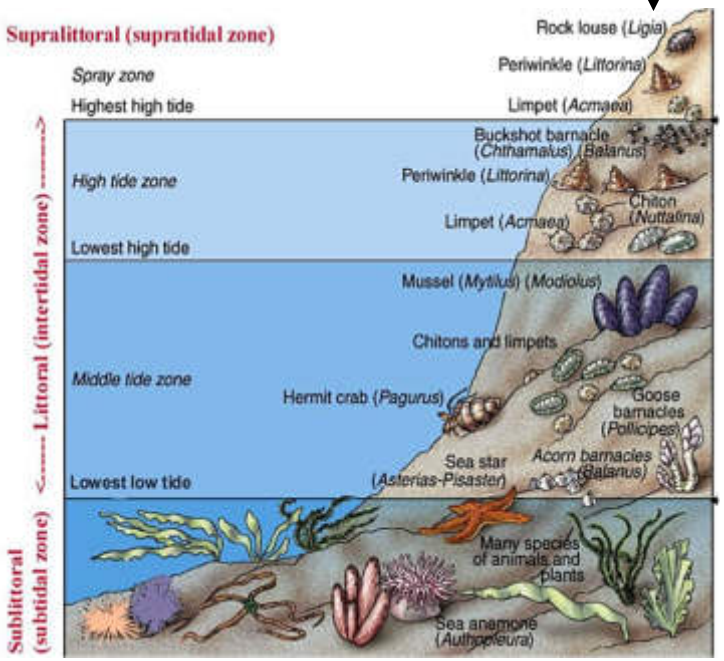
Batiale 200-2000 m (4°C)

Abissale 2000-6000 m (2-3°C)

Adale >6000 m (2-3°C)

Fotica

Afotica



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 Therm us 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 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 (Rothschild, 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.

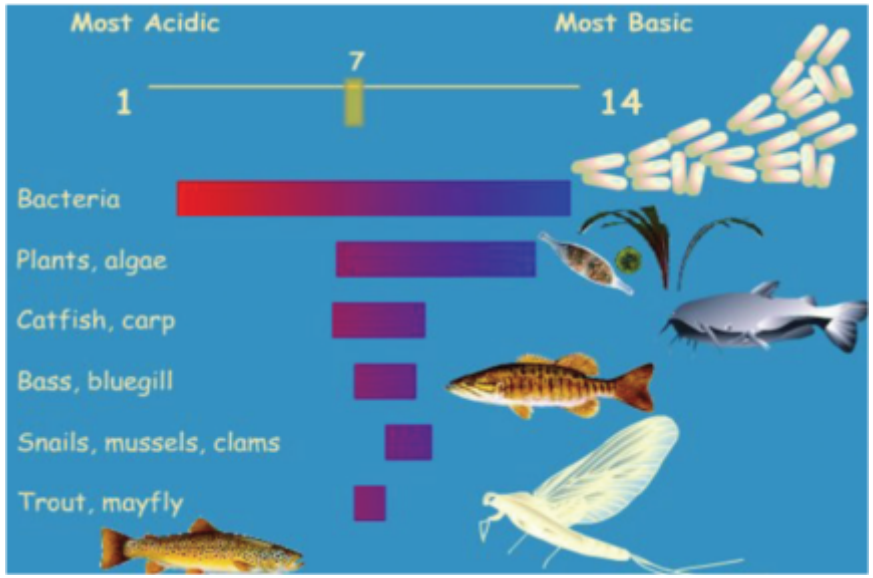
- Dai fanghi della Fossa delle Marianne sono stati isolati migliaia di microrganismi; alcuni di questi non sono in grado di crescere a pressioni inferiori ai 50MPa. Molti ipertermofili, isolati da sorgenti termali nelle profondità oceaniche, come, per es., *Thermococcus profundus* e *Pyrococcus horikoshii*,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

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:

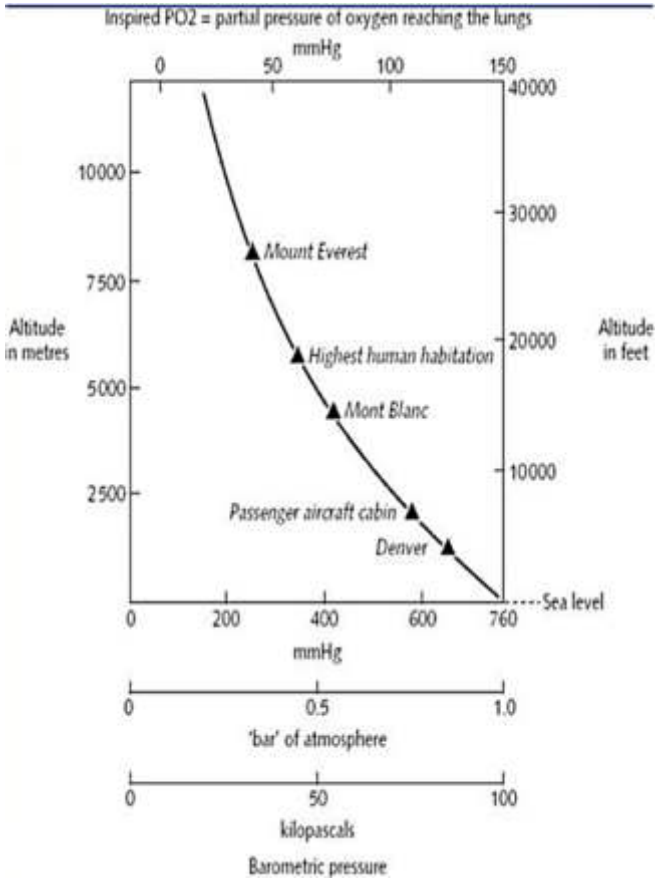
- Denaturazione proteica
- Modificazione della disponibilità di nutrienti
- In mare la diminuzione del pH determina dissoluzione delle strutture calcaree

- **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 e 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.

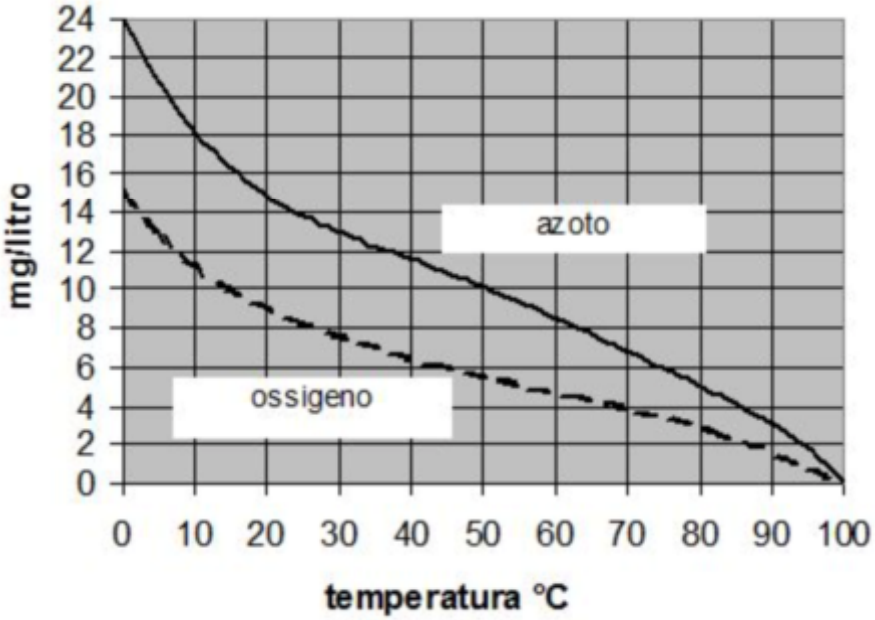


Negli ecosistemi acquatici l'ossigeno disciolto varia con la temperatura, con la profondità, con il carico organico presente.



Larve di *Chironomus* sp. dotate di emoglobina per resistere a condizioni di ipossia/anossia in ambienti dulciacquicoli

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%.

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

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).

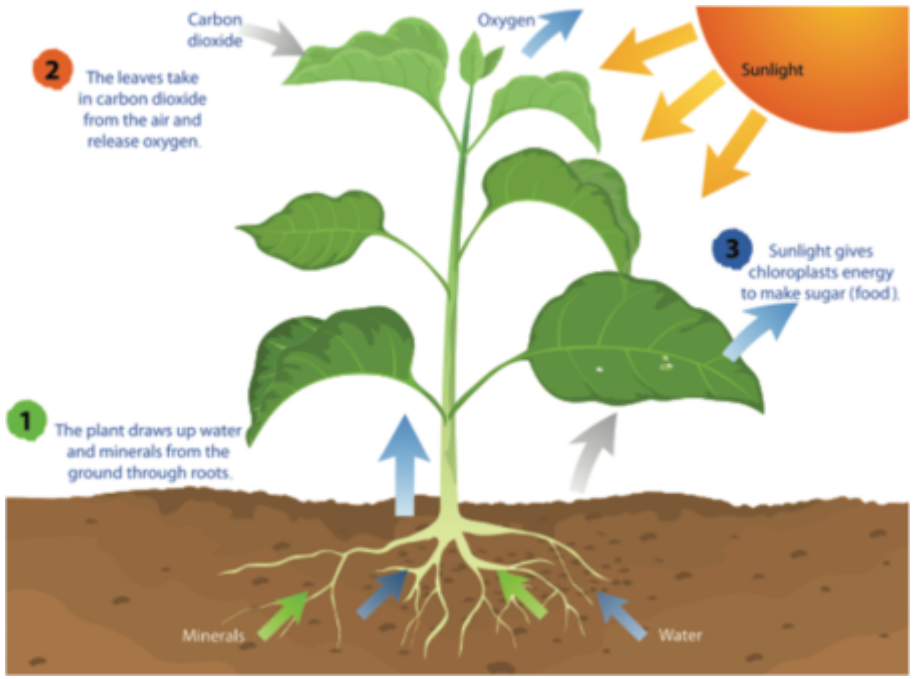
Nel 1980 il microbiologo Anthony Walsby raccolse campioni dalle pozze di acqua salata nel Sud del Sinai, dove i beduini raccolgono il sale asciugato al sole.
L'analisi microscopica di questi campioni rivelò la presenza di strani microrganismi dalla forma quadrata, che sono conosciuti tra gli specialisti come **batteri quadrati di Walsby** *(Haloquadratum walsbyi)*.



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 a_w 0,70.
Un valore di a_w 0,85 può essere considerato il limite al di sotto del quale inizia la xerofilia.
fotofili gli organismi in grado di crescere se esposti a radiazione luminosa;
mentre sono **sciafili** gli organismi che crescono in condizioni di ombreggiatura.

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.

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 *Chroococcidiopsis* sono particolarmente resistenti al disseccamento (Billi, Potts 2002).

Spazio

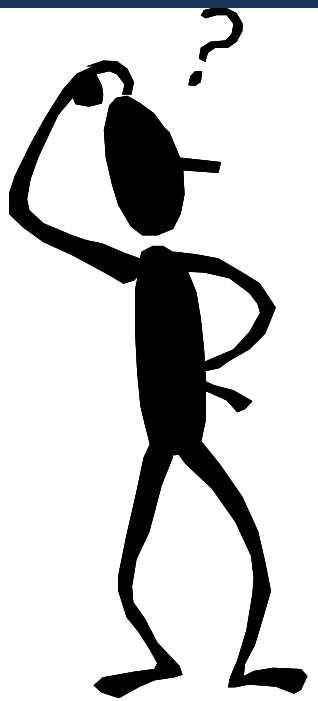


Gli organismi occupano uno spazio che rappresenta una risorsa finita che può rendersi indisponibile quando le densità delle popolazioni aumentano.

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 individui.







- **DOMANDE??**