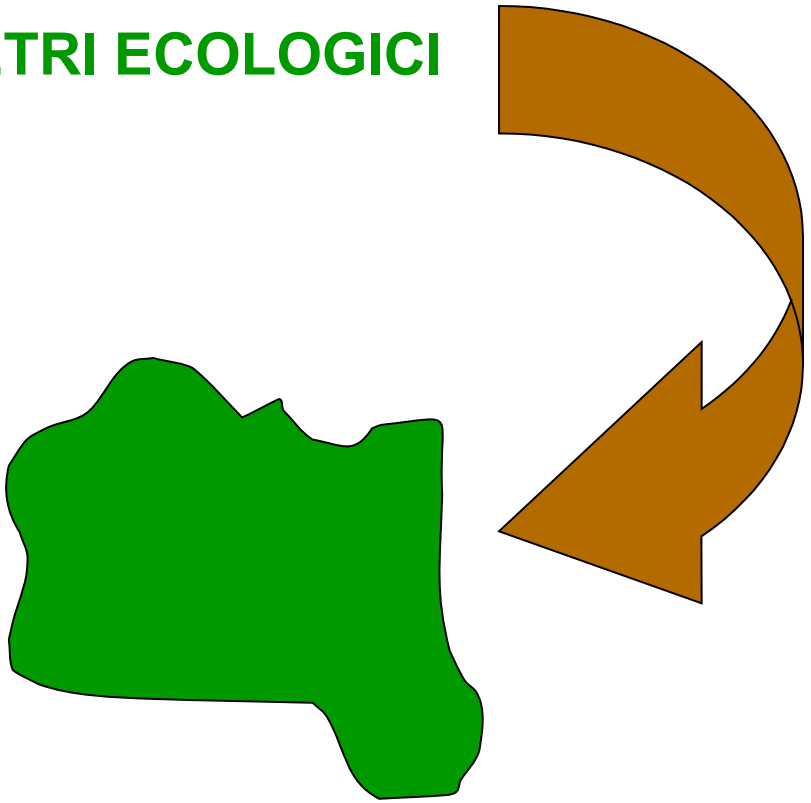
ECOBIOGEOGRAFIA

Branca della Biogeografia che interpreta le distribuzioni geografiche degli esseri viventi in chiave ecologica (cause prossime)

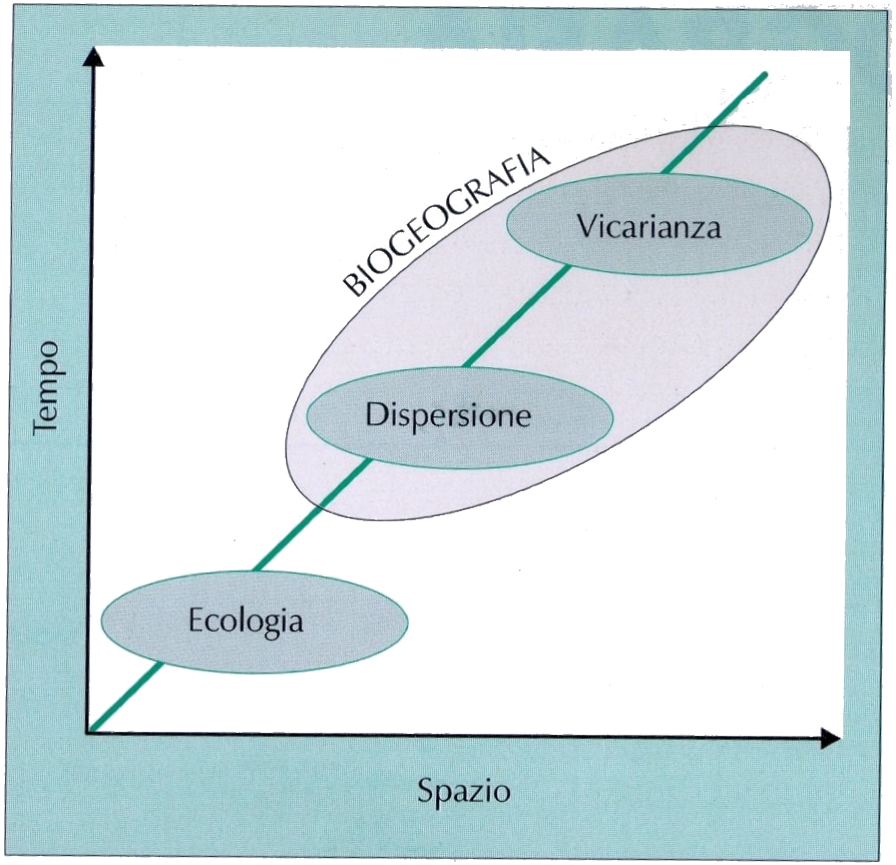
analisi sincroniche

PARAMETRI ECOLOGICI



L'APPROCCIO TEMPORALE

L'ecologia si occupa di fenomeni vicini nel tempo e limitati nello spazio mentre i fenomeni biogeografici richiedono solitamente tempi geologici e grandi scenari.

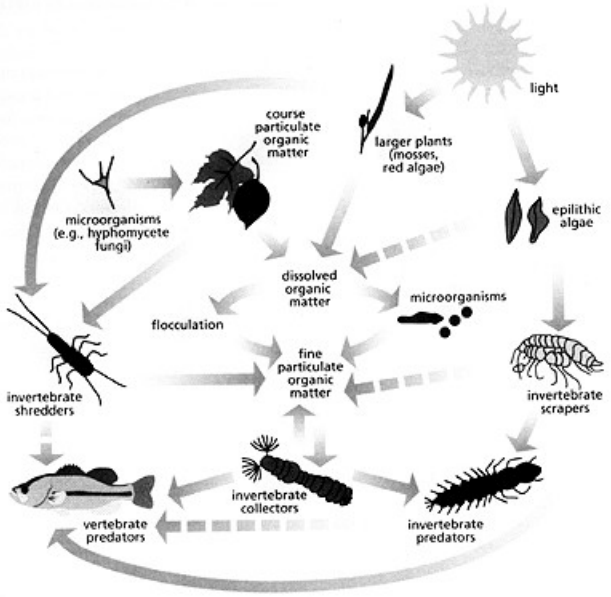


BIOMI E BIOTA

Biota: insieme delle specie presenti in una certa area geografica.

Bioma: complesso di ecosistemi che, occupando fasce climatiche simili, presentano forme viventi analoghe ed una certa coerenza ambientale. Gli elementi che costituiscono il bioma mantengono rapporti più stretti tra loro che non con l'esterno del sistema.

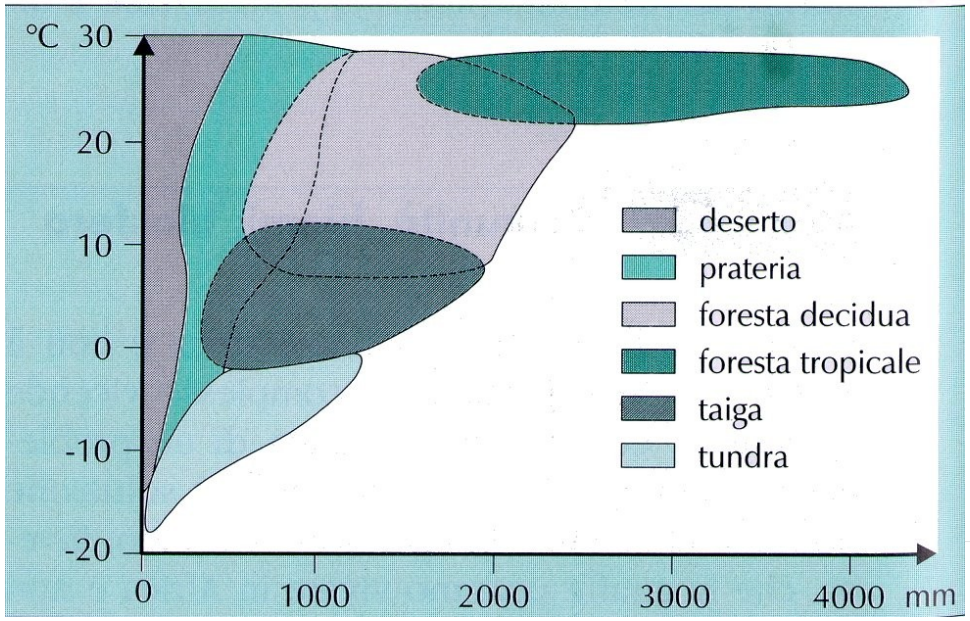
La biosfera comprende tutti i biomi del pianeta.

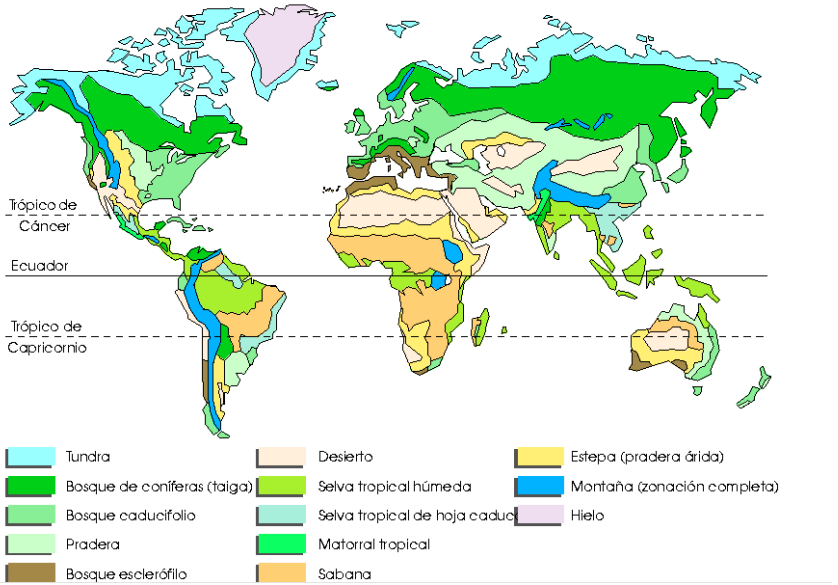


BIOMI

Le forme biologiche equivalenti di un bioma mantengono rapporti ecologici estrememente simili nella fascia climaticamente omogenea.

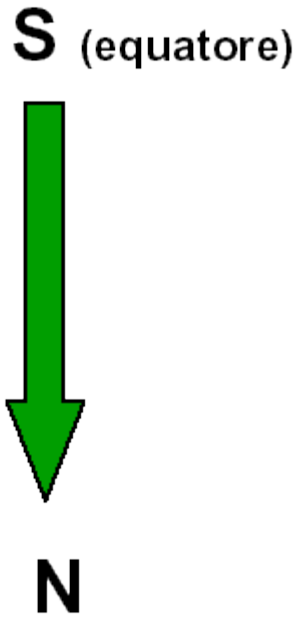
La temperatura media annua (in °C) e la precipitazione annuale (in millimetri) determinano il possibile tipo di bioma.





I PRINCIPALI BIOMI

Foresta tropicale pluviale
Savana
Deserto
Macchia mediterranea
Steppa
Foresta temperata
Taiga
Tundra



La tipologia vegetazionale riflette le caratteristiche climatiche complessive della regione che influiscono anche sulla composizione delle comunità animali.

FORESTA TROPICALE PLUVIALE

Bioma con la più alta produttività primaria (500-800 t/ha) e ad elevata biodiversità.

FORESTA TROPICALE PLUVIALE

***Rain forest*.**

Temperatura di 18-24° C,

Precipitazioni abbondanti nel corso di tutto l'anno, anche fino a 8000 mm,

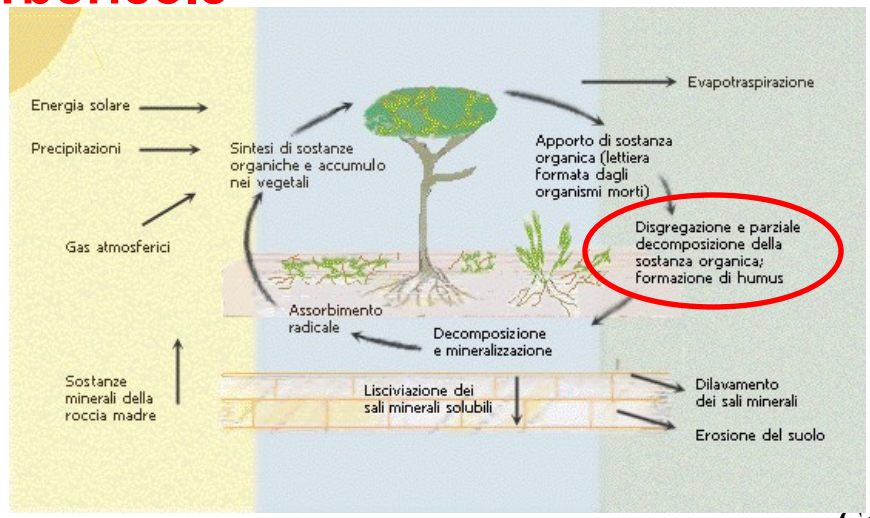
Principalmente collocata in pianura e collina (Amazzonia), altitudine max sino ai 1200 m.

Condizioni climatiche piuttosto costanti durante tutto l'anno; piante sempreverdi e igrofile con strati e inestricabili viluppi nel sottobosco.

Le chiome possono arrivare anche a 45-55 m d'altezza (*canopy*).

FORESTA TROPICALE - FAUNA

- Elevato numero di specie con pochi individui
- Grande prevalenza di Insetti (termiti e formiche in particolare)
- Abbondanza di Anfibi (rane)
- Abbondanda di microrganismi decompositori
- Mancanza di grandi Mammiferi.
- Impollinazione da parte di Insetti e Chirotteri
- Alimentazione vegetariana prevalente (fillofagia)
- Molte specie arboricole



BIOMASSE ANIMALI

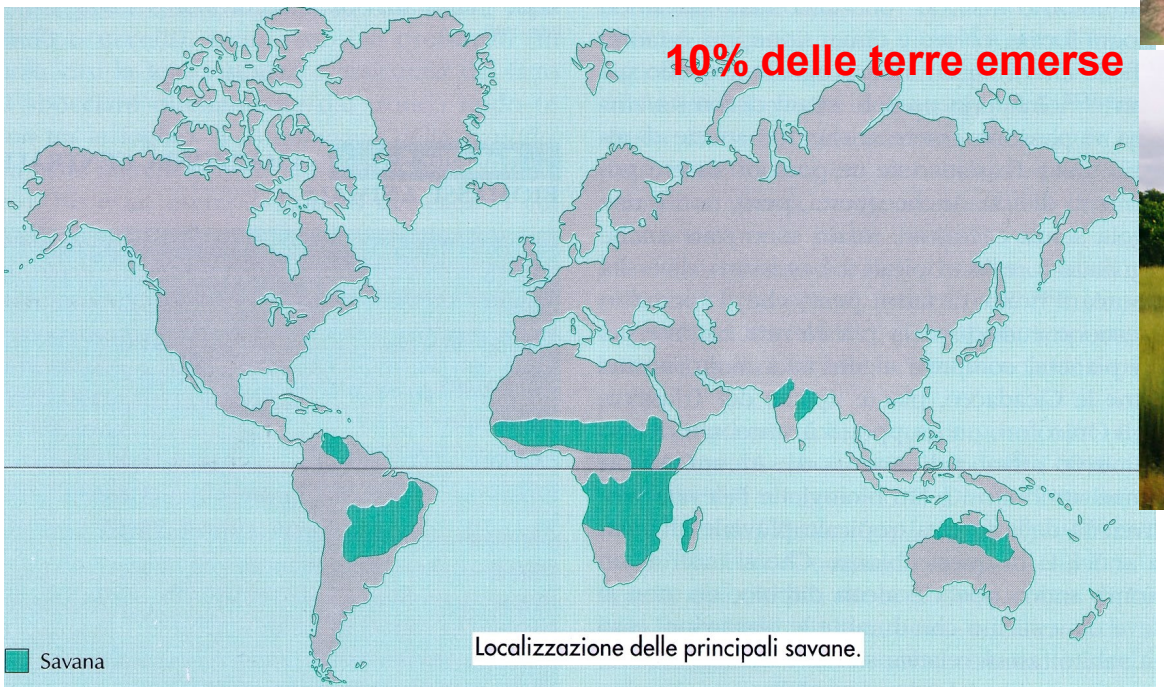
Netta prevalenza della produttività primaria.

AMAZZONIA CENTRALE:
BIOMASSE ANIMALI

Taxon	Biomassa (kg/ha)
Insetti	95.0
Fauna del suolo	84.0
Oligocheti	10.5
Mammiferi	4.2
Anfibi	3.5
Uccelli	3.4
Aracnidi	3.3
Rettili	2.4
Molluschi	0.1
Totale	≃ 200

SAVANA

- Clima sempre molto caldo
- Lunga stagione secca
- Piogge concentrate nel corso dell'anno
- Abbondanza di Graminacee (3m di altezza)



Localizzazione delle principali savane.

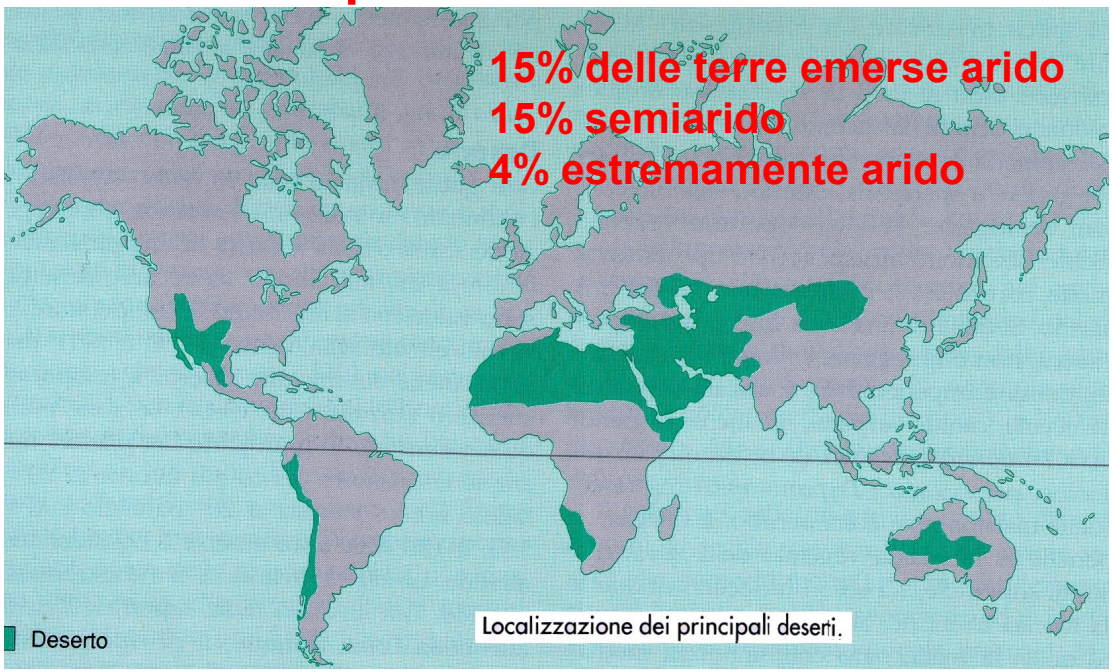
10% delle terre emerse

SAVANA - FAUNA

- Ricca e diversificata fauna a Mammiferi erbivori (Africa)
- Grossi predatori
- Abbondanti le termiti e gli Ortotteri
- Migrazioni di grossi erbivori legate alla disponibilità di acqua e cibo
- Fauna tipica: zebre, giraffe, bufali, struzzi, elefanti, canguri.

DESERTO

- Discesa dell'aria priva di umidità salita in quota dall'area equatoriale
- Precipitazioni scarse
- Evaporazione immediata
- Ampie fluttuazioni giornaliere della temperatura
- Wadi
- Bassa biodiversità

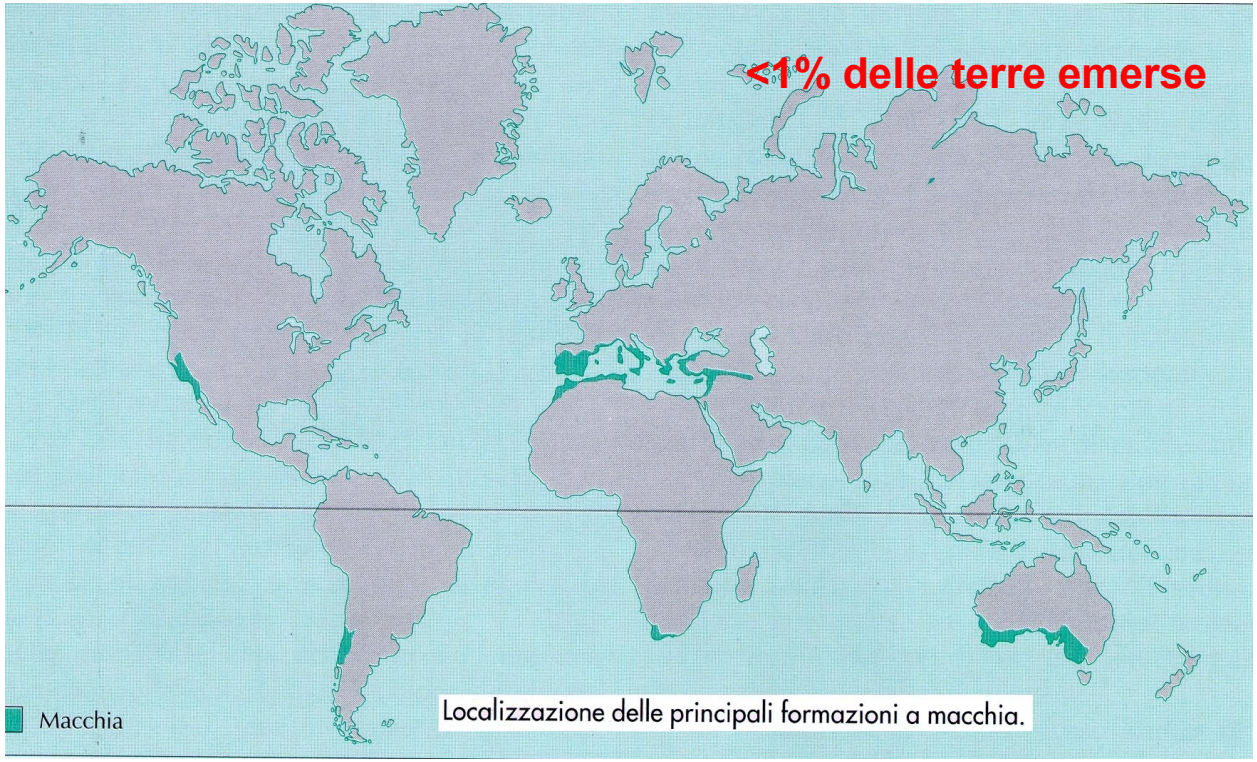


DESERTI - FAUNA

- Poche specie
- Attività notturna
- Estivazione
- Adattamenti eto-fisiologici per la conservazione dei liquidi
- Animali uricotelici meglio adattati: lucertole, serpenti, insetti, scorpioni, Uccelli
- Fauna tipica: Iguanidi, Agamidi, Viperidi, gerbilli, volpe del deserto (fennec), dromedario, Tenebrionidi.

MACCHIA MEDITERRANEA

- Estati calde e secche ed inverni miti e piovosi.
- *Deficit* di acqua estivo
- Incendi spontanei



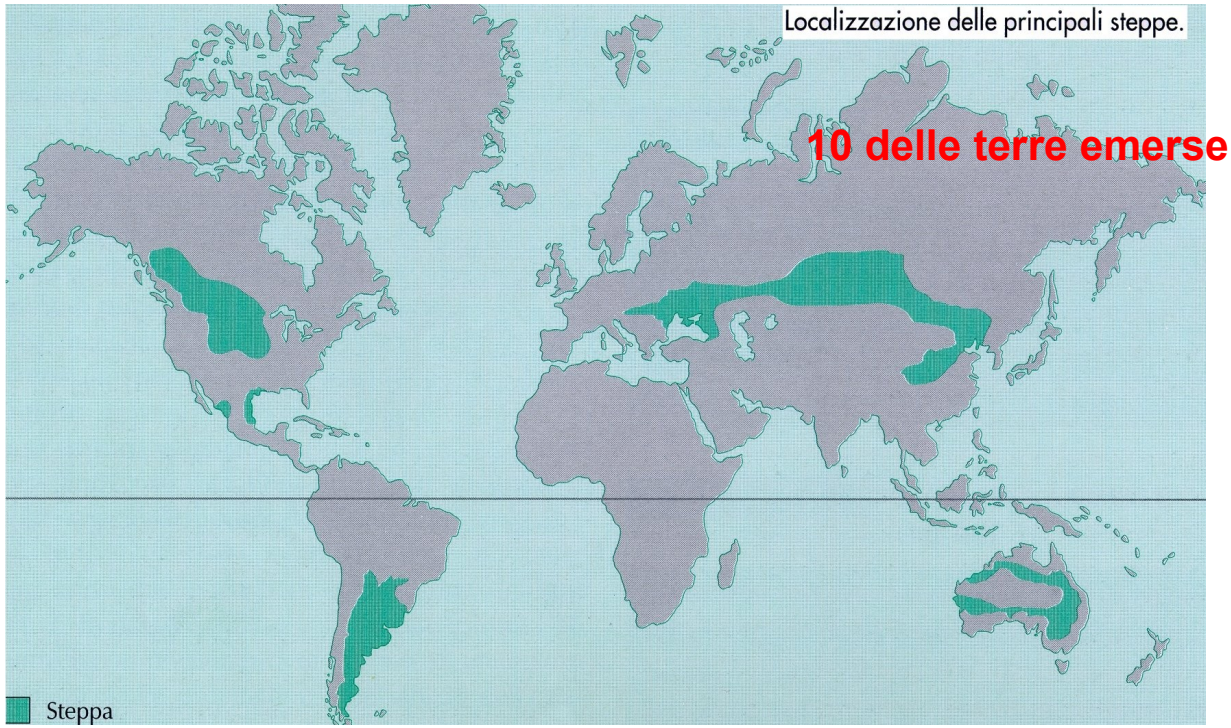
Localizzazione delle principali formazioni a macchia.

MACCHIA - FAUNA

- Potenzialmente molto ricca di fauna, ora degradata (capra)
- Ibernazione/estivazione
- Invertebrati del suolo con fluttazioni stagionali della profondità di presenza
- Fauna tipica: istrice, daino, tartarughe, Silvidi.

STEPPA

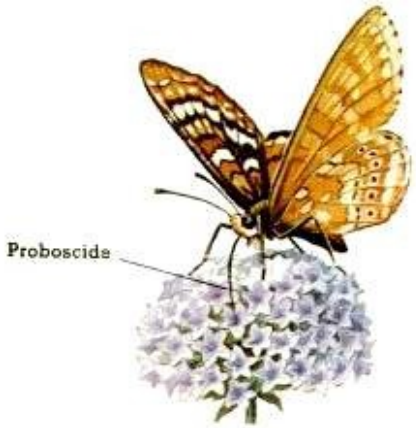
- Scarsità/assenza di alberi ed arbusti
- Siccità in estate
- Copertura erbacea densa



1/10 delle terre emerse

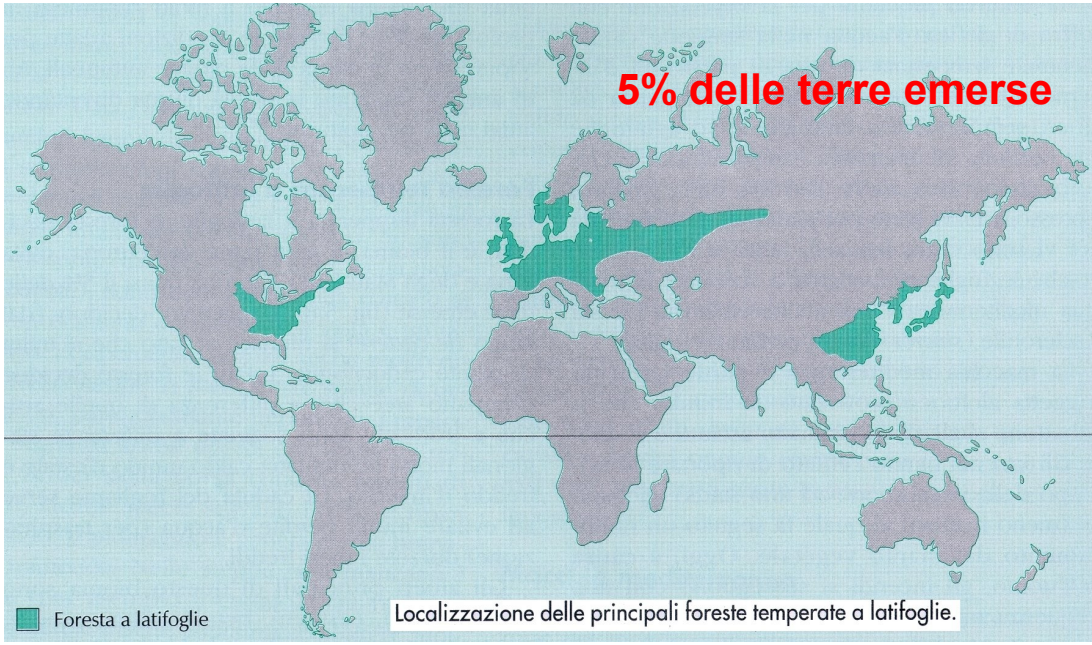
STEPPA - FAUNA

- Nidificazioni al suolo
- Grande abbondanza di Roditori
- Grande importanza degli Insetti impollinatori (Lepidotteri)
- Vita in branco come difesa dai predatori
- Fauna tipica: lepre, cane della prateria, coyote, antilocapra, bisonte, guanaco, armadillo, nandù, Ungulati, aquila delle steppe.



FORESTA TEMPERATA

- Buona disponibilità d'acqua
- Inverni rigidi ed estati piovose
- Sottobosco abbondante
- Sostituzione con agroecosistemi
- 200-300 t/ha di biomassa prodotta



Localizzazione delle principali foreste temperate a latifoglie.

FORESTA TEMPERATA - FAUNA

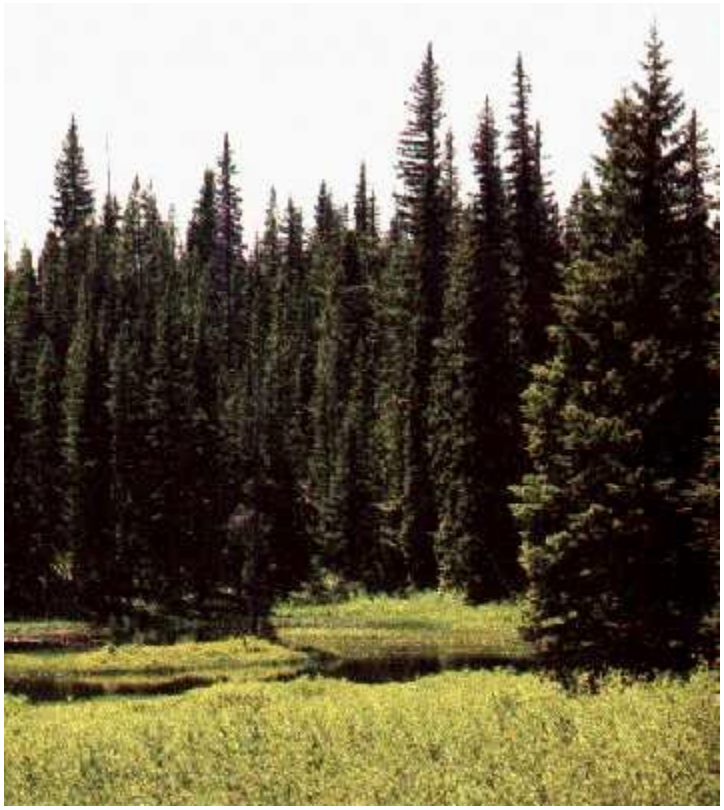
- Fauna diversificata (maggiori microhabitat)
- Ibernazione nel suolo
- Migrazione invernale
- 90% degli invertebrati sono lombrichi e/o larve di Insetti
- Animali che sfruttano i tronchi come siti di rifugio
- Fauna tipica: Gliridi, gatto selvatico, procione, puma, cinghiale, orso, castoro, molluschi coleotteri.

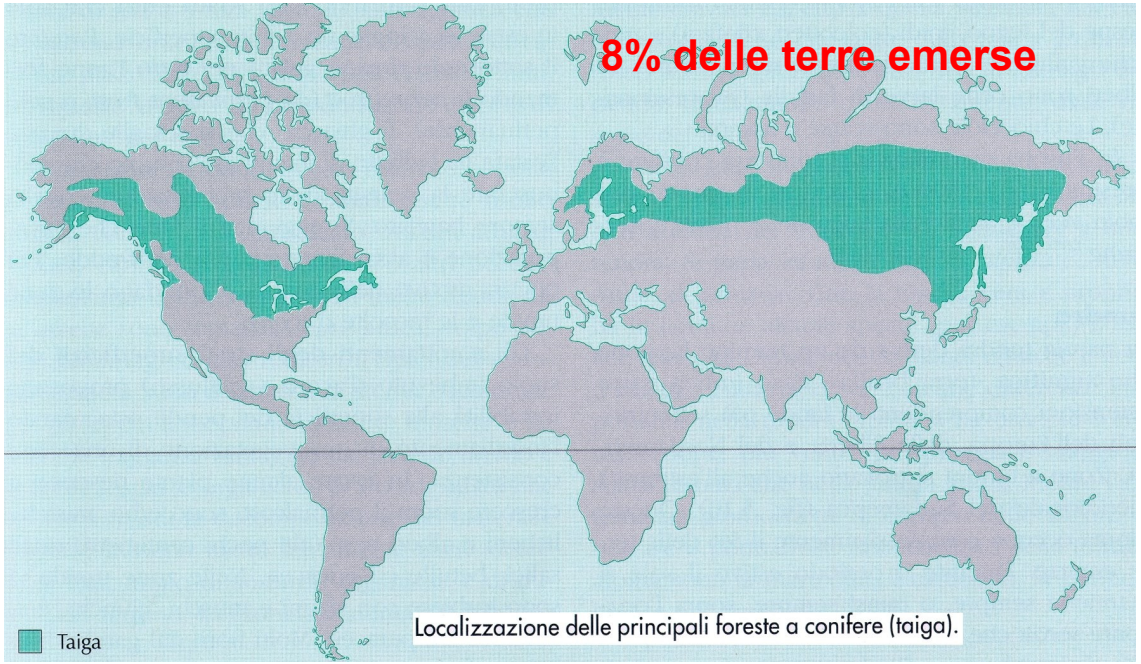
BIOMASSA ANIMALE (kg/ha)

Mammiferi	7.4
Rettili	1.7
Uccelli	1.3
Invertebrati	10 - 100

TAIGA

- Inverni molto freddi e 3-5 mesi caldi e piovosi
- Lettiera poco degradabile (resine)
- Produzione di semi (pigne)
- Più grande area forestale continua del globo



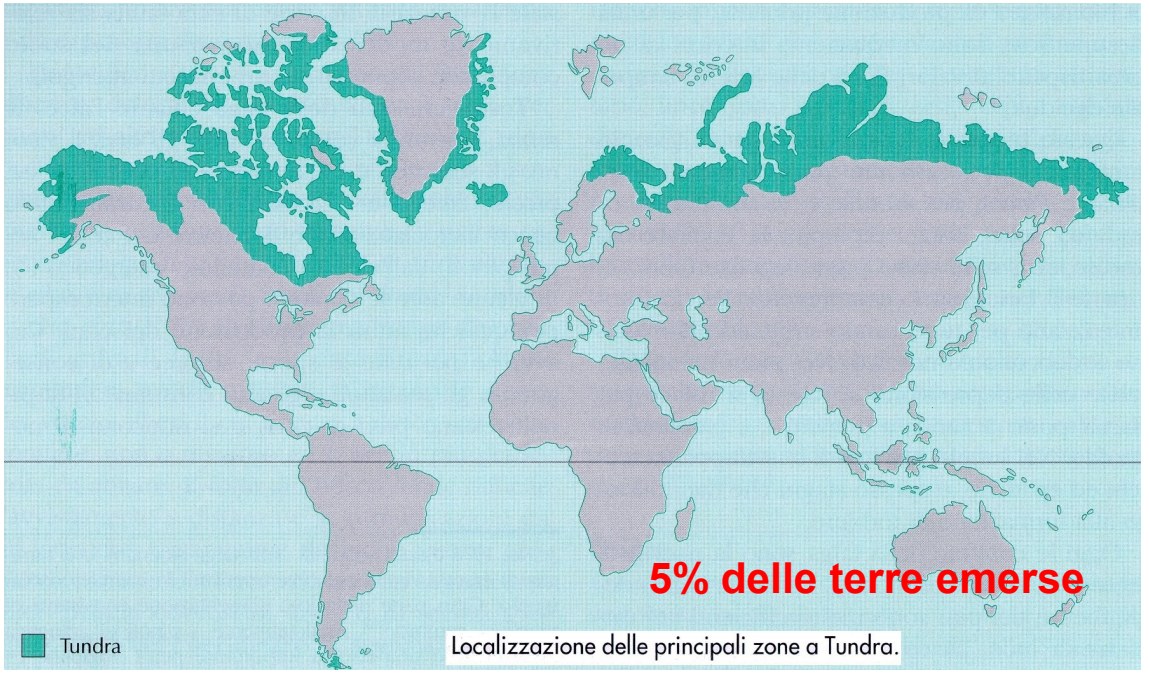


TAIGA - FAUNA

- Monotonia del popolamento animale
- Fauna invertebrata limitata dalla qualità del terreno (resine): principalmente acari ed Insetti apterigoti
- Molte specie in comune con la foresta a caducifoglie (lince, cervo, orso lupo)
- Invertebrati e piccoli Mammiferi svernano sotto la neve e le densità risultano regolate dalla presenza di semi (anche crociere e nocciolaia)
- Erbivori (renna, cervi, alce si nutrono di corteccie, licheni e gemme
- Fauna tipica: mustelidi, scoiattolo, gallo cedrone, francolino di monte, picchi, crociere, Ipidi (Coleotteri xilofagi)

TUNDRA

- Disponibilità d'acqua limitata (gelo e poche precipitazioni)
- Permafrost
- Ristagno d'acqua (scarsa evaporazione)
- Vegetazione bassa



Localizzazione delle principali zone a Tundra.

TUNDRA - FAUNA

- Poche specie con molti individui
- Roditori (topi arvicole e lemming): attività sotto la coltre nevosa
- Al disgelo migliaia di Insetti che attirano grossi stormi di Uccelli
- Grandi fenomeni migratori
- Biomassa animale relativamente elevata rispetto a quella vegetale (cibo marino)
- Fauna tipica: lemming, bue muschiato, renne, caribù, volpe polare, orso polare mosche e zanzare.

LA DIVERSITÀ ECOLOGICA

…o biodiversità. Concetto chiave sia in ecologia sia in biogeografia..
Esistono 4 livelli a cui è possibile analizzare la biodiversità:

Biodiversità sub-α

È la diversità a livello individuale (diversità genetica)

Biodiversità α

È la diversità a livello di specie

Biodiversità β

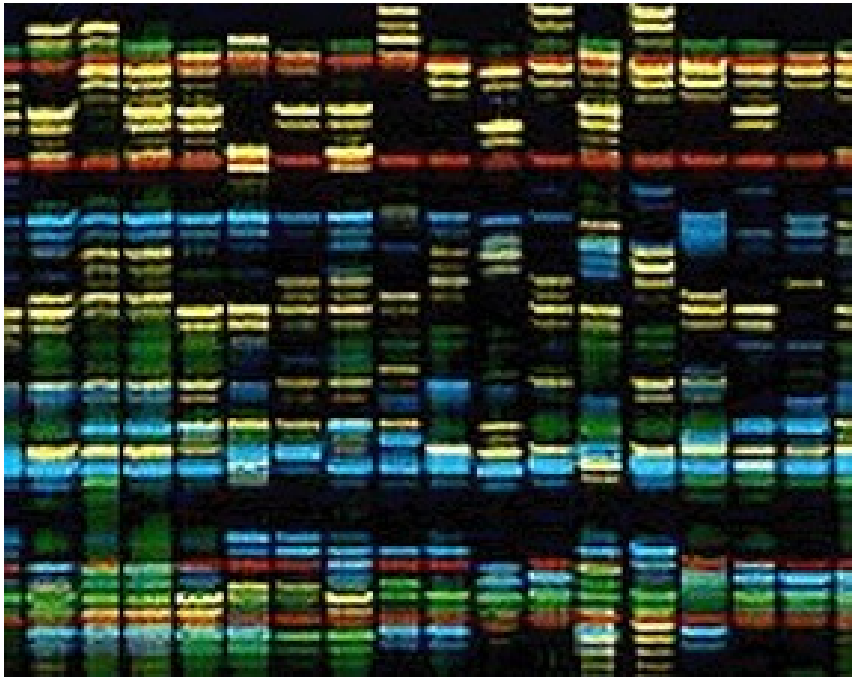
È la diversità a livello di habitat

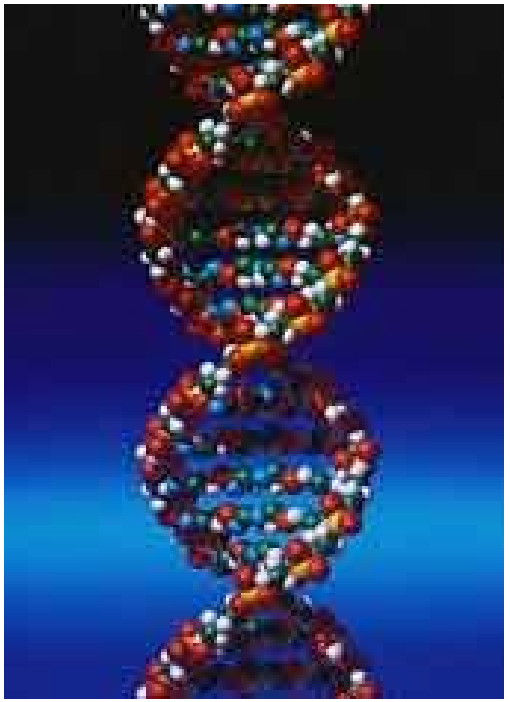
Biodiversità γ

È la diversità a livello di ecosistemi

BIODIVERSITÀ SUB-α

È la diversità intrapopolazione (intraspecifica) individuabile attraverso la differenza genetica.





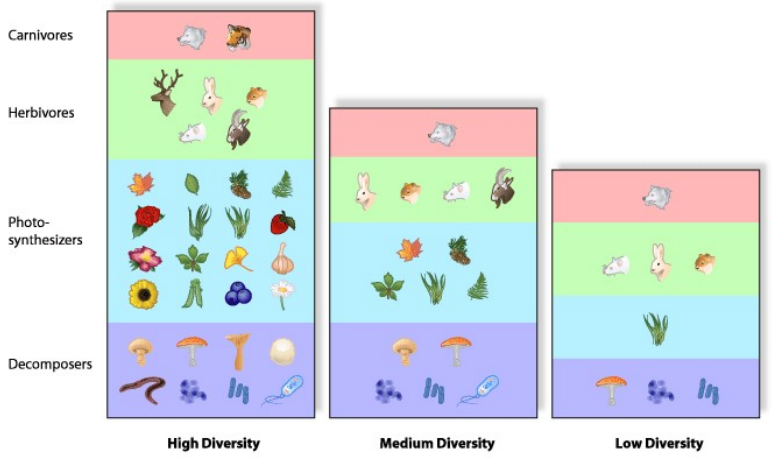
BIODIVERSITÀ α

Diversità che tiene conto del numero di specie in una superficie

ma

BIODIVERSITÀ ≠ N° DI SPECIE

Un ambiente risulta ad alta diversità se ospita molte specie tutte ugualmente "abbondanti" (principio dell'equiripartizione - *eveness)*



BIODIVERSITÀ β

Diversità che descrive come varia la diversità da un habitat ad un altro. Si ricava dalle due precedenti: Beta= gamma/alfa (alfa= media delle diversità alfa dei diversi habitat).

BIODIVERSITÀ γ

Diversità che tiene conto del diverso numero di specie a livello ecosistemico.

BIOGEOGRAFIA E BIODIVERSITÀ ALFA

…che relazioni esistono e perchè è massima ai tropici?

IPOTESI

Tempo

Eterogeneità spaziale

Competizione

Predazione

Stabilità climatica

Produzione

Disturbo moderato

Cambiamento graduale

Uguaglianza delle opportunità

LE IPOTESI...

Tempo: tutte le comunità tendono a diversificare nel corso del tempo (lago Bajkal)

Eterogeneità spaziale: in relazione a fattori di macro e micro scala (massima nelle zone tropicali)

Competizione: rende massima la diversità a differenza delle costrizioni fisiche

Predazione: elevato numero di predatori (insieme ai parassiti) ai tropici che favorisce la diversità (pressioni ambientali)

Stabilità climatica: Il clima tropicale garantisce costanza nelle risorse. Ciò causa principalmente eventi sincronici che fanno risultare le nicchie molto strette (coesistenza di molte specie)

LE IPOTESI...

Produzione: A parità di condizioni la diversità è maggiore in relazione alla maggior produzione di biomassa

Disturbo moderato: Condizioni stabili = poche specie con maggior *fitness*

Stress eccessivi = poche specie adattabili

Disturbi moderati = maggior diversità a causa delle condizioni volta per volta favorevoli a specie diverse e troppo poco limitanti per eliminare gruppi sistematici

Cambiamento graduale: Molti cambiamenti periodici sono troppo rapidi per determinare una situazione di stabile vantaggio per una certa specie, così molti organismi diversi coesistono

NUMERO DI SPECIE POSSIBILI

Ipotesi: specie marine viventi=200.000

fossile più antico: 650 mil anni

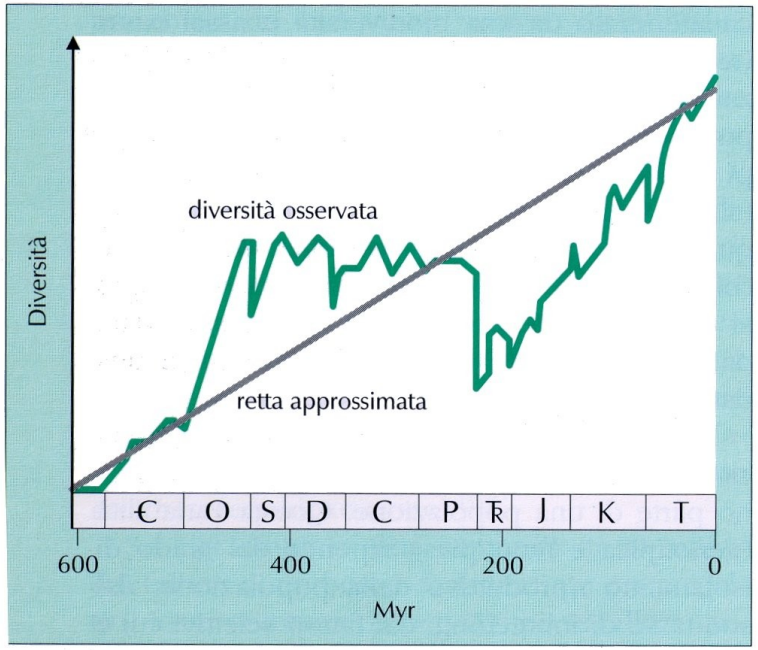
durata media specie: 5 mil anni

(650/5) X 200.000/2 = 13.000.000

specie marine vissute sino ad ora

Limite: capacità di discriminare le specie

paleontologi≠neontologi



Aumento irregolare (approssimato dalla linea retta) del numero di famiglie di animali marini negli ultimi 600 Myr. Abbreviazioni: **Є barrato** = Cambriano, **O** = Ordoviciano, **S** = Siluriano, **D** = Devoniano, **C** = Carbonifero, **P** = Permiano, **Tr** = Triassico, **J** = Giurassico, **K** = Cretaceo, **T** = Terziario (da J.J. Sepkoski).

NUMERO MASSIMO DI SPECIE

DUE APPROCCI

1) Tetto alla massima diversità possibile (n° di specie) che coincide con il n° di nicchie ecologiche potenziali

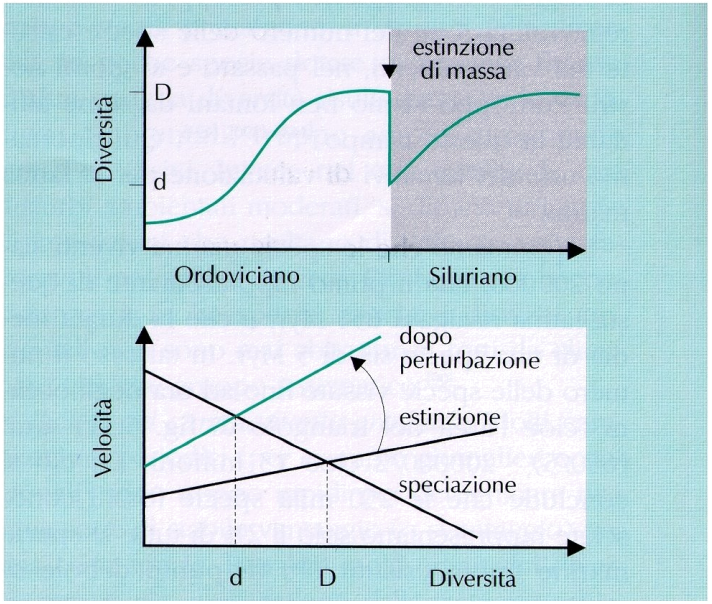
2) L'evoluzione crea nuove nicchie, pertanto il numero di specie può aumentare senza limite

Lo studio degli andamenti del passato sembra confermare entrambe le ipotesi

MODELLO MACARTHUR-WILSON

L'aumento delle diversità rallenta i processi di speciazione ed aumenta le estinzioni

In alto. Andamento del numero dei generi marini: dopo un aumento (prima) ed una stasi (poi), si ha un crollo (da 1200 a 600) dovuto alla grande estinzione di fine Ordoviciano. *In basso*. Modello interpretativo logistico: il numero dei generi, o diversità biologica (*D*), è determinato dall'intersezione della retta del tasso di speciazione con quella del tasso di estinzione (ambedue sono funzione della diversità biologica esistente). Un evento perturbatore rende più ripida la retta della velocità di estinzione spostando (ascisse) la diversità di equilibrio *D* fino a *d* (da J.J. Sepkoski).



DIVERSITÀ ILLIMITATA

Continuo aumento di diversità dopo la grande estinzione di massa del Permiano.

Il numero di specie possibili non presenta un limite massimo perchè le nicchie occupate sono sempre meno di quelle ipotizzabili (nicchia dei "serpenti erbivori")

TETTO MASSIMO

Alcuni autori non escludono teoricamente la presenza di un tetto massimo.

Massima diversità=popolazioni piccolissime (P)

Limite P_c sotto il quale le estinzioni sono maggiori delle speciazioni, esiste quindi anche un numero critico di specie (S_c) che rappresenta l'equilibrio.

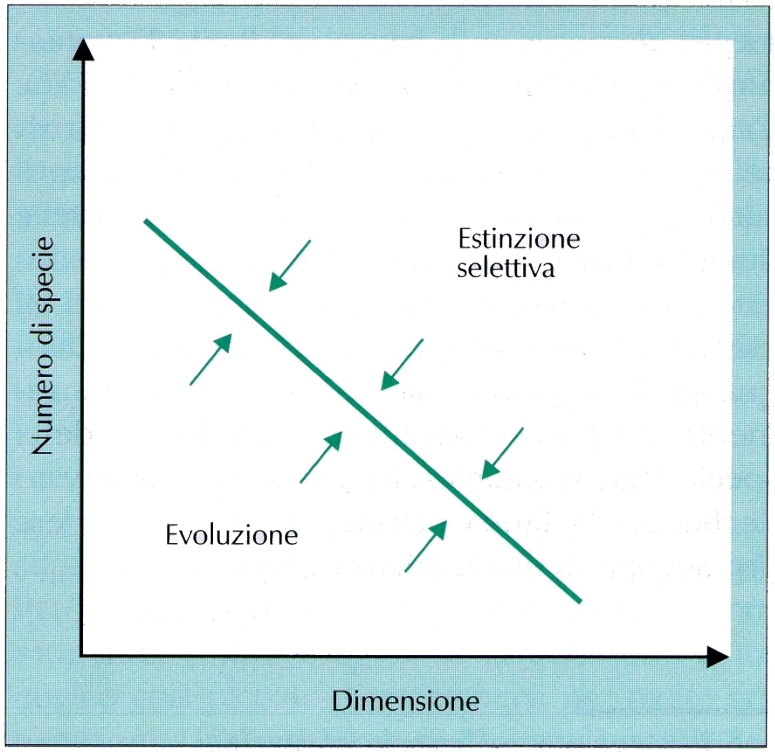
Una radiazione evolutiva ha termine quando $P=P_c$

Alcuni generi di coralli e Foraminiferi hanno lunghi tempi di longevità quando le specie sono limitate e brevi esistenze quando il numero di specie è elevato

ESTINZIONE SELETTIVA

Estinzione selettiva: agisce su alcune specie a vantaggio di altre

Evoluzione e diversificazione delle forme biologiche *vs.* estinzione selettiva, in funzione delle dimensioni dell'organismo (da C.W. Fowler, J.A. MacMahon).



ESTINZIONE SELETTIVA

Più probabile per specie con:

- **areali piccoli e/o popolazioni ridotte**
- **posizione elevata nelle catene trofiche**
- **specializzazione elevata**
- **ciclo biologico lungo**
- **grandi dimensioni**

FATTORI CHE REGOLANO LA BIODIVERSITÀ

Aumento di diversità nel Cambriano coincide con la frammentazione della Pangea (la formazione dei continenti favorisce nuove forme viventi)

La frammentazione è correlata col sollevamento delle dorsali oceaniche che sollevano i livelli delle acque. L'aumento delle superficie acquatiche smorza le temperature estreme (favorisce lo sviluppo di forme viventi)

Aumento di biodiversità anche su scale temporali ridotte (Ciclidi nel lago Vittoria in 0.5 mil anni)

DISTRIBUZIONE, ABBONDANZA E DIVERSITÀ

Parametri legati da precisi rapporti di interdipendenza

Solo specie con ampia distribuzione (G), preferenze ampie di habitat (H) e composta da un grande numero di individui (N) può considerarsi comune.

Le altre combinazioni presentano specie che possono considerarsi "rare"

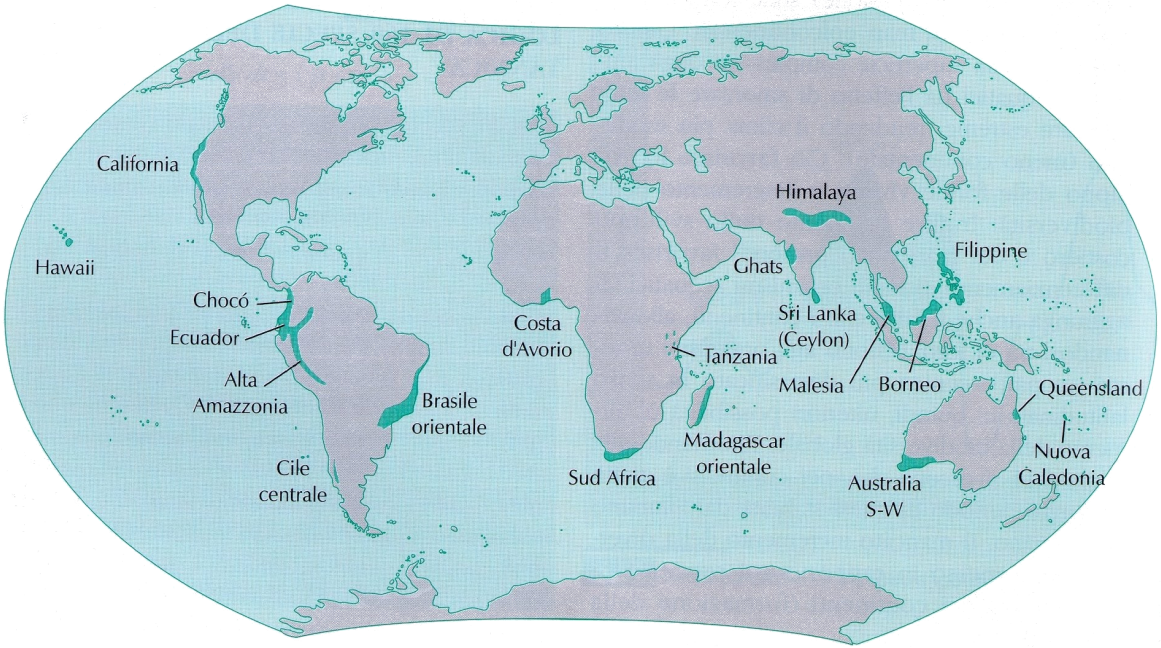
CLASSIFICAZIONE ECOLOGICA DI 160 SPECIE DELLA FLORA BRITANNICA

GHN	58	specie comuni e più o meno cosmopolite (*es. Quercus robur*)
GHn	2	idem, ma con pochi individui (*es. Senecio jacobaea*)
GhN	71	specie indicatrici di habitat (*es. Papaver rhoeas*)
Ghn	6	specie rare solo in Gran Bretagna (*es. Silene acaulis*)
gHN	6	specie comuni soprattutto in Gran Bretagna (*es. Pinus sylvestris*)
gHn	0	caso teorico, non riscontrato in Gran Bretagna
ghN	14	specie indicatrici endemiche di habitat (*es. Thymus serpyllum*)
ghn	3	specie rare in Gran Bretagna e nel mondo (*es. Saxifraga harti*)

AREE AD ALTA DIVERSITÀ

43 specie di formiche su una leguminosa=a tutte quelle presenti in Gran Bretagna.

Bacino delle Amazzoni ha un n° di specie più grande di quelle dell'oceano Atlantico



In questa carta vengono indicate alcune delle aree più importanti per la ricchezza di specie ospitate (aree ad elevata diversità biologica). Molte di esse sono minacciate dall'impatto antropico (da E.O. Wilson).

TEORIA ESA

La biodiversità sembra dipendere principalmente da 3 fattori:

Energia

Stabilità

Area

E=quantità di luce sfruttata dalle piante

S= modesta escursione termica

A=rapporto di proporzionalità fra superficie e numero di specie

LE ESTINZIONI

Le specie estinte costituiscono il 99.5% delle specie comparse sulla terra.

Esiste quindi un *turnover* di specie le quali hanno, mediamente, un'esistenza variabile da 1 a pochi milioni di anni

ESTINZIONI CON SOSTITUZIONE

In condizioni di equilibrio le specie che si avvicendano nel tempo sono vicarianti ecologici (cambiano le specie ma non i ruoli).

Tilacino → **Dingo**

Dinosauri → **Mammiferi**

Mammiferi S America → **Mammiferi N America**

ESTINZIONI SENZA SOSTITUZIONE

Estinzione di una o più specie senza che il ruolo venga ricoperto da altri *taxa*.

Trilobiti **(Paleozoico 250-570 My)**

Ammoniti **(Mesozoico 250-65 My)**

TURNOVER

$T=(O_r+E_r)/2$

tasso di origine $O_r = O_i/d$

O_i= n° specie nuove nel *taxon* "i" nel tempo d

d= tempo in My

tasso di estinzione $E_r = E_i/d$

E_i= n° specie estinte nel *taxon* "i" nel tempo d

d= tempo in My

non confondere estinzioni locali con estinzioni globali

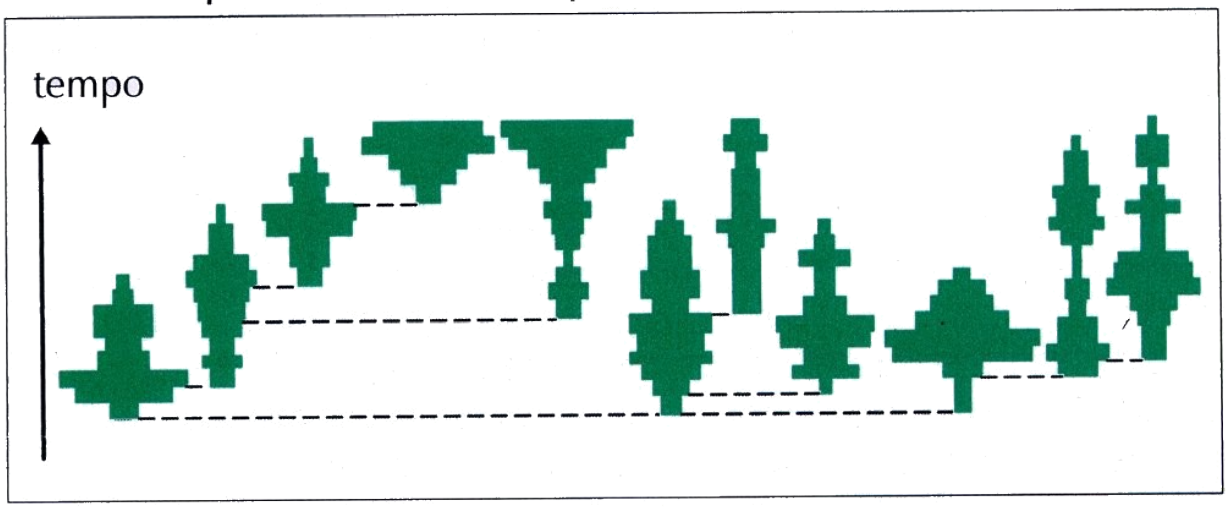
TIPI DI ESTINZIONI

Le estinzioni possono essere distinte in locali e globali rispetto al fattore spazio, oppure in normali (*turnover*), di massa (numerosi *taxa*) o catastrofiche (di massa in poche migliaia di anni) in riferimento al fattore tempo.

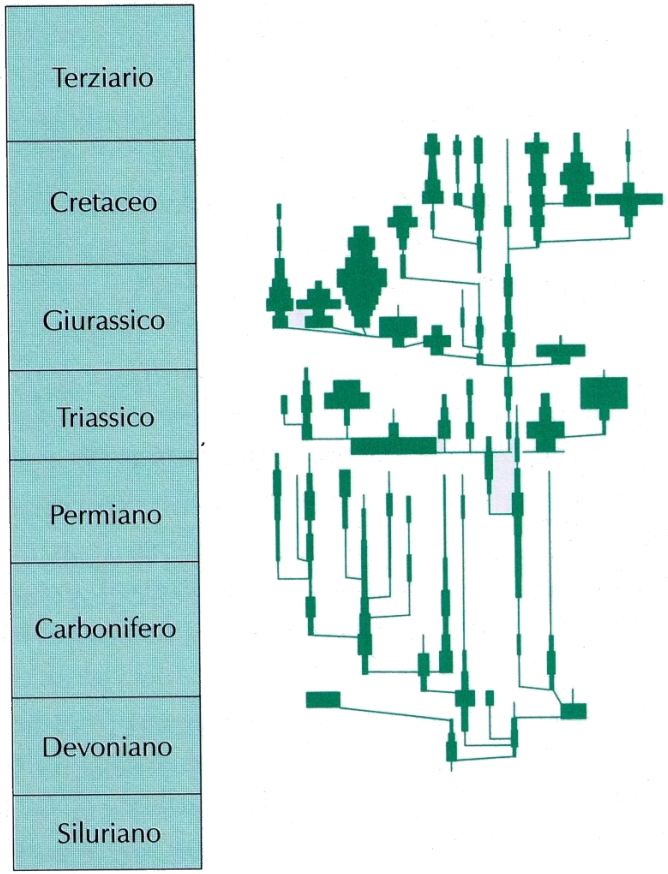
CASUALITÀ ED ESTINZIONE

La comparsa e la scomparsa delle specie sembrano soggiacere a criteri di tipo stocastico

Queste 11 linee filetiche (cladi) sono state generate al computer simulando speciazioni ed estinzioni casuali. L'ampiezza delle bande è proporzionale al numero di specie (da D.M. Raup *et al.*).



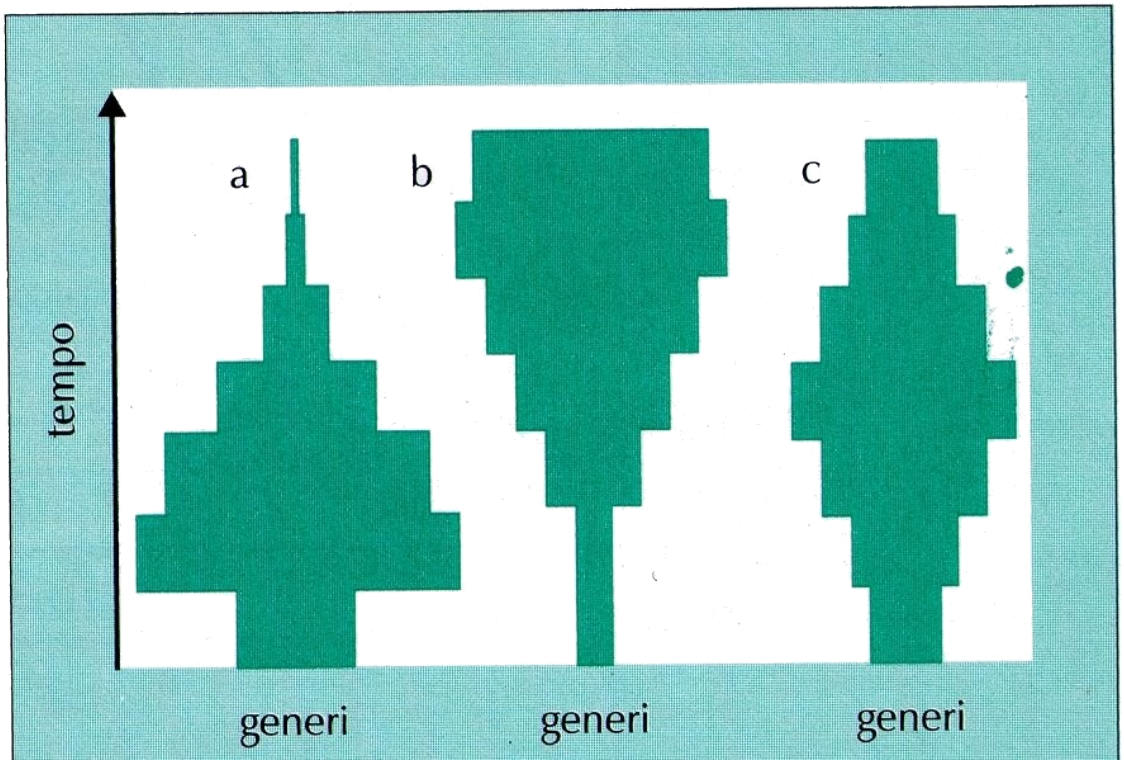
CASUALITÀ ED ESTINZIONE



Ricostruzione delle linee filetiche delle Ammoniti: si notino le grandi estinzioni (di fine Permiano, fine Triassico e fine Cretaceo) ma anche la comparsa e scomparsa, apparentemente casuale, delle altre linee evolutive (da N.D. Newell).

CASUALITÀ ED ESTINZIONE

Alcuni taxa creano una grande diversità di generi all'inizio del loro sviluppo (modello *a*), altri la creano verso il termine, o alla metà, del loro percorso evolutivo (modelli *b* e *c*) (da S.J. Gould).



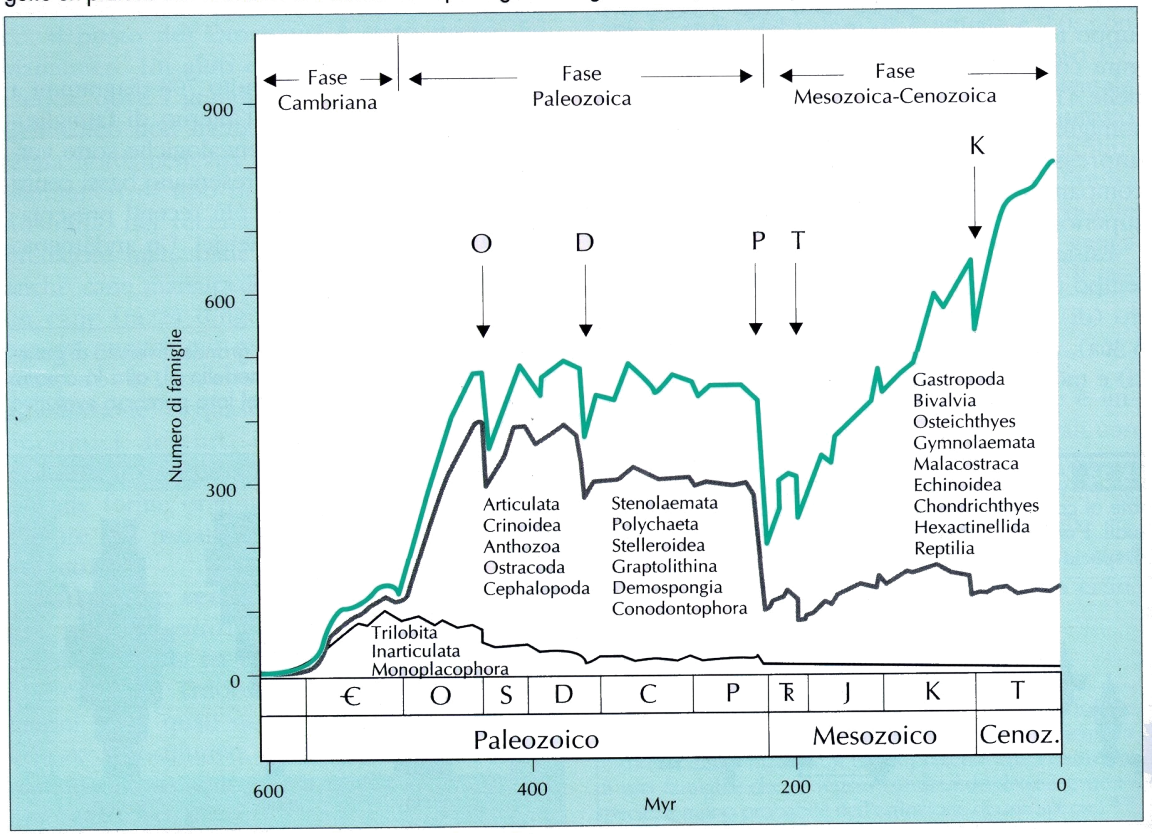
PERIODICITÀ?

Alcuni Autori ipotizzano una ricorrenza nelle estinzioni di massa di circa 26-30 My in relazione a cause astronomiche (variazione nell'inclinazione dell'asse terrestre, percorso intorno al sole…)

LE ESTINZIONI DI MASSA

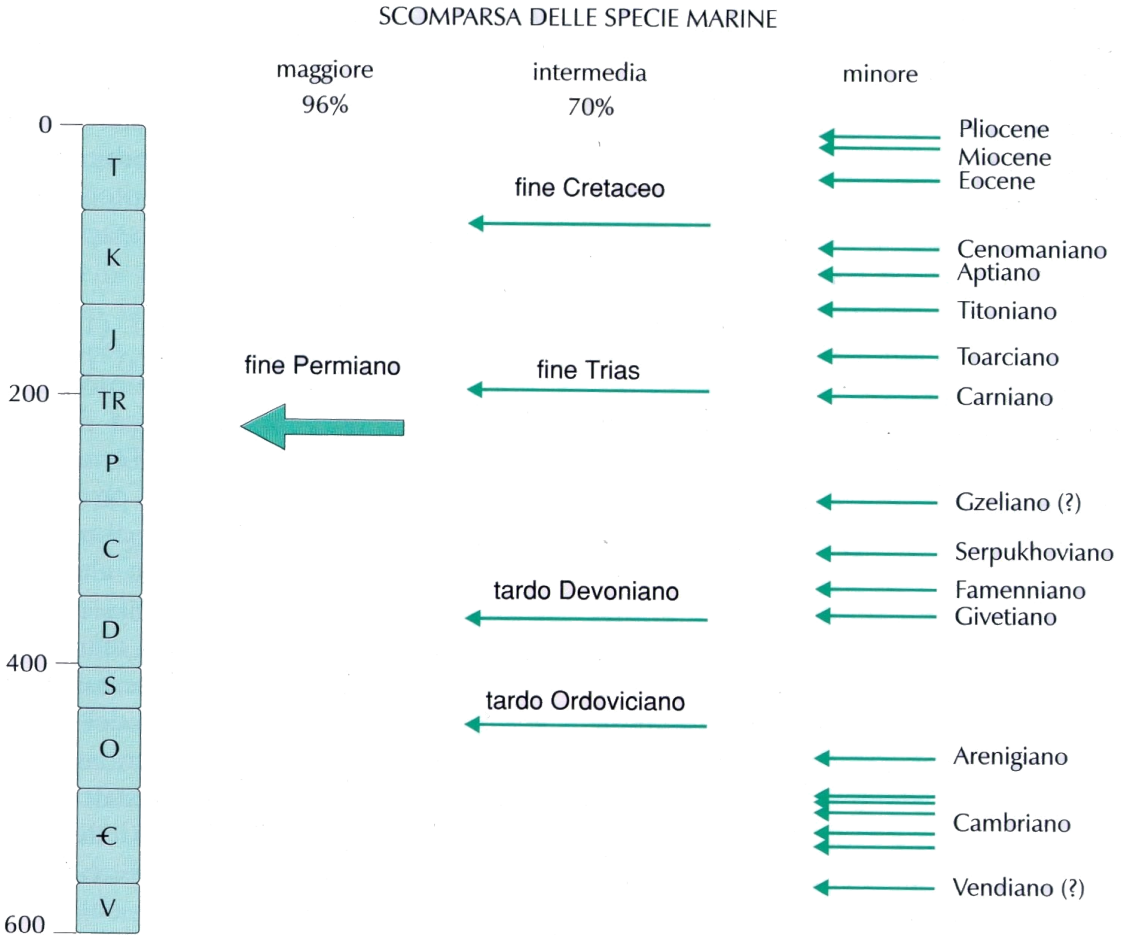
Note 5 grandi estinzioni di cui la maggiore a fine Permiano

Durante il Fanerozoico si è avuta una «esplosione» iniziale di forme anatomiche marine cui ha fatto seguito un plateau dal Siluriano al Permiano. Dopo la grande estinzione di fine Permiano si è avuto un aumento più o meno regolare della diversità. Abbreviazioni come in figura 5.11 (da J.J. Sepkoski).



LE ESTINZIONI DI MASSA

Estinzioni nel Fanerozoico: si contano un evento estintivo di enormi proporzioni, 4 eventi piuttosto importanti e una ventina di estinzioni minori. Abbreviazioni come in figura 5.11 (da J.J. Sepkoski).



L'ESTINZIONE DEL PERMIANO

(250 My) Fine del dominio degli Anfibi Labirintodonti e dei Rettili Anapsidi (tartarughe) sostituiti da Rettili Sinapsidi poi Diapsidi (Dinosauri).

Riduzione Insetti (-8 ordini su 27)

Modificazione bentos marino

CAUSE

rigidità climatica e maggior aridità in seguito alla Pangea II (fusione delle placche)

in seguito alla fusione delle placche c'è stato anche un abbassamento del livello degli oceani (scomparsa dei bacini poco profondi)

Attività vulcanica elevata (effusione materiale basaltico): polveri e solfati in atmosfera

L'ESTINZIONE DEL CRETACEO

(65 My) Fine del dominio dei Dinosauri ed esplosione evolutiva dei Mammiferi

Limite K/T

CAUSE

frazionamento della Pangea II con diminuzione dei mari epicontinentali

impatto cosmico (meteorite di 10+4 km di diametro): presenza di Iridio da 20 a 160 più alte del normale. Impatto nello Yucatàn

Conseguenze: onda alta 5 km, liberazione di 10^{15} moli di CO_2 ed So_2 con formazione di piogge acide (10^{16} moli di H_2SO_4). Abbassamento della temperatura (polveri) per alcuni anni.

L'ESTINZIONE DEL PALEOCENE

(57 My) Riguardò soprattutto gli organismi marini (90% del volume della biosfera). Estinzione dei Foraminiferi

CAUSE

riscaldamento dei mari profondi da meno di 6° a circa 10° C

CONTATTTO TRA DUE REGIONI ZOOGEOGRAFICHE

Il contatto tra due regioni zoogeografiche differenti produce sempre eventi di ampio effetto biogeografico.

Pochi milioni di anni fa è avvenuto il contatto tra il Sudamerica ed il Nordamerica (Grande Interscambio Americano).

Circa 70 milioni di anni fa cominciarono a comparire in Sudamerica numerosi Mammiferi arcaici. I Marsupiali si specializzarono soprattutto per una dieta carnivora mentre i Placentati soprattutto erbivora.

Circa 30 milioni di anni fa alcuni Mammiferi nordici riescono a raggiungere il Sudamerica grazie alla presenza di isole interposte (arricchimento della fauna Sudamericana).

CONTATTTO TRA DUE REGIONI ZOOGEOGRAFICHE

Circa 3 milioni di anni fa le due Americhe risultano collegate mediante il ponte centroamericano. Dal nord al sud transitano parecchi Mammiferi (Giaguaro, Ocelot, Pecari, Coati, Guanaco, Vigogna).

Dal sud al nord le invasioni sono meno numerose e meno sconvolgenti per l'assetto faunistico settentrionale. Passano Armadilli, Opossum, Gliptodonti, Formichieri e Toxodonti.

CONTATTTO TRA DUE REGIONI ZOOGEOGRAFICHE

Quindi in Sudamerica arrivarono specie appartenenti a 24 generi (immigranti primari) da cui derivarono numerose nuove specie (immigranti secondari).

Verso il Nordamerica migrano solo specie appartenenti a 12 generi e questi danno origine a poche specie di neoformazione.

Questa asimmetria provocò, in Sudamerica, il verificarsi di una forte competizione che originò un imponente fenomeno di estinzione di massa, in particolare per specie di grandi dimensioni.
Attualmente il 21% dei generi di Mammiferi nordamericani è di origine meridionale mentre il 50% dei generi sudamericani è di origine settentrionale.

L'ESTINZIONE DEL PLEISTOCENE

(0.01 My) Ultima in ordine di tempo. Grande importanza nella definizione dei biomi odierni

CAUSE

glaciazioni con periodi di freddo lunghi mediamente 100.000 anni interrotti da periodi interglaciali di 10-20.000 anni

l'estinzione di massa si verificò al termine dell'ultima glaciazione (10.000 anni fa). Infatti nell'ultimo interglaciale in quella che è l'attuale Europa, vivevano elefanti, rinoceronti, ippoppotami, leoni, iene (clima mediterraneo in Gran Bretagna)

pressione "venatoria" da parte dell'uomo

sinergie tra *overkill* e variazioni climatiche che hanno limitato l'areale delle specie

L'ESTINZIONE DEL PLEISTOCENE

Eurasia (presenza antica dell'uomo): estinzioni in tempi lunghi (10 - 40.000 anni)

Nordamerica (presenza dell'uomo recente): estinzioni in tempi brevi (10.000 anni)

Africa (presenza antica dell'uomo ma assenza di glaciazioni): assenza di estinzioni pleistoceniche

grande mammifero = peso > 40 kg

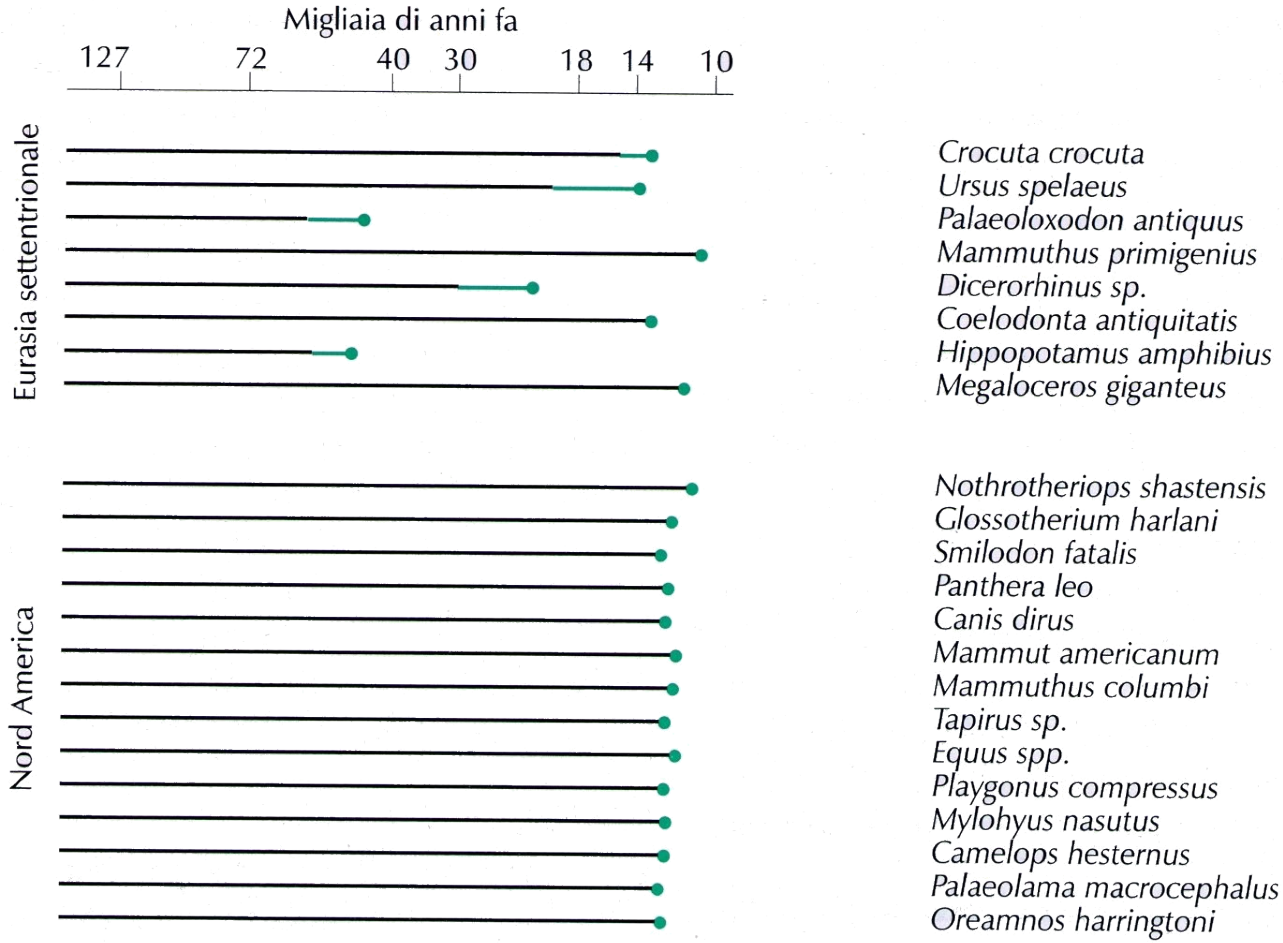
Eurasia estinti 11 su 43 (26%)

Nordamerica estinti 38 su 54 (70%)

Africa estinti 4 su 56 (7%)

L'ESTINZIONE DEL PLEISTOCENE

Estinzioni pleistoceniche dei grandi mammiferi in Eurasia e in Nordamerica (da A.J. Stuart).



L'ESTINZIONE DEL OLOCENE

ESTINZIONI DOVUTE ALL'UOMO DAL 1600 AL 1992

	Numero di specie	in %
Molluschi	191	0.2
Crostacei	4	0.01
Insetti	61	0.005
Pesci	29	0.1
Anfibi	2	0.07
Rettili	23	0.4
Uccelli	116	1
Mammiferi	59	1
totale	**485**	**0.04**
Gimnosperme	2	0.3
Dicotiledoni	120	0.2
Monocotiledoni	462	0.2
totale	**584**	**0.3**

(10.000 anni fa ad oggi) Ben conosciute e spesso ad opera dell'intervento diretto o indiretto dell'uomo

- **Caccia**
- **"Competizione" ("nocivi")**
- **Introduzioni**

ESTINZIONI DI FONDO

I ritmi sono determinati dalle caratteristiche ecologiche degli individui di una determinata specie, (al contrario delle estinzioni di massa) ed all'ampiezza dell'areale

Gasteropodi (fossili ben studiabili grazie alle conchiglie) con larve planctotrofe, a differenza di quelli con larve lecitotrofe, hanno archi di persistenza di 1-14 My contro 1-2 My.

Il 90% dei Gasteropodi con ampio areale, a differenza di quelli con areale ristretto, si estinguono in media in 16 My contro i 6 My.

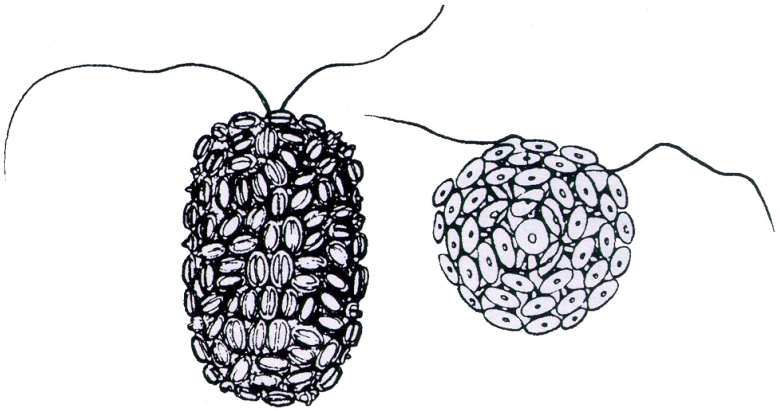
ESTINZIONI DI FONDO

I caratteri che favoriscono l'esistenza durante le estinzioni di massa non sono correlati con quelli che favoriscono la normale esistenza.

L'estinzione di massa rompe l'egemonia di gruppi numerosi e ben adattati a causa di una lunga evoluzione ed apre nuovi spazi a gruppi che possono compiere ampie radiazioni adattative

EVOLUZIONE ESTINTIVA

Quando una specie raggiunge un elevato successo biologico "offre il fianco" a potenziali microrganismi patogeni specie-specifici che sfruttando l'ampia diffusione della specie e la grande capacità di rimescolamento si riproducono rapidamente ed in grande quantità agendo come fattore di estinzione per la specie ospite (microplancton marino)



I Coccolitofori sono elementi del nanoplancton. Le specie qui rappresentate misurano dai 10 ai 20 μm ed hanno scheletro costituito da numerose placche calcaree (coccoliti) (da G. Trégouboff, M. Rose).