



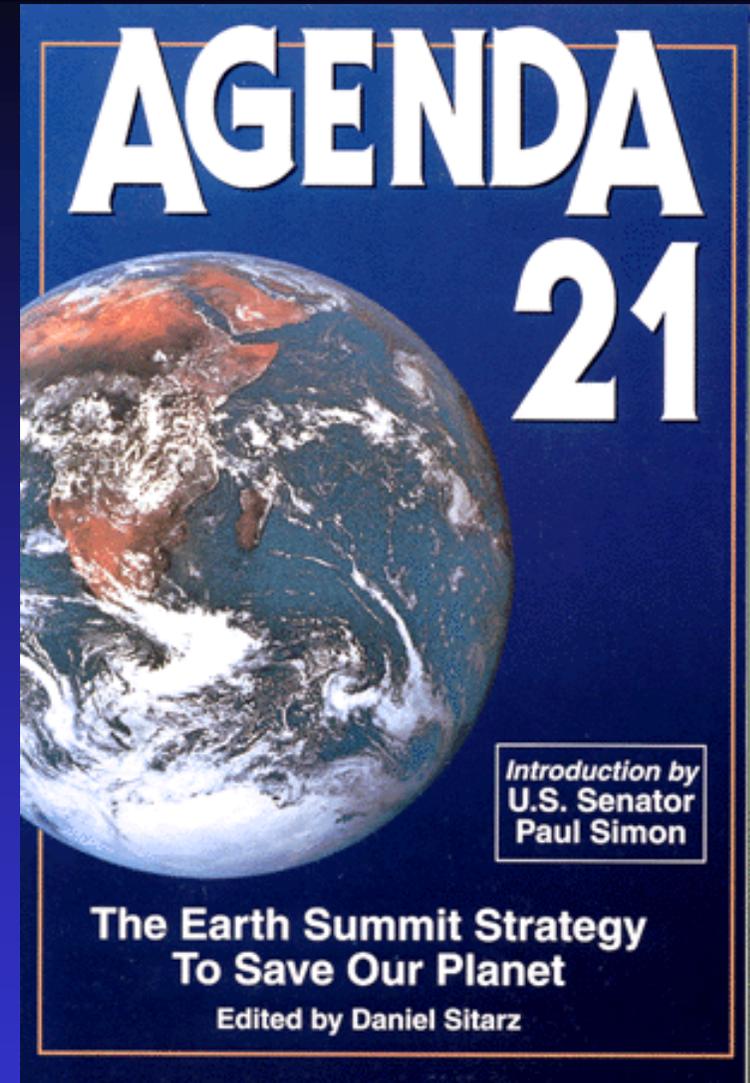
La biodiversità:
concetti, fattori e distribuzione

Cos'è ?

La diversità è la quantità di variabilità contenuta in un dato sistema.

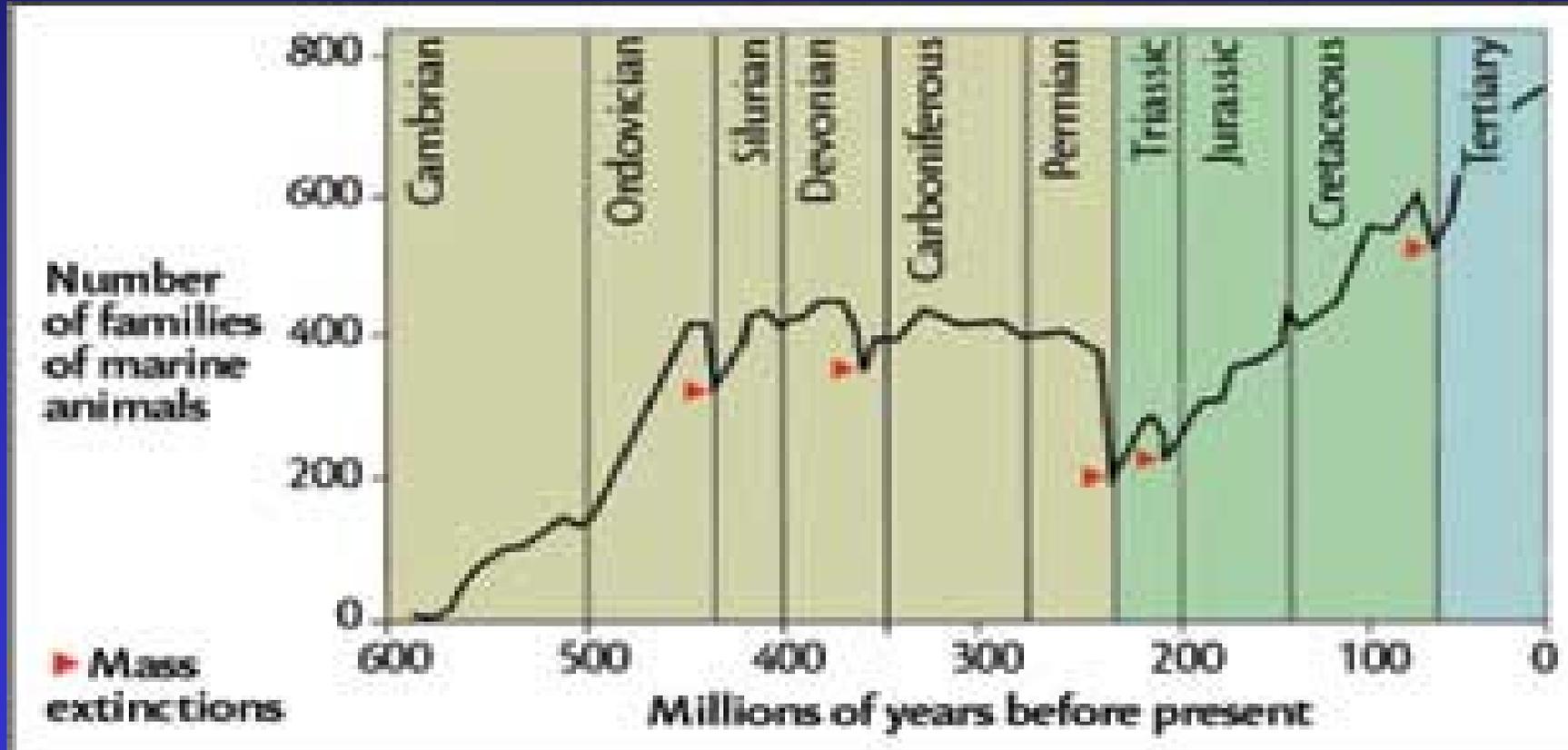
La diversità biologica (o biodiversità), la quantità di variabilità contenuta in un sistema naturale, è *“la variabilità tra gli organismi viventi di ogni tipo, provenienti da ecosistemi terrestri, marini e da altri ecosistemi acquatici, nonché dei complessi ecologici di cui fanno parte. Ciò include la diversità entro le specie, fra le specie e la diversità degli ecosistemi.”*

(Art. 2 della *Convenzione sulla diversità biologica* di Rio de Janeiro, 1992).



Il numero di specie viventi è il prodotto finale di una complessa serie di lunghi processi evolutivi, ad esempio eventi di estinzione bilanciati da immigrazioni e da (più rare) speciazioni.

La varietà di specie presente in un biotopo è quindi il risultato della comparsa di determinate specie, della scomparsa di altre e della seguente specializzazione evolutiva mediata da processi ecologici.



In realtà, quello della diversità è un concetto complesso da definire, in quanto consiste di almeno due componenti:

1 - la varietà (o *ricchezza specifica*), cioè il numero di specie presenti in una comunità, in un suo sotto-insieme o in un campione (*popolamento*).

1	1	1	1	1	3
1	1	1	1	3	3
1	1	1	5	5	5
1	1	9	2	2	2
4	10	10	6	8	8
4	4	6	7	8	8

S = 10

2 - l'abbondanza assoluta, cioè il numero totale di individui presenti in una comunità o in un suo sotto-insieme (ad esempio un popolamento)

1	1	1	1	1	3
1	1	1	1	3	3
1	1	1	5	5	5
1	1	9	2	2	2
4	10	10	6	8	8
4	4	6	7	8	8

$N = 36$

$$Sp_1 = 14$$

$$Sp_2 = 3$$

$$Sp_3 = 3$$

$$Sp_4 = 3$$

$$Sp_5 = 3$$

$$Sp_6 = 2$$

$$Sp_7 = 1$$

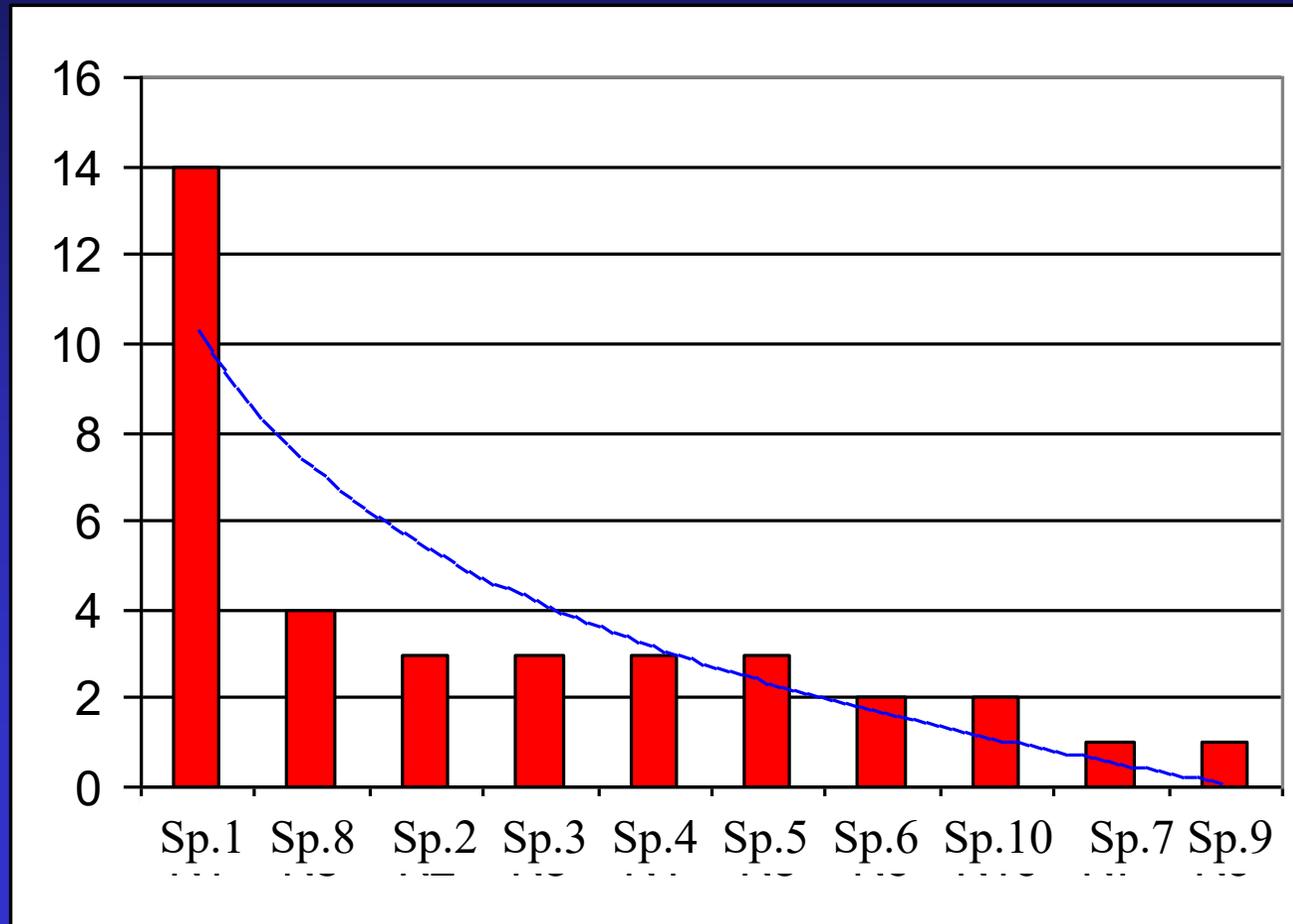
$$Sp_8 = 4$$

$$Sp_9 = 1$$

$$Sp_{10} = 2$$

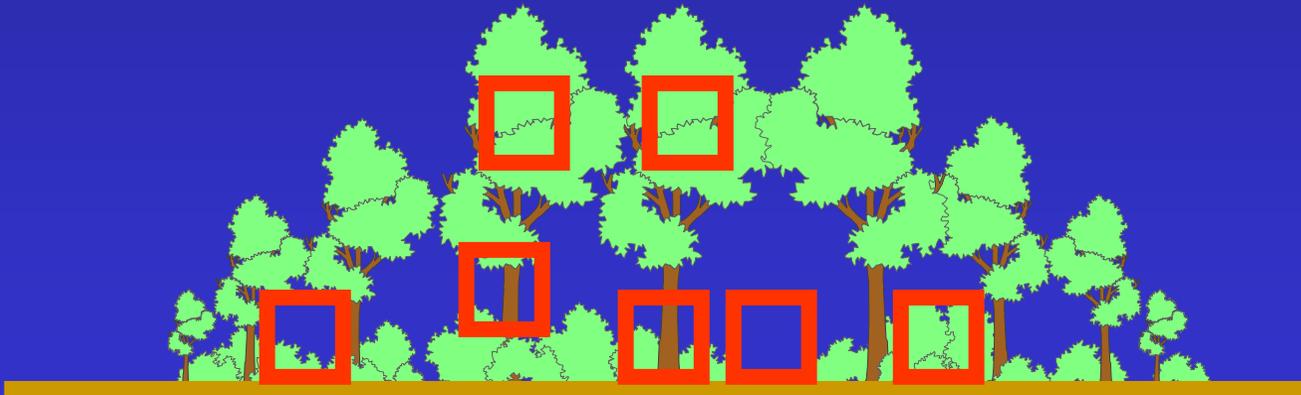
Questa non va confusa con l'abbondanza relativa, cioè il numero di individui con il quale una *singola specie* è presente nella comunità.

Ricchezza ed abbondanza si integrano nell'equi-ripartizione (detta anche uniformità o *equitabilità*), che descrive il grado di somiglianza tra le abbondanze delle diverse specie, cioè quanto uniformemente gli individui di una comunità si ripartiscono tra le diverse specie in essa presenti.



Dato che, ovviamente, è impossibile campionare tutte le specie di una comunità e di campionarle con le corrette abbondanze, si deve procedere ad una *stima* della diversità, cioè ad un calcolo basato su un *campione ristretto* della comunità.

Le stime di *ricchezza specifica* ed *equitabilità* sono funzione del numero di specie e delle loro abbondanze relative all'interno di un determinato campione di individui.



Ogni calcolo della diversità diventa, quindi, un “calcolo apparente” basato su due regole:

1 - la regola della capacità, che definisce le *condizioni* di ogni dato ambiente che determinano la sua capacità di mantenere in vita organismi, determinando il numero totale di specie;

2 - la regola dell'allocazione, che determina la “disponibilità potenziale” delle *risorse* presenti in un ambiente ed il modo in cui queste sono ripartite tra le specie. La regola dell'allocazione è in funzione delle interazioni interspecifiche (predazione, competizione, commensalismo ecc. ...)

Si ripropone, quindi, il paradigma che la *struttura* di una comunità, letta attraverso la *diversità*, è funzione sia di fattori abiotici (*regola della capacità*), sia di fattori biotici (*regola dell'allocazione*).

Relazione stabilità-diversità

La stabilità di un sistema è un concetto complesso e *multiscalare*.

- Stabilità** Equilibrio dinamico di una comunità
- Stabilità ciclica** Proprietà di un sistema di oscillare intorno ad una zona centrale
- Stabilità di traiettoria** Proprietà di un sistema di muoversi verso uno stato strutturale finale indipendentemente da quello di partenza
- Stabilità globale** Tendenza di un sistema a ritornare al suo stato iniziale dopo una forte perturbazione
- Stabilità locale** Tendenza di un sistema a ritornare al suo stato iniziale dopo una lieve perturbazione
- Stabilità temporale** Deboli fluttuazioni temporali della comunità a condizioni ambientali stabili (*omeoresi*)

Esiste un rapporto tra *biodiversità* e *stabilità* di un sistema.

STABILITA'



RESILIENZA

Indica la capacità di un sistema di ritornare alle condizioni precedenti ad un evento di disturbo che lo ha destrutturato

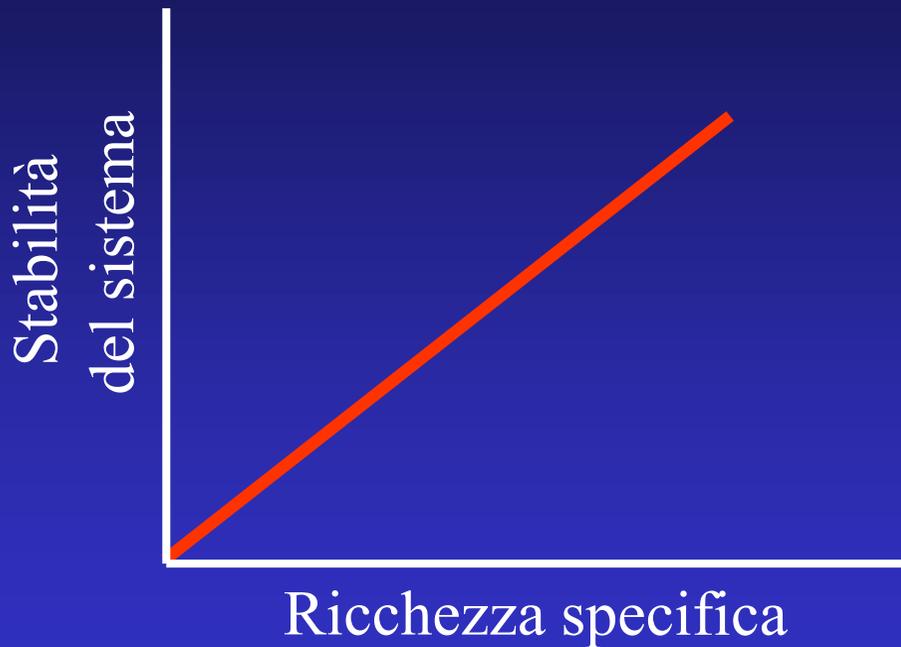
- Modello di Darwin (1859)
- Modello dei rivetti (Ehrlich & Ehrlich, 1981)
- Modello dei guidatori e dei passeggeri (Walker, 1992)
- Modello idiosincratico (Lawton, 1994)

RESISTENZA

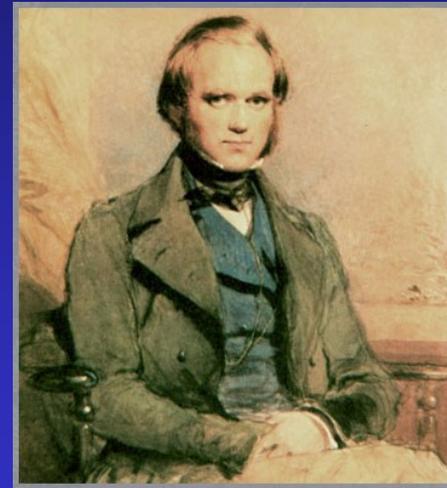
Indica la capacità di un sistema di non subire gli effetti di un evento di disturbo

Modello di Darwin

Il numero delle specie corrisponde alla complessità delle loro interazioni. *Complessità* significa numero delle vie lungo le quali l'energia può attraversare una comunità.



Comunità ricche di specie sono *più stabili* di comunità povere di specie

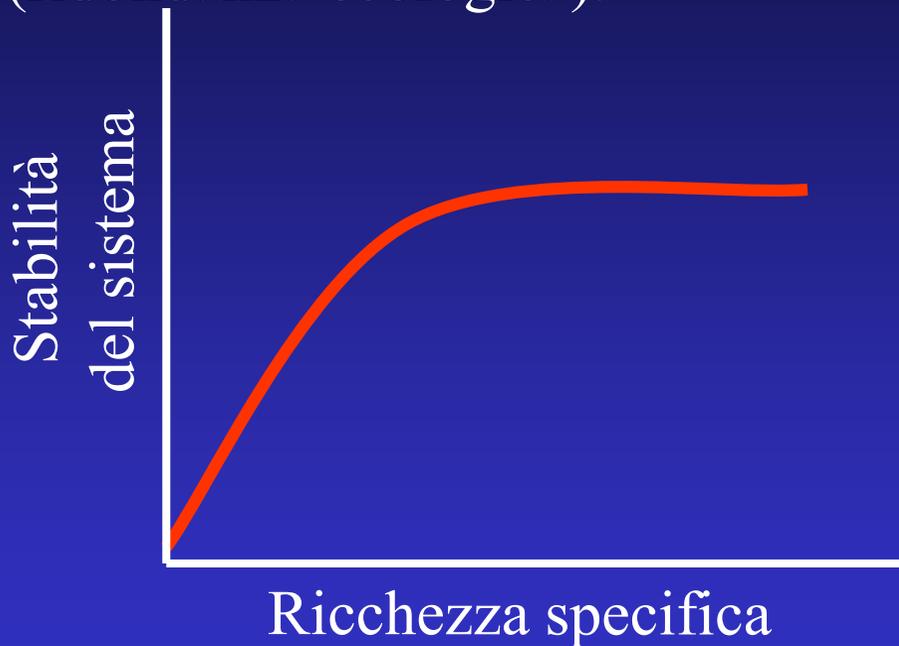
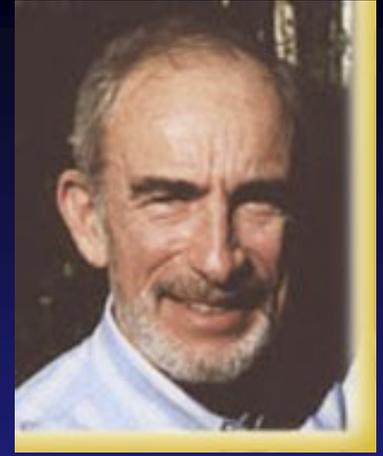


Presupposti:

- 1) lo spazio è relativamente illimitato
- 2) le specie possono essere continuamente aggiunte ad una comunità senza che vi sia saturazione

MODELLO DEI RIVETTI (Ehrlich & Ehrlich, 1981)

L'introduzione o la rimozione delle specie possono avere o non avere effetti sulle funzioni di un sistema. Esiste una sovrapposizione delle funzioni ecologiche delle specie (ridondanza ecologica).

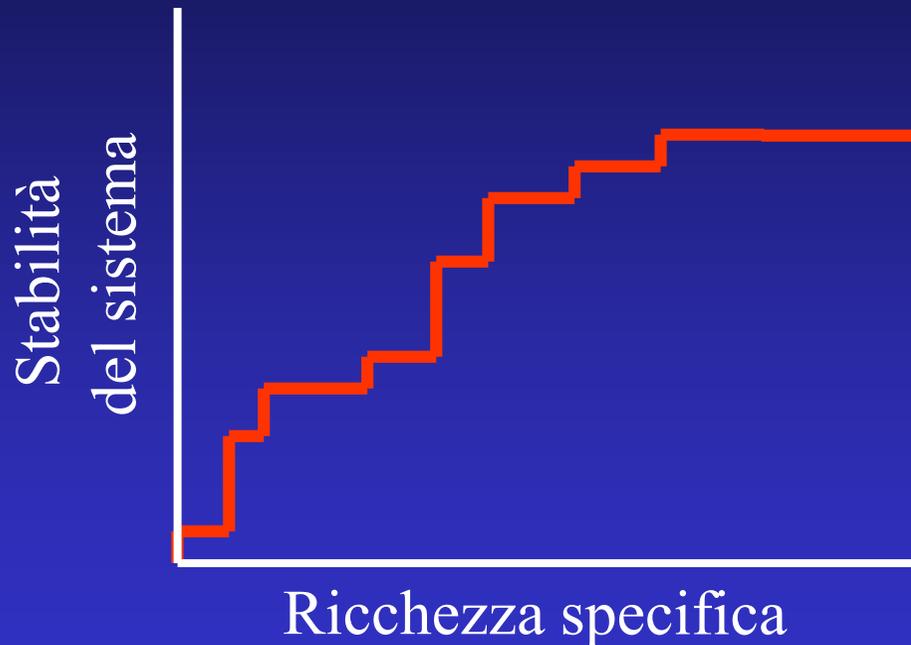


Una funzione ecologica non sparisce fino a quando non viene perduta l'ultima specie che svolge quella funzione

L'aumento della stabilità ecologica non cresce indefinitamente all'aumentare della ricchezza specifica perché lo spazio ecologico diventa progressivamente affollato e con ridondanza funzionale.

MODELLO DEI GUIDATORI E DEI PASSEGGERI (Walker, 1992)

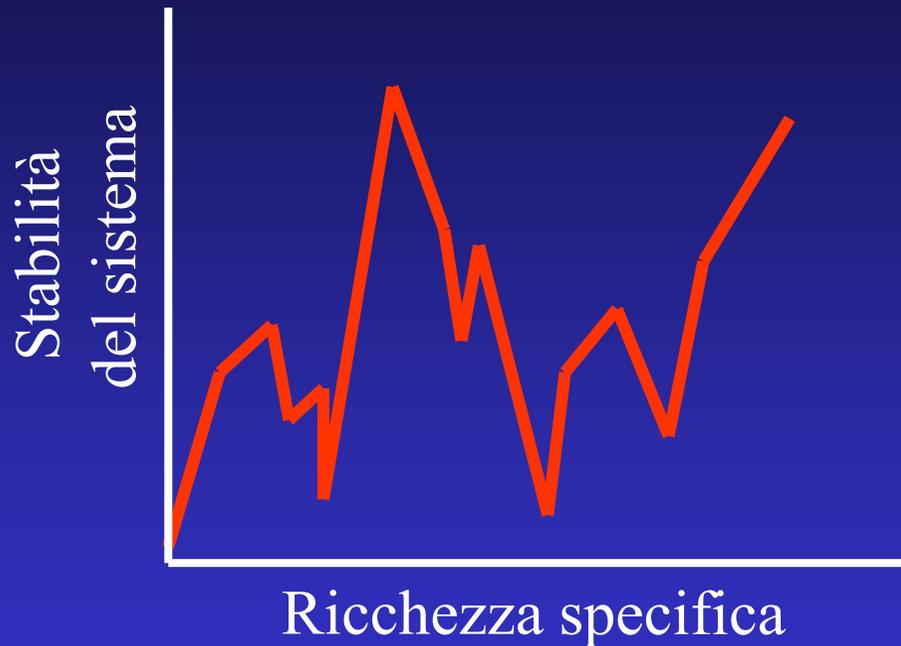
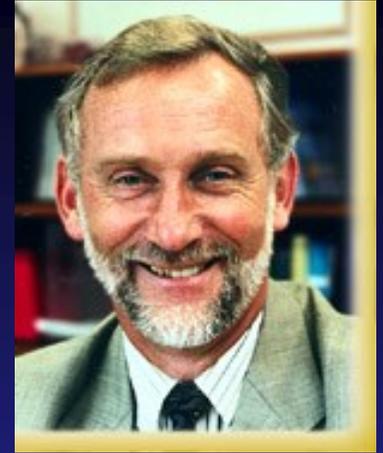
Non tutte le specie hanno la stessa importanza all'interno del sistema. Esistono sia *specie guidatrici*, che hanno una importante funzione ecologica, sia *specie passeggere* che hanno una minore importanza.



Solo l'incremento del numero di *specie guidatrici* ha effetti rilevanti sulla stabilità sistema (maggiore eterogeneità funzionale e *habitat formers*).

MODELLO IDIOSINCRATICO (Lawton, 1994)

Il contributo di ogni specie al funzionamento del sistema di cui fa parte è fortemente influenzato dal tipo di interazioni tra le specie.



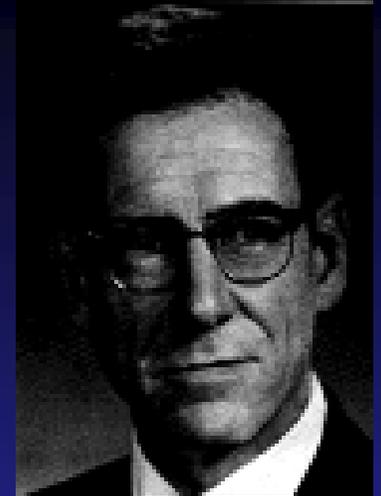
La relazione stabilità-diversità va studiata caso per caso

Gli effetti dell'aggiunta o della perdita di una specie dipendono dalla natura della specie introdotta o rimossa e dalla natura delle interazioni tra quella specie e le altre.

Differenti livelli di biodiversità

Per semplificare la vita degli ecologi, Robert H. Whittaker ha ipotizzato un “inventario delle diversità” (*diversity inventory*), nel quale si distinguono quattro livelli:

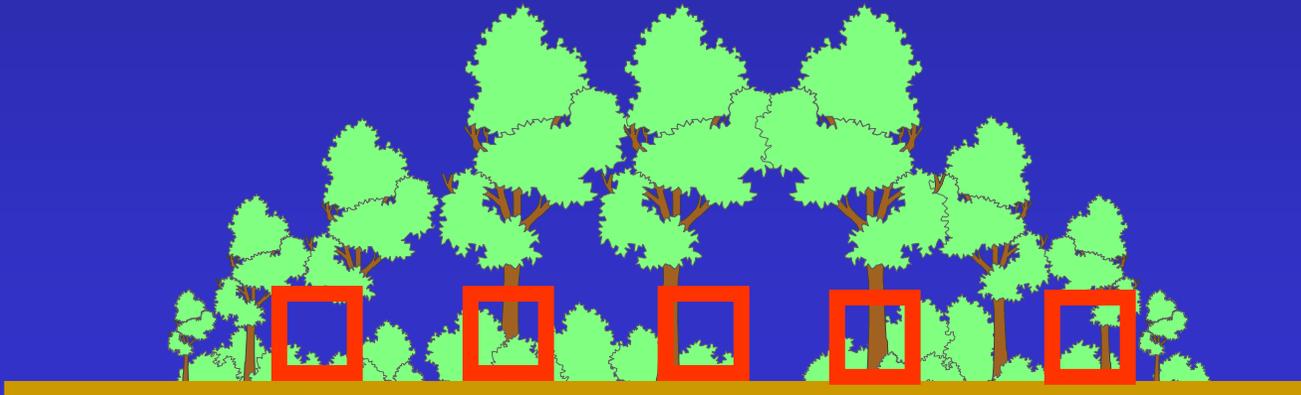
- il primo livello è quello della diversità puntiforme (*point-diversity*), relativa ad un singolo campione raccolto in un determinato ambiente (biotopo) omogeneo. Nella figura, un singolo campione del sottobosco.



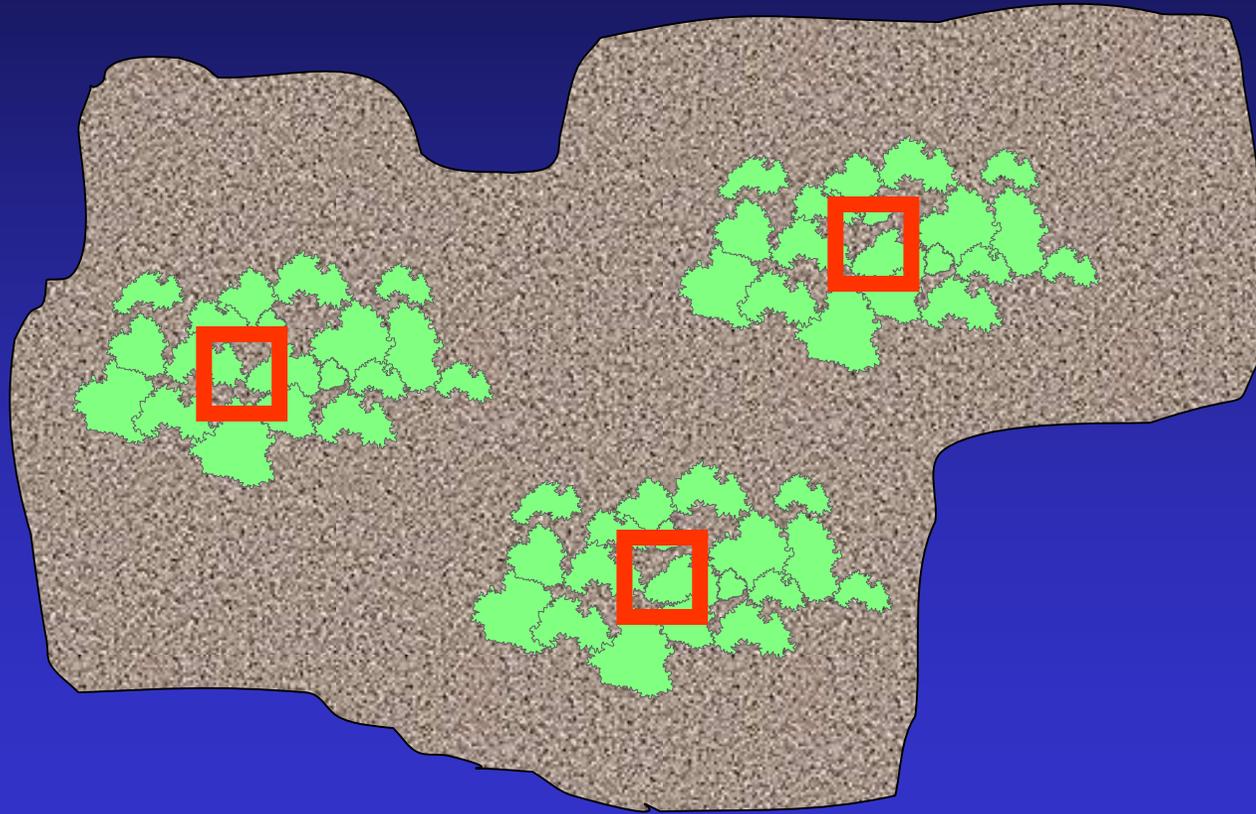
- Il secondo livello di Whittaker è la diversità rilevata all'interno di un determinato ambiente (biotopo) omogeneo.

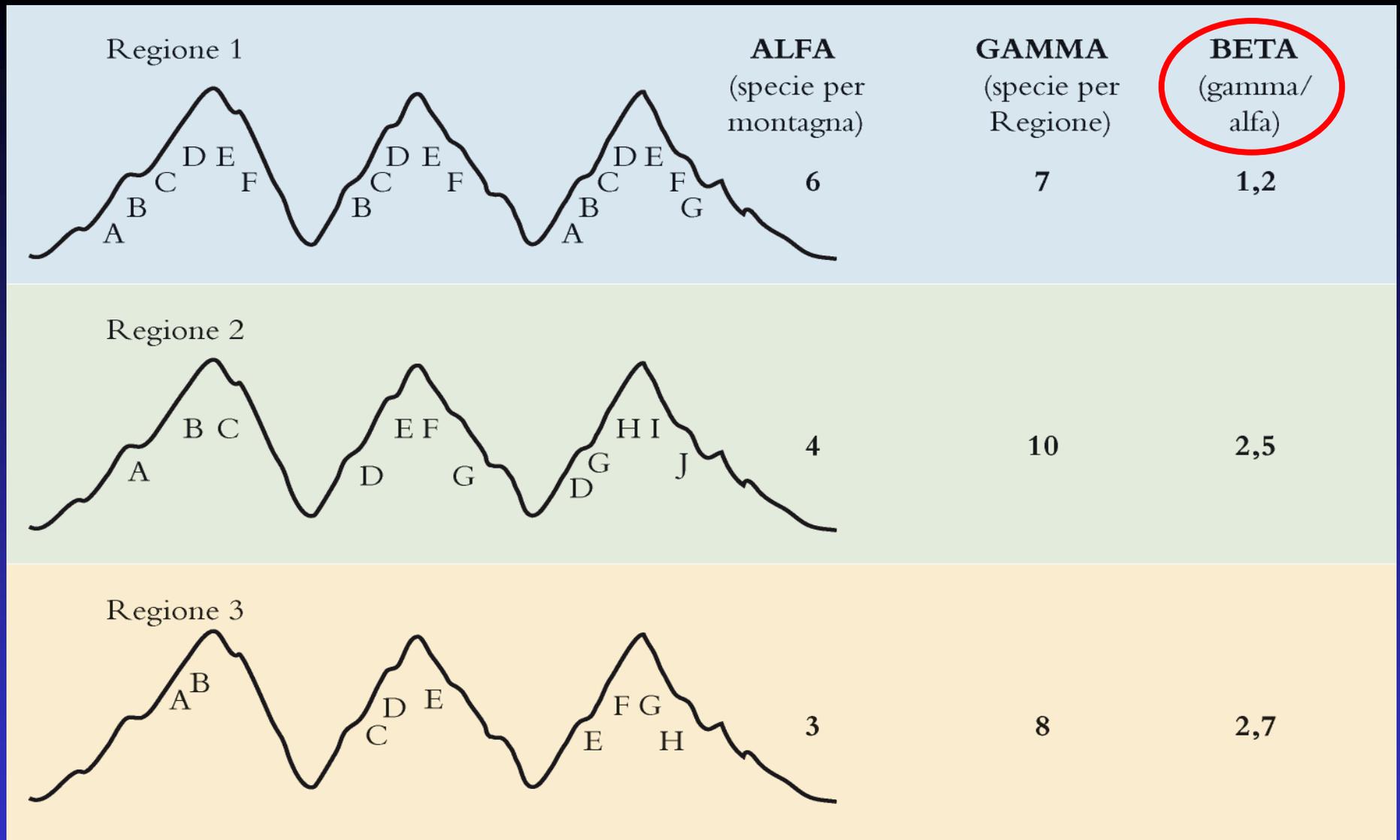
E' definita come α -diversità (*alfa*-diversità) ed è associabile alla definizione di «diversità interna all'habitat» (*within-habitat diversity*) di MacArthur.

Nella figura, più repliche (5) del campione di sottobosco.



- Il livello successivo è la cosiddetta γ -diversità (*gamma-diversità*), cioè quella relativa ad un'unità territoriale più ampia (ad es. *regionale*), come isole o «chiazze» di paesaggio, caratterizzate dallo stesso tipo di biotopo.



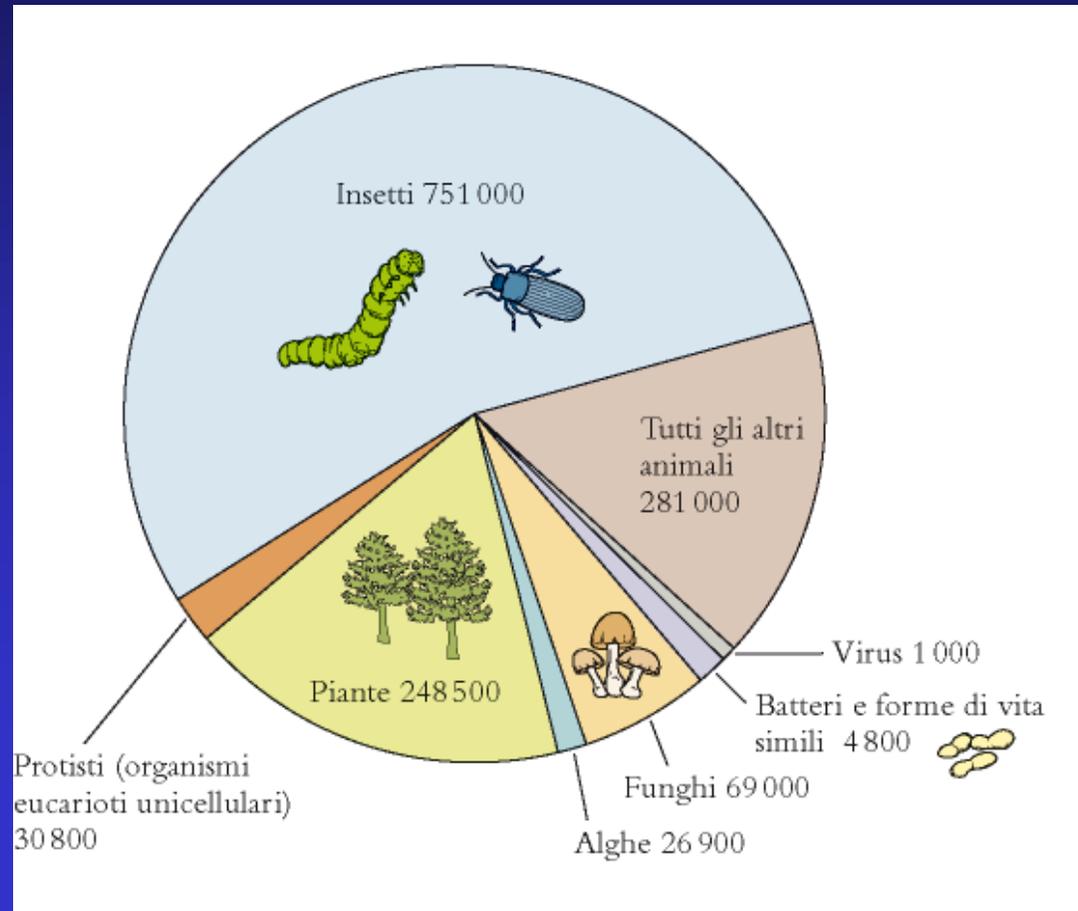


ALFA (Regione 1) = (6 sp.+ 5 sp. + 7 sp.) /3 = 6

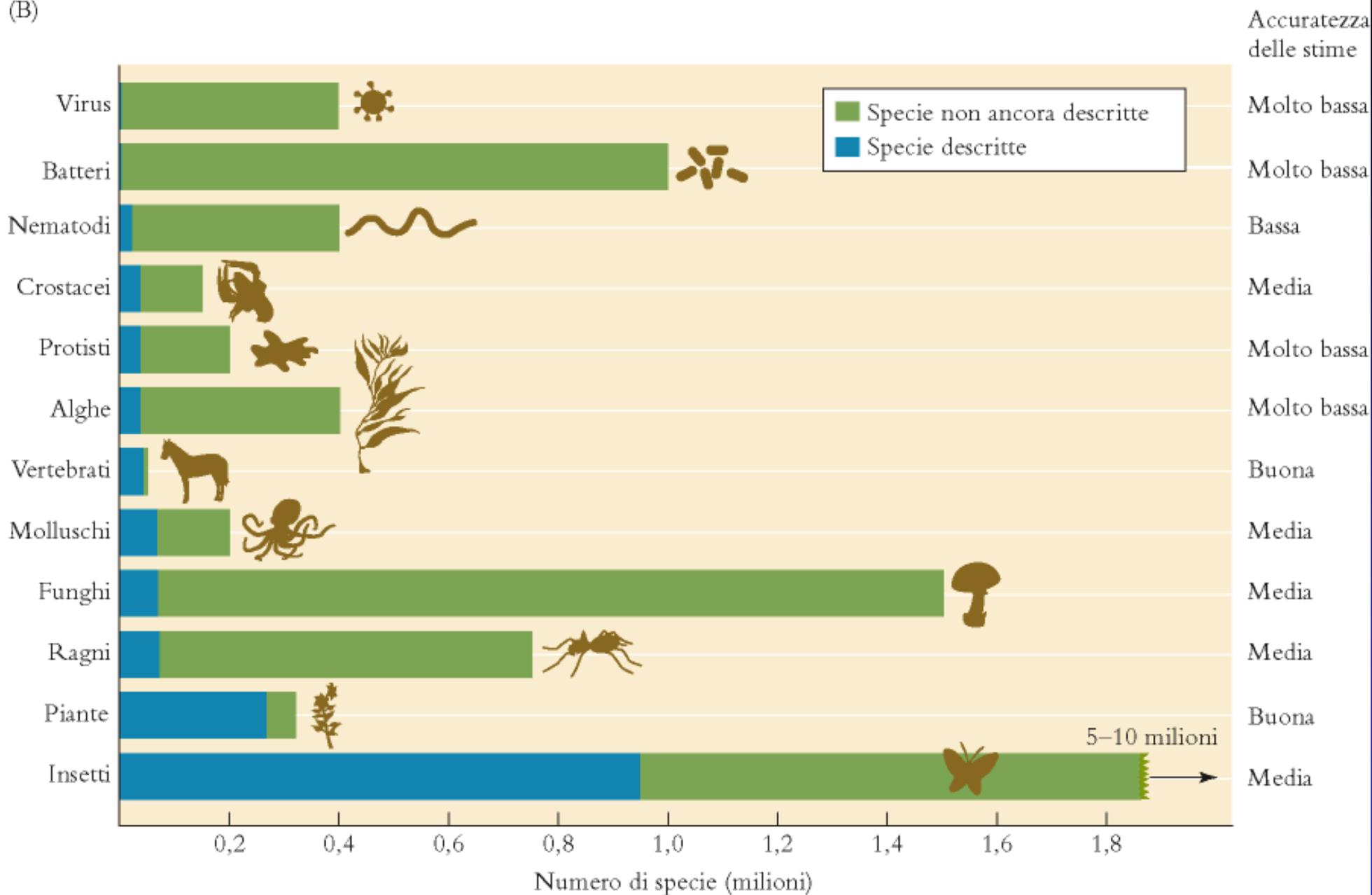
GAMMA (Regione 1) = (6 sp.+ 0 sp. nuove + 1 sp. nuova) = 7

La ω -diversità (*omega*-diversità) è la diversità specifica a livello globale.

Finora sono solo state descritte 1,75 milioni di specie (Hammond, 1992) anche se questo dato corrisponde, probabilmente, a solo 1/3 - 1/5 delle specie esistenti.

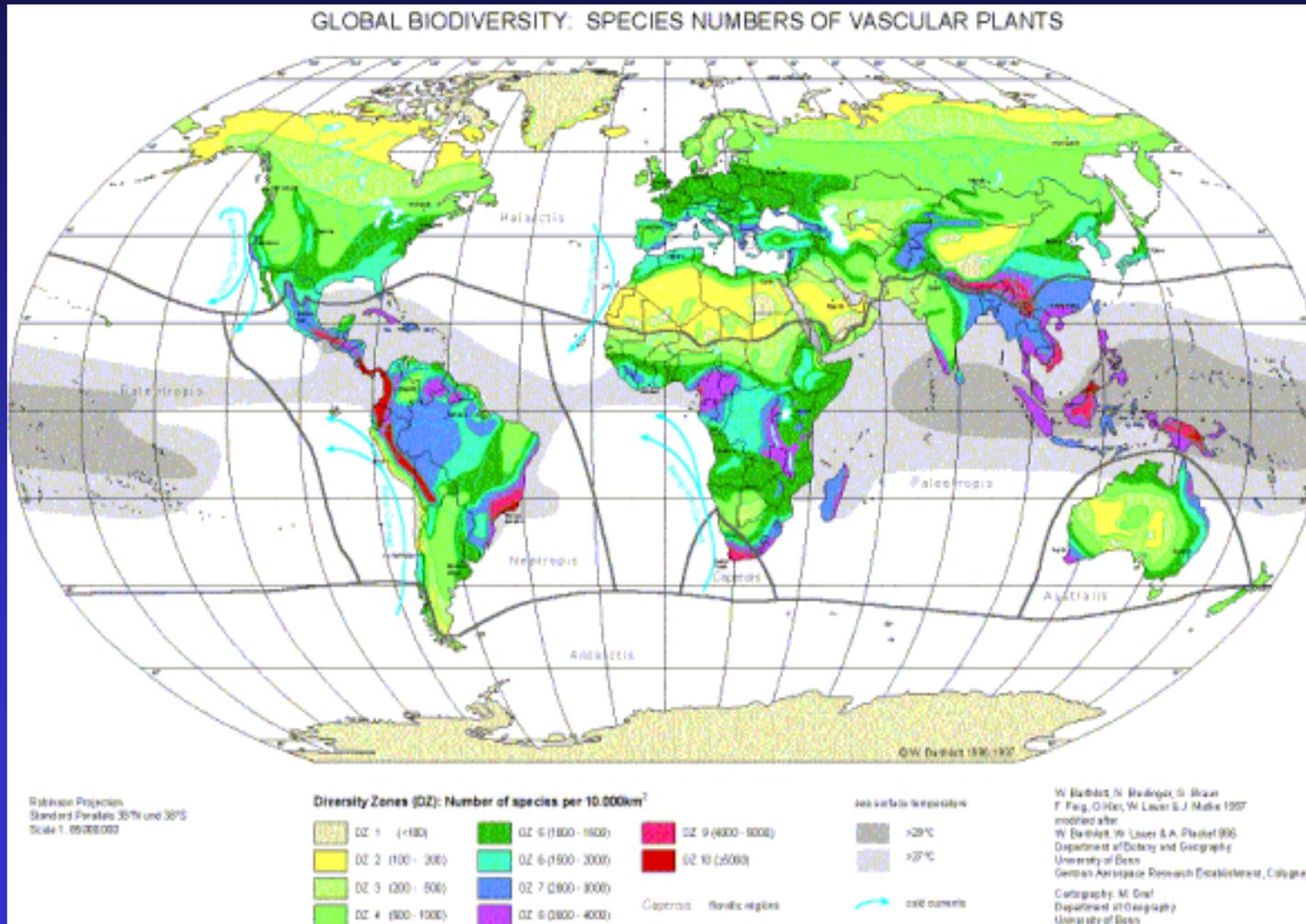


(B)



Fattori che influenzano la biodiversità

Osservando la distribuzione della diversità a differenti scale geografiche, sono stati notati dei *gradienti* che dipendono da un gran numero di fattori che possono agire sulle comunità.

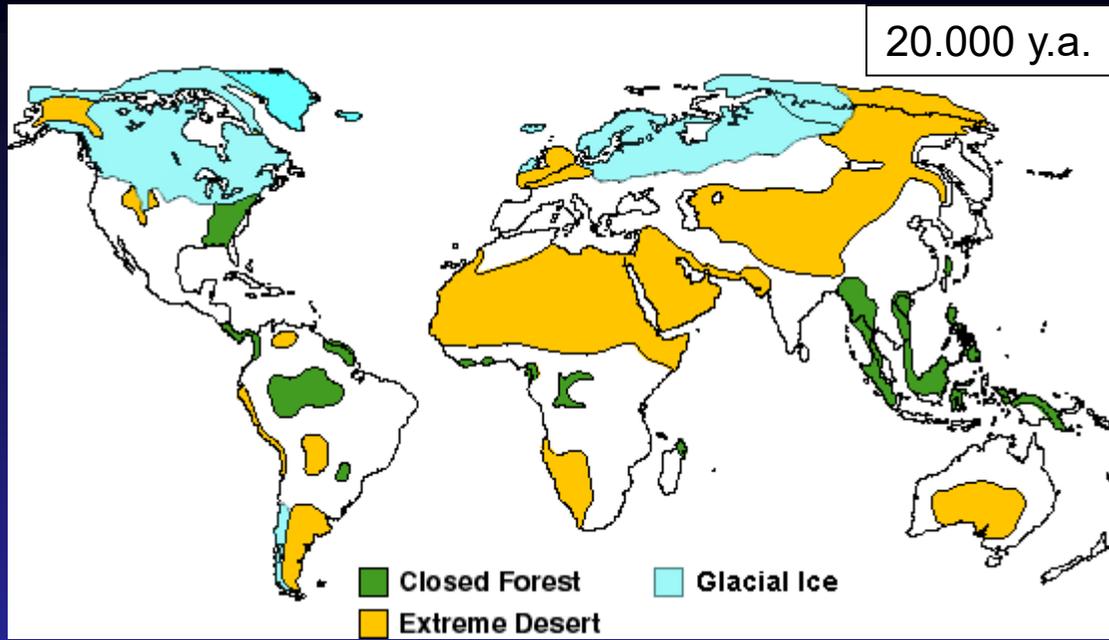


Diversità delle piante vascolari a scala globale

1 - L'ipotesi del tempo evolutivo: le comunità si diversificano col tempo, ad una scala che può arrivare a milioni di anni, e una comunità più «vecchia» è probabilmente più diversificata.

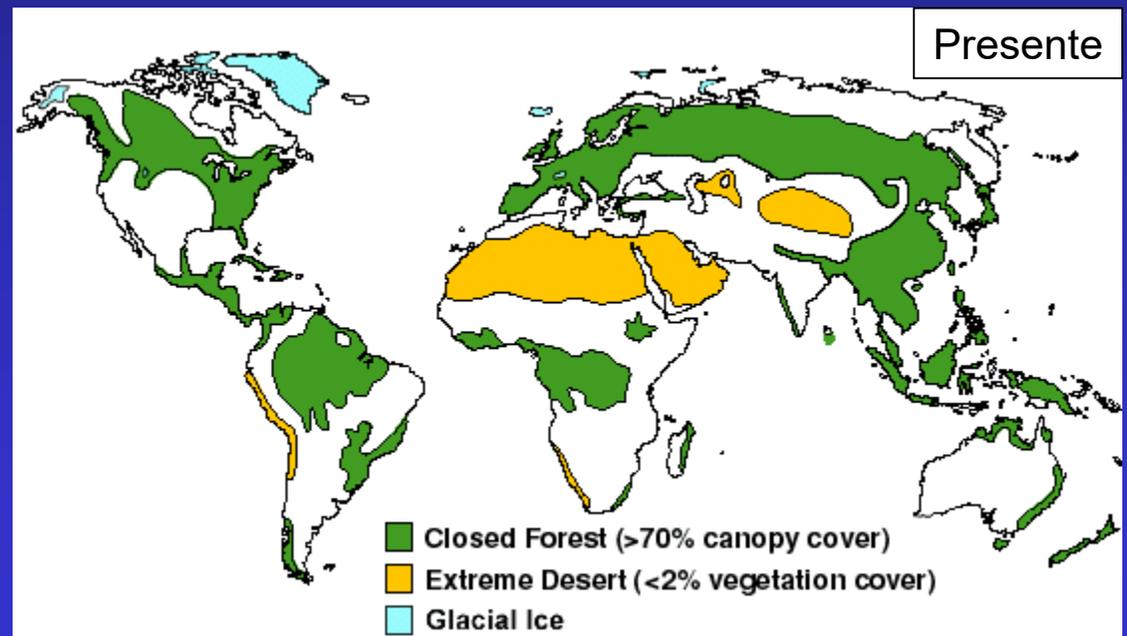
I tre processi primari che influenzano la correlazione tra diversità ed età sono:

- a - la dispersione e la migrazione (lungo scale temporali che vanno dalle ore ai millenni),
- b - i cambiamenti in eterogeneità di origine biologica (scale da ore a millenni),
- c - il bilancio tra speciazioni ed estinzioni (scale da giorni a millenni).



L'estensione di molti sistemi è cambiata tra l'ultimo glaciale ed il presente. Circa 20.000 anni fa la foresta amazzonica era ridotta ad 1/3 del presente.

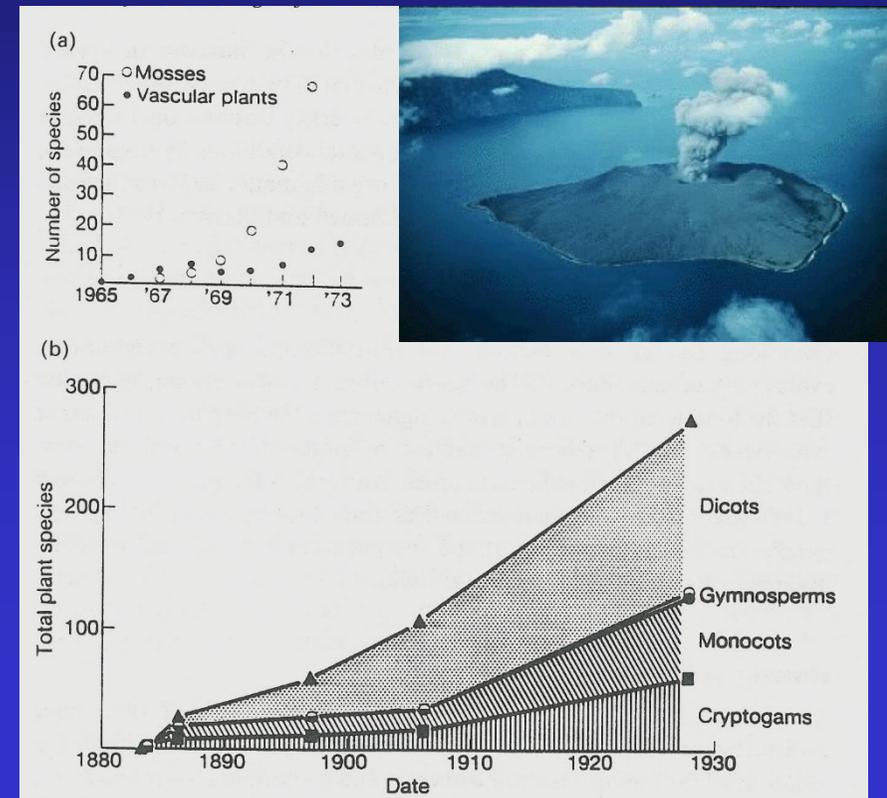
Le aree temperate, a minore diversità, risentono ancora delle influenze dell'ultima glaciazione, molto meno quelle tropicali.



2 - L'ipotesi del tempo ecologico riguarda un intervallo di tempo più breve rispetto a quello evolutivo.

In questo caso una comunità sembra essere più influenzata dalla capacità di dispersione delle specie (immigrazioni ed inseguimento dell'habitat) piuttosto che dall'adattamento evolutivo (speciazioni ed estinzioni).

Aree di nuova disponibilità, ad esempio le isole vulcaniche dopo un'eruzione o le foreste dopo un grave incendio, sono colonizzate inizialmente da specie ad elevata dispersione (*r*-strategia).

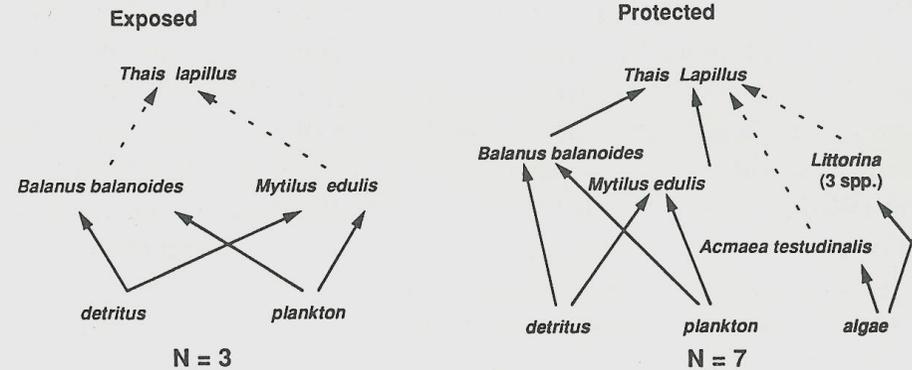


3 - L'ipotesi della stabilità ambientale :

più stabili sono i fattori ambientali, più specie sono presenti, poiché è meno probabile che una specie si estingua quando le condizioni ambientali si mantengono prevedibili. Ad es. un clima è «stabile» se varia poco o nulla durante le stagioni e per lunghi periodi di tempo.

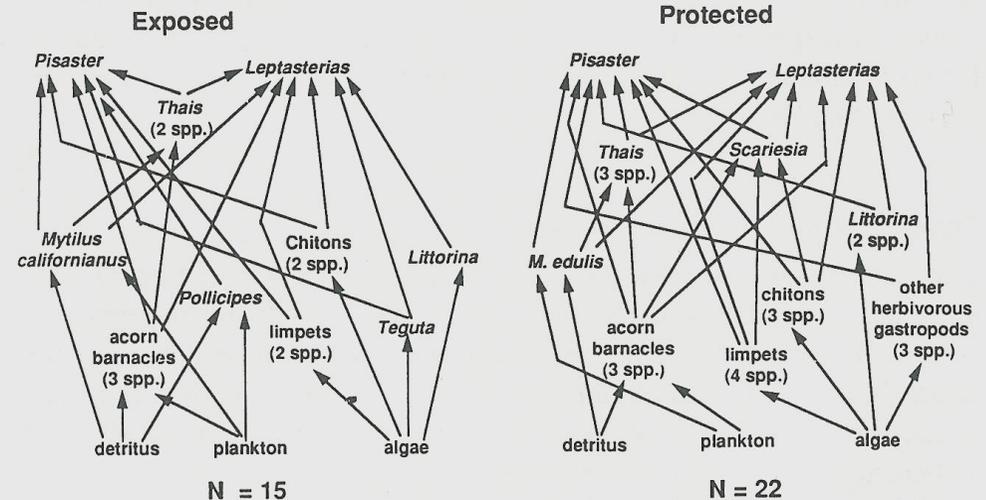
High Disturbance - **Low Stability**

New England Rocky Intertidal

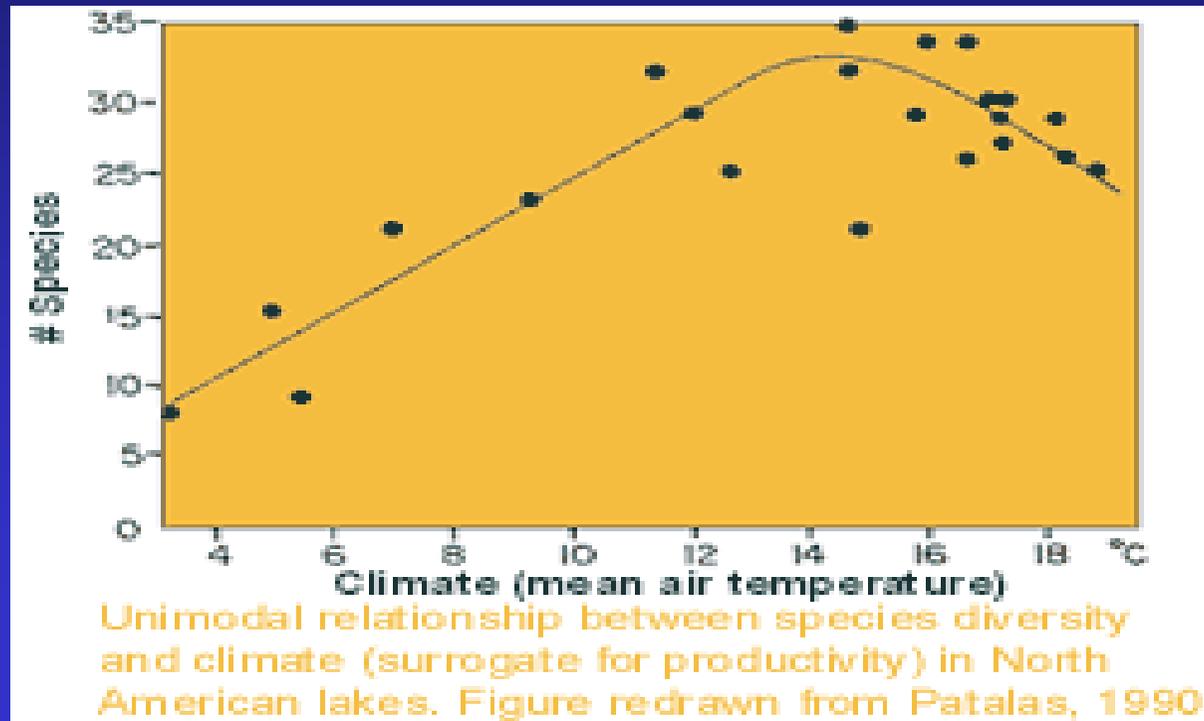


Low Disturbance - **High Stability**

Pacific Northwest Rocky Intertidal

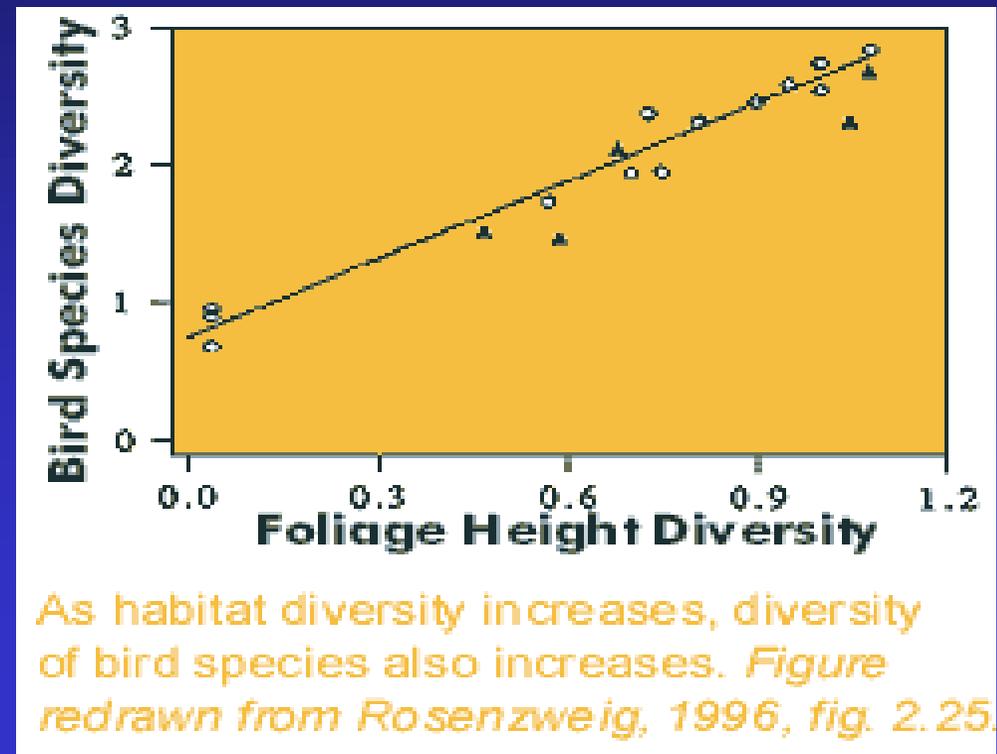


4 - L'ipotesi della prevedibilità climatica è derivata dalla ipotesi precedente: gli ambienti che presentano cicli di variazione prevedibili e costanti sono più diversificati rispetto agli ambienti imprevedibili. È infatti maggiore la possibilità di adattamento all'ambito di variazione.



5 - L'ipotesi dell'eterogeneità spaziale: più è strutturalmente eterogeneo un ambiente, maggiore sarà la diversità di flora e fauna. Un ambiente strutturalmente eterogeneo (con un numero maggiore di specie *habitat formers*) ha una maggiore diversità potenziale dovuta ad un maggiore numero di nicchie ecologiche disponibili.

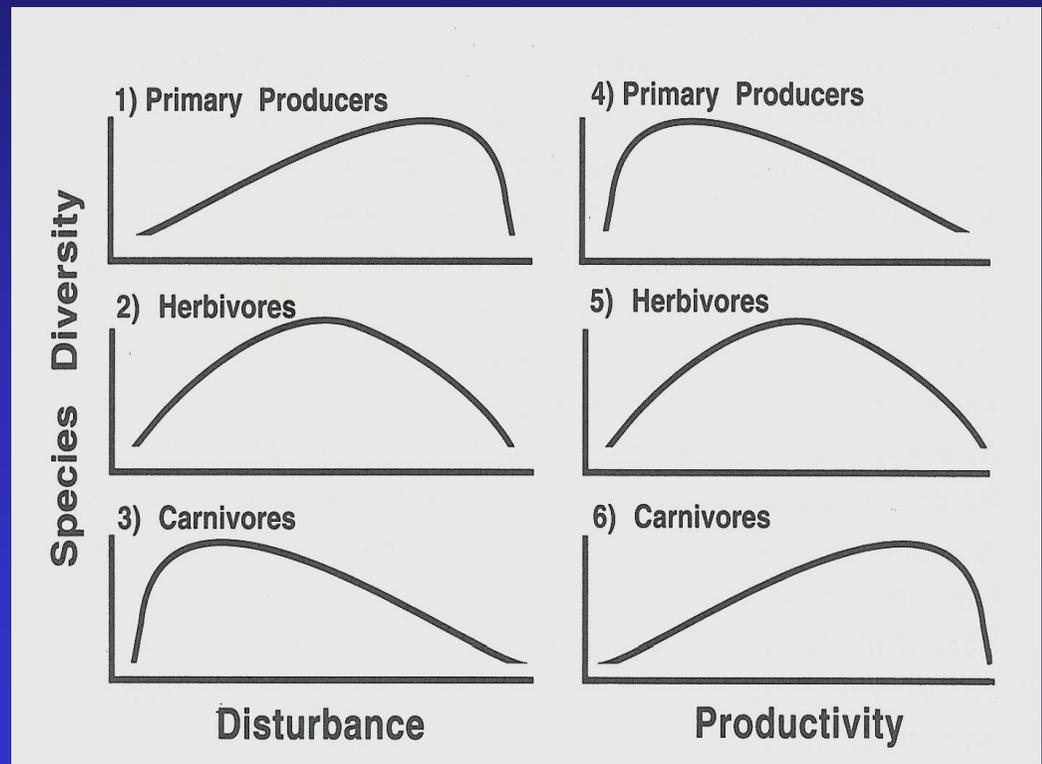
Per esempio, esiste una relazione tra l'altezza dello strato fogliare ed il numero delle specie di uccelli. Una buona quantità di eterogeneità è data dai vegetali, che sono le principali specie strutturanti.



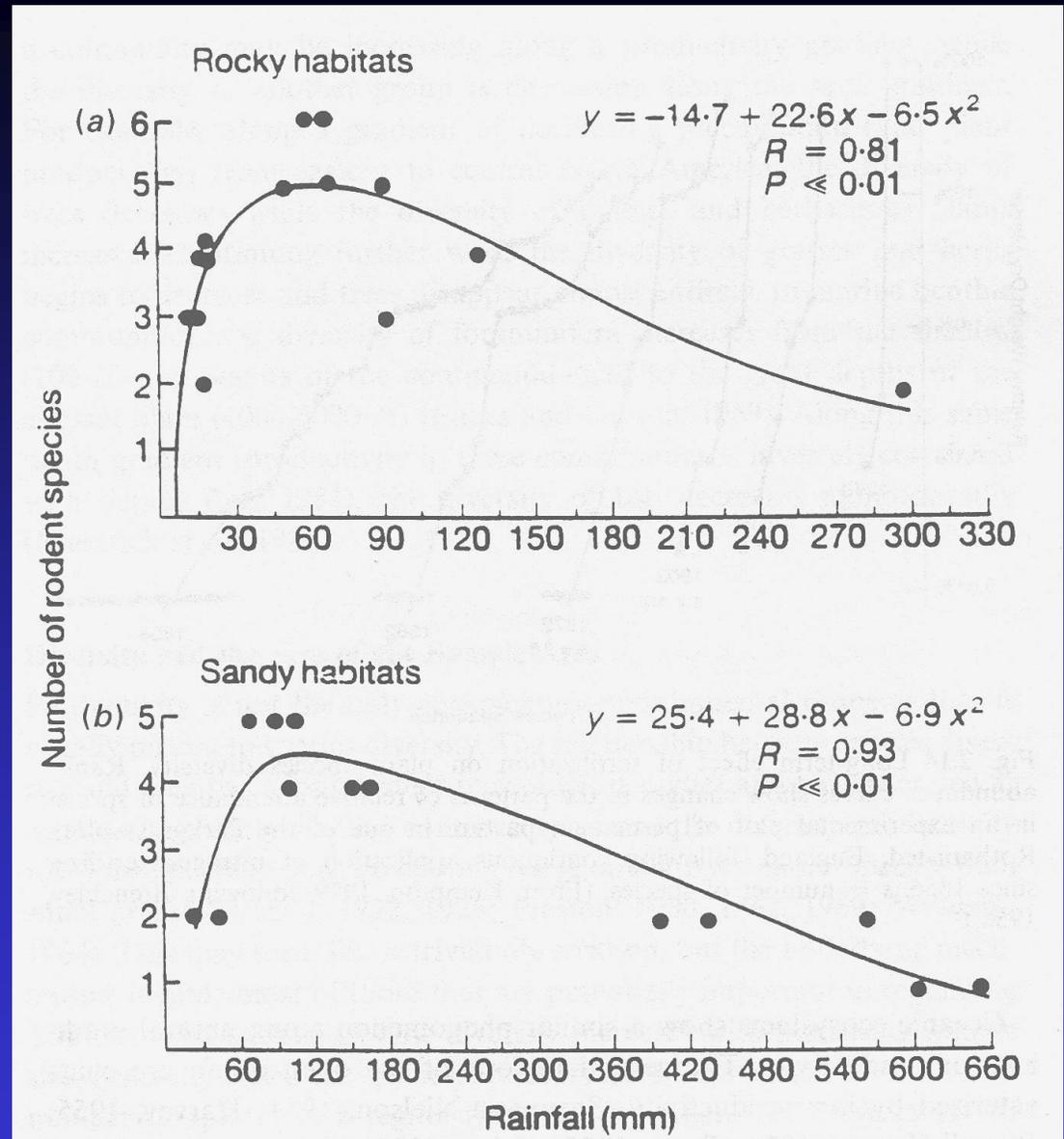
6 - L'ipotesi della produttività: un maggior numero di risorse può mantenere un maggior numero di specie. In parte questa ipotesi si collega a quella della prevedibilità ambientale anche se per un aspetto puramente trofico. La produttività primaria influenza le variazioni delle abbondanze delle specie che si ripercuotono sulla diversità della comunità.

È ovvio che l'incremento dovrebbe essere *omogeneo* in tutto lo spettro delle risorse.

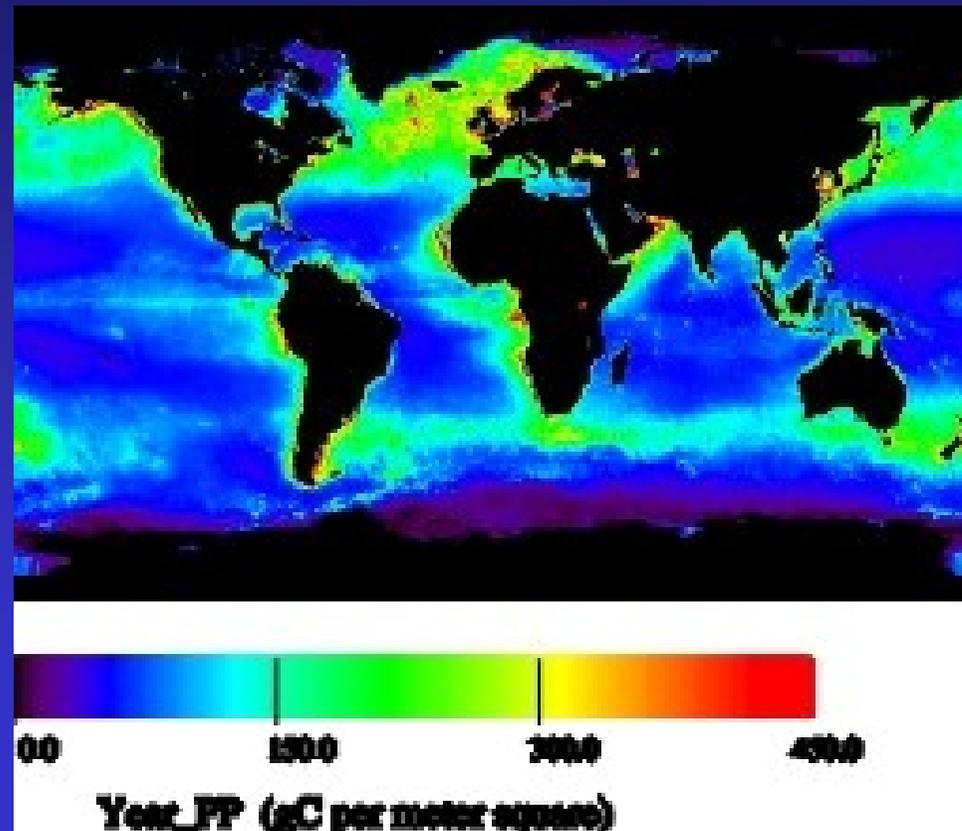
L'aumento di una sola risorsa agevolerebbe una o poche specie abbassando la diversità.



Esiste quindi anche una relazione negativa tra diversità e produttività, detta “paradosso dell’arricchimento”. Questo è particolarmente evidente negli ambienti acquatici in risposta a fenomeni di *eutrofizzazione* o negli ambienti desertici, allorquando si verifica un eccesso di piovosità.



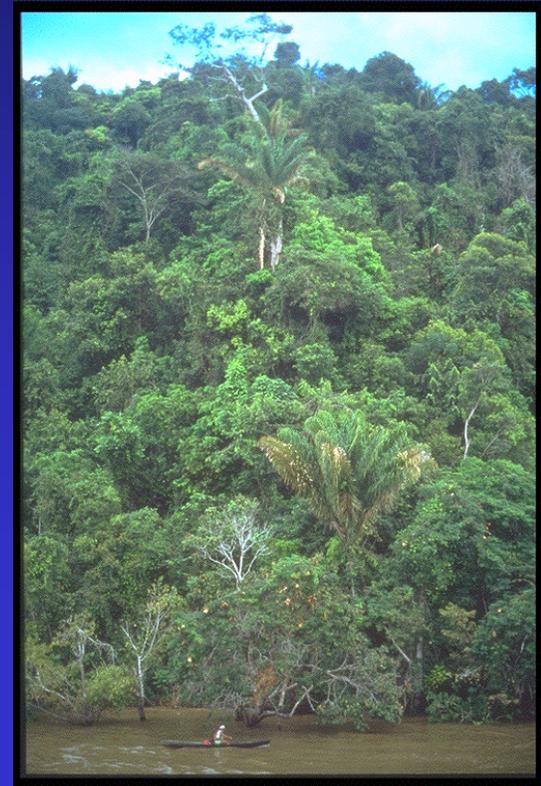
7 - L'ipotesi della stabilità della produzione primaria :
così come aree climaticamente stabili possono ospitare più
specie di quelle imprevedibili, biotopi con una costanza di
produzione primaria ospitano più specie rispetto ad ambienti
nei quali i cicli di produzione non sono prevedibili.



8 - **L'ipotesi della competizione**: evidenza che in ambienti favorevoli la selezione delle specie è controllata da interazioni biologiche più che da fattori fisici. La competizione interspecifica e la predazione sono spesso importanti e decisive nel regolare la ricchezza specifica in quelle comunità in cui le popolazioni sono prossime alla loro abbondanza massima.

In questo caso le specie hanno evoluto nicchie ristrette, aumentando la diversità specifica dato che più specie devono dividersi le risorse disponibili evitando la competizione.

Ciò avviene, ad esempio, nelle foreste pluviali tropicali o nelle barriere coralline.



9 - L'ipotesi del disturbo: il disturbo è un fenomeno che provoca la rimozione di individui e specie (continua e densità-indipendente) da una comunità.

Nelle comunità non sature (nelle quali tutte le nicchie potenziali non sono occupate), la competizione è ridotta e la coesistenza è possibile senza esclusione competitiva.

L'ipotesi del disturbo prevede che la comunità sia saturata da molte specie con numeri bassi di individui più che da molti individui appartenenti a poche specie, come accade nel caso di un disturbo persistente.

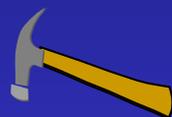
Una variante è l'ipotesi del disturbo intermedio (IDH).

Stephen J. Connell spiega l'alta diversità specifica nelle foreste pluviali e nei *reef corallini* con l'IDH che presume una gerarchia competitiva di specie.



1 - Quando i disturbi sono di *entità ridotta o poco frequenti*, i competitori superiori eliminano quelli inferiori, riducendo la diversità del sistema. Il modello evidenzia che i *competitori superiori* (es. specie *residenti*) sono efficienti occupatori dello spazio.

1	1	1	1	1	3
1	1	1	3	3	3
1	1	1	5	5	5
1	1	2	2	2	2
4	1	6	6	8	8
4	4	6	7	8	8

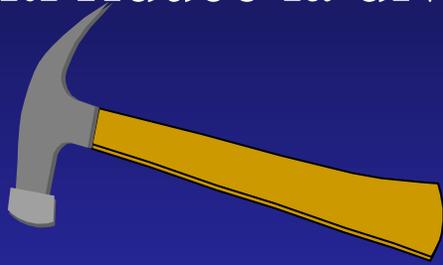


RS = 8
H' = 1,82

1	1	1	1	1	3
1	1	1	1	3	3
1	1	1	1	5	5
1	1	1	1	2	2
4	1	1	1	1	8
4	4	6	6	8	8

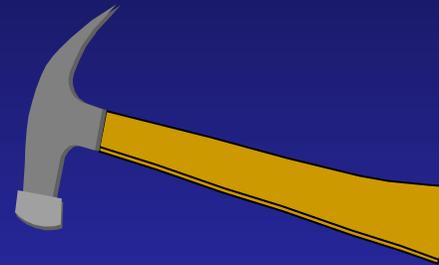
RS = 7
H' = 1,41

2 - Sotto un regime di *frequente* od *intenso* disturbo, i competitori dominanti vengono ridotti od eliminati e le specie colonizzatrici (che si suppongono competitori inferiori) finiscono col dominare il sistema. L'assenza delle specie residenti riduce la diversità.



RS = 8
H' = 1,82

1	1	1	1	1	3
1	1	1	3	3	3
1	1	1	5	5	5
1	1	2	2	2	2
4	1	6	6	8	8
4	4	6	7	8	8



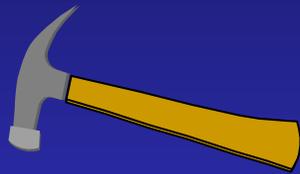
RS = 12
H' = 2,37

12	1	1	11	11	3
1	1	1	11	3	3
10	10	10	5	5	5
4	10	9	2	2	2
4	6	6	6	8	8
4	4	6	7	8	8

RS = 12
H' = 1,8

12	12	12	11	11	11
12	12	1	11	11	3
10	10	10	10	10	5
10	10	10	10	10	2
10	10	10	10	10	9
4	10	6	7	8	8

3 - Infine, sotto un regime di disturbo di *frequenza ed intensità intermedie*, alcune specie residenti (*K*-strateghe) restano all'interno del sistema insieme con le specie colonizzatrici (*r*-strateghe), che sfruttano le lacune create dal disturbo. In tal modo il disturbo intermedio porta alla massimizzazione della ricchezza specifica.



1	1	1	1	1	3
1	1	1	3	3	3
1	1	1	5	5	5
1	1	2	2	2	2
4	1	6	6	8	8
4	4	6	7	8	8

RS = 8
H' = 1,82

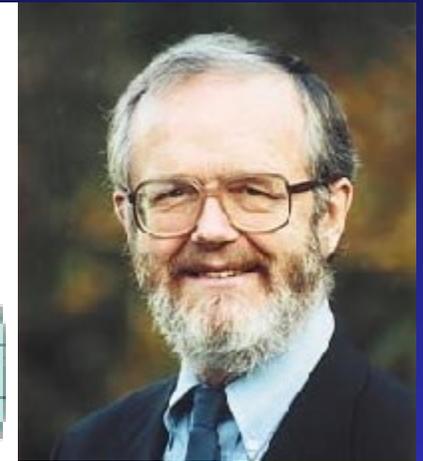
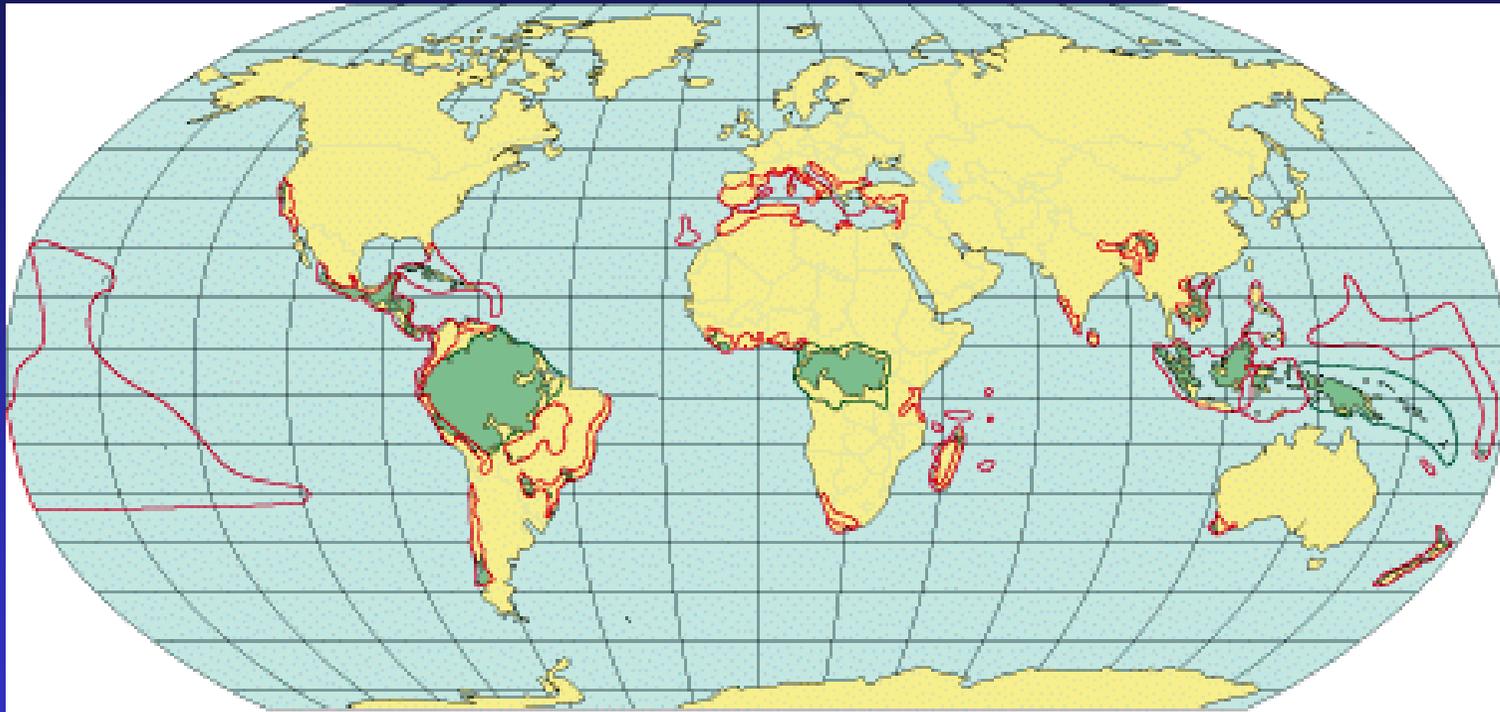


12	1	1	11	11	3
1	1	13	11	3	3
10	10	10	5	5	5
4	10	2	2	2	2
4	6	6	6	8	9
4	4	6	7	8	8

RS = 13
H' = 2,45

I «punti caldi» (*hot spot*) di biodiversità

Il concetto di *hot spot* (“punto caldo”) è stato proposto alcuni anni fa dall’ecologo Norman Myers per denominare quei luoghi della superficie terrestre nei quali è particolarmente alta la concentrazione di specie vegetali rispetto all’unità di superficie.



 Hot Spot

 Major tropical rain forest area

Un *hot spot* è un luogo geografico caratterizzato da una ricchezza specifica particolarmente elevata e da un alto numero di endemismi per unità di superficie.

Tropical rain forest "hotspots"

Hotspot	Original extent of forest (× 1000 ha)	Present extent of forest (× 1000 ha)	No. of plant species in original forest	Endemic species in original forest (percent)
New Caledonia	1,500	150	1,580	89
Madagascar	6,200	1,000	6,000	82
Atlantic Coast forest, Brazil	100,000	2,000	10,000	50
Philippines	25,000	800	8,500	44
Eastern Himalayas	34,000	5,300	9,000	39
Northern Borneo	19,000	6,400	9,000	39
Peninsular Malaysia	12,000	2,600	8,500	28
Western Ecuador	2,700	250	10,000	25
Colombian Chocó	10,000	7,200	10,000	25
Western Amazonia	10,000	3,500	20,000	25

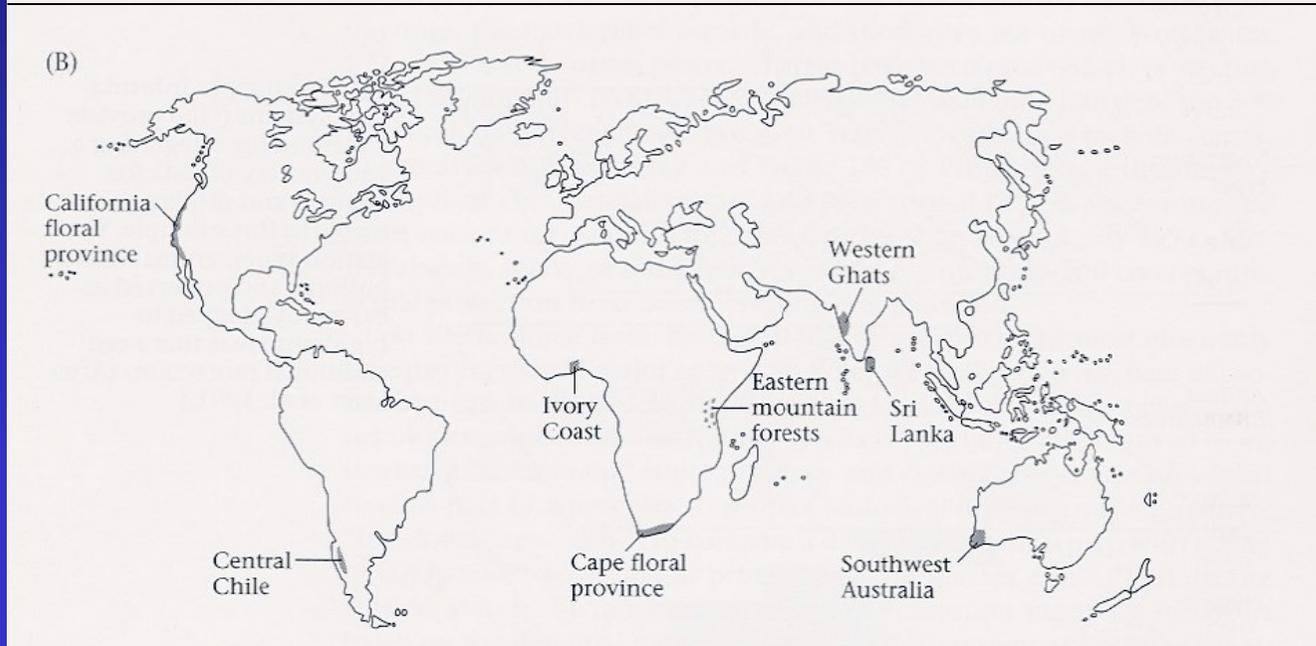
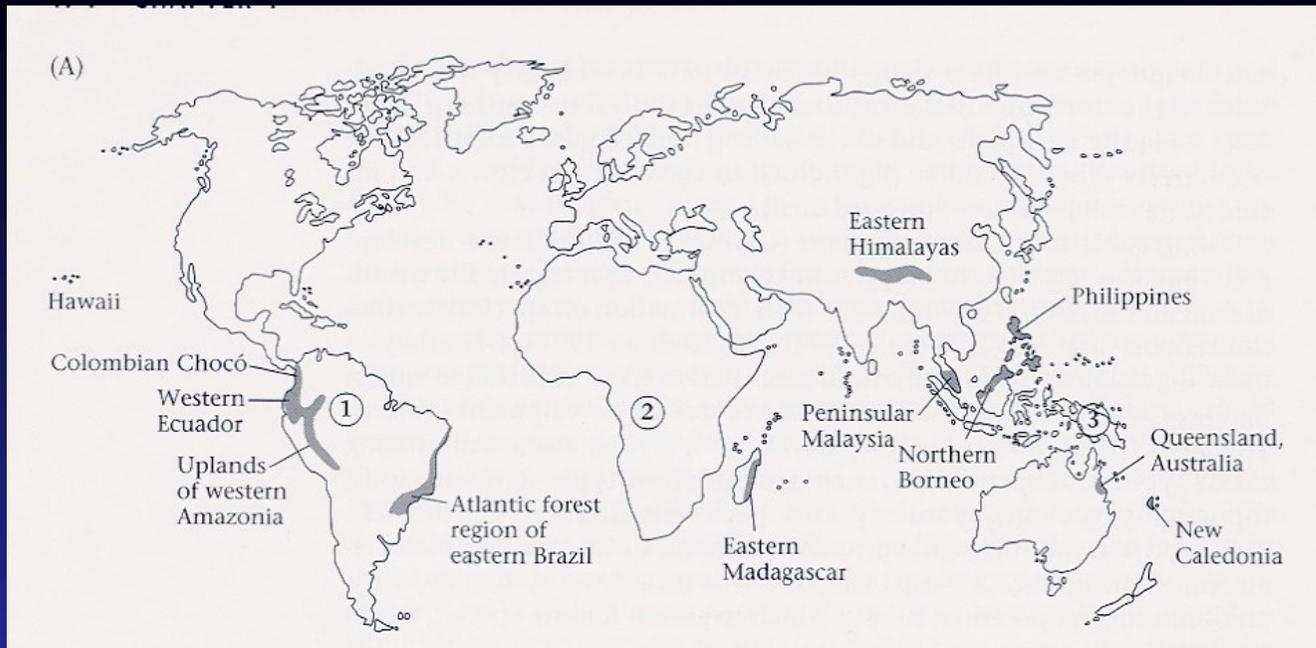
Le foreste primarie della Nuova Caledonia.



Araucaria luxurians



© 1997 MISSOURI BOTANICAL GARDEN



A) Appena 18 aree del pianeta contengono circa 50.000 specie endemiche di **piante** (20% del totale), su una superficie di 765.000 km² (0,5% del totale delle terre emerse) .

B) Ricche di endemismi sono anche le aree a clima mediterraneo.

Esistono quindi alcuni *hot spots* nel Mediterraneo, relativi alla vegetazione, ad una scala ridotta rispetto a quella globale.

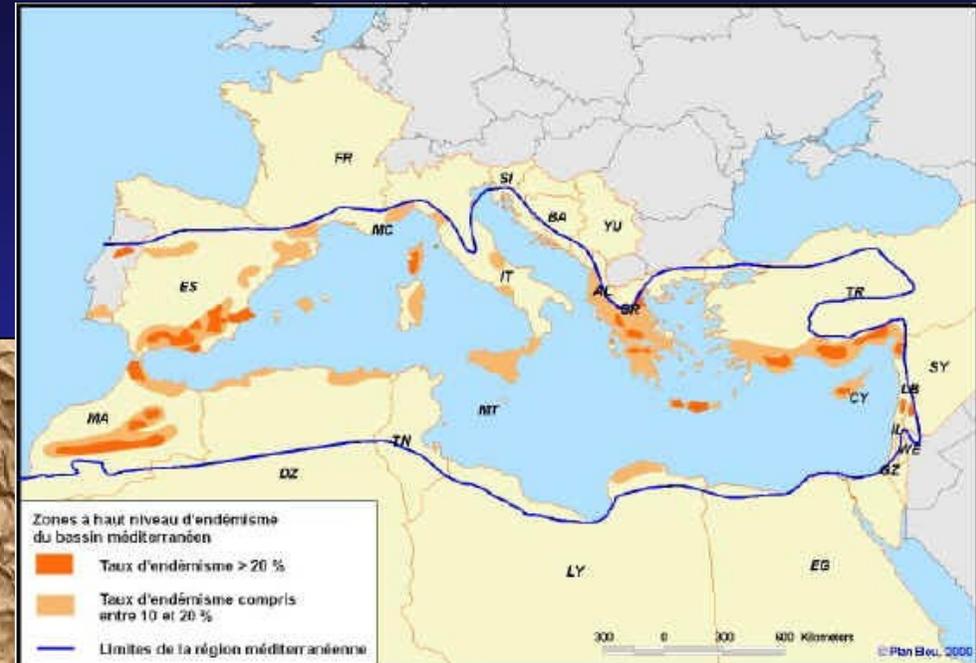
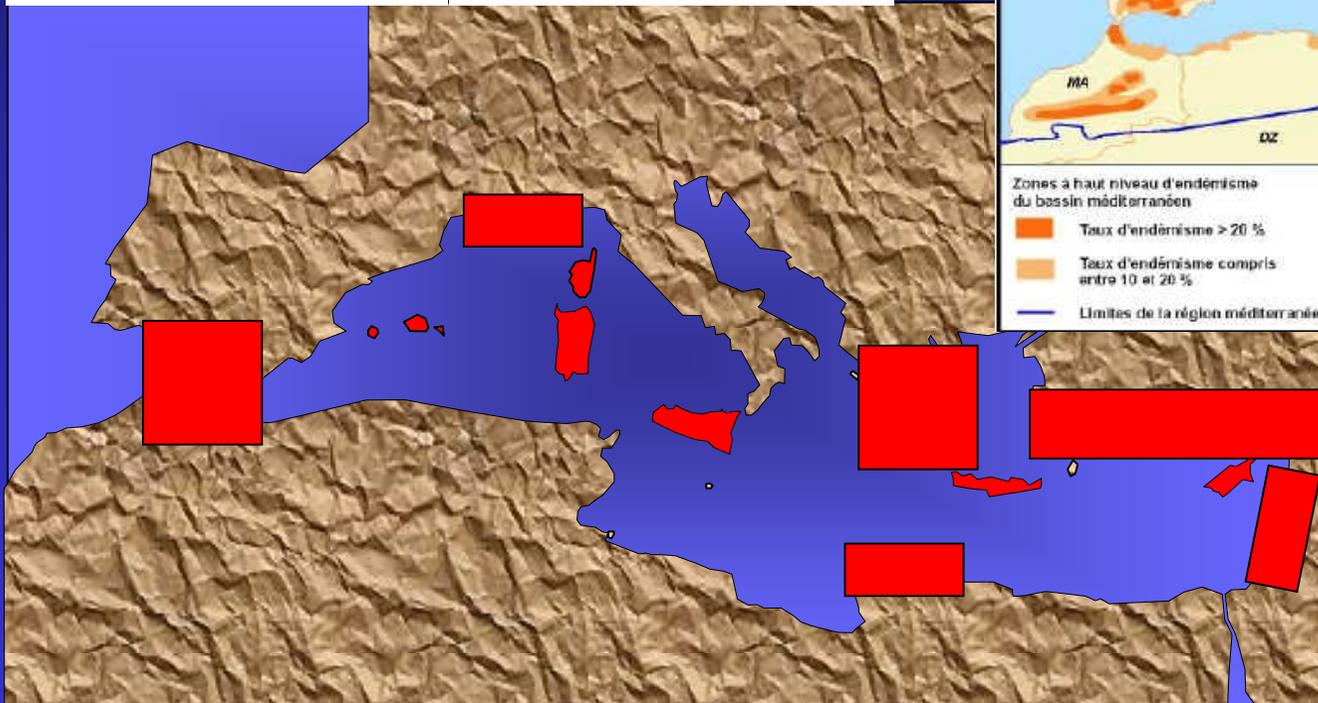
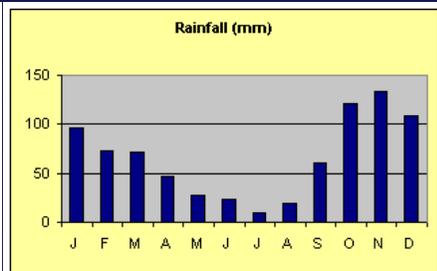
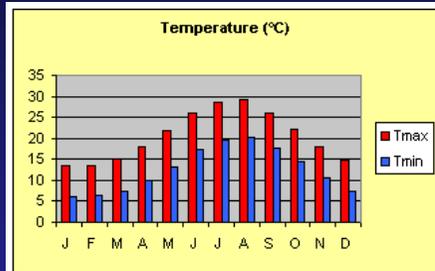


Table 4.4

"Top ten" countries with the largest number of species of selected well-known groups of organisms

Rank	Mammals	Birds	Amphibians	Reptiles	Swallowtail butterflies	Flowering plants ^a
1	Indonesia 515	Colombia 1721	Brazil 516	Mexico 717	Indonesia 121	Brazil 55,000
2	Mexico 449	Peru 1701	Colombia 407	Australia 686	China 99-104	Colombia 45,000
3	Brazil 428	Brazil 1622	Ecuador 358	Indonesia ca. 600	India 77	China 27,000
4	Zaire 409	Indonesia 1519	Mexico 282	Brazil 467	Brazil 74	Mexico 25,000
5	China 394	Ecuador 1447	Indonesia 270	India 453	Myanmar 68	Australia 23,000
6	Peru 361	Venezuela 1275	China 265	Colombia 383	Ecuador 64	So. Africa 21,000
7	Colombia 359	Bolivia ca. 1250	Peru 251	Ecuador 345	Colombia 59	Indonesia 20,000
8	India 350	India 1200	Zaire 216	Peru 297	Peru 58	Venezuela 20,000
9	Uganda 311	Malaysia ca. 1200	U.S.A. 205	Malaysia 294	Malaysia 55	Peru 20,000
10	Tanzania 310	China 1195	{ Venezuela Australia 197	{ Thailand Papua New Guinea 282	Mexico 52	U.S.S.R. (former) 20,000

Source: After Conservation International; data from numerous sources. Swallowtail data from Collins and Morris 1985. Data on flowering plants from Davis et al. 1986.

^a Numbers of species given for flowering plants are estimates.



- Biodiversity "hot-spots" (Myers, 1988 and 1990)
- ▨ Megadiversity countries (McNeely et al., 1990)

Queste nazioni “*top ten*” vengono chiamate paesi a megadiversità, che dovrebbero avere un ruolo rilevante sia ecologico, sia politico-amministrativo (anche se oggi non è così).

L'ITALIA DELLA BIODIVERSITÀ

Il nostro Paese custodisce la gran parte della biodiversità presente nel continente europeo:

- ▶ circa 57.000 specie animali (1/3 di quelle europee)
- ▶ 5.600 specie floristiche (50% di quelle europee) delle quali il 13,5% sono specie endemiche e con una notevole diversità di ambienti e paesaggi.

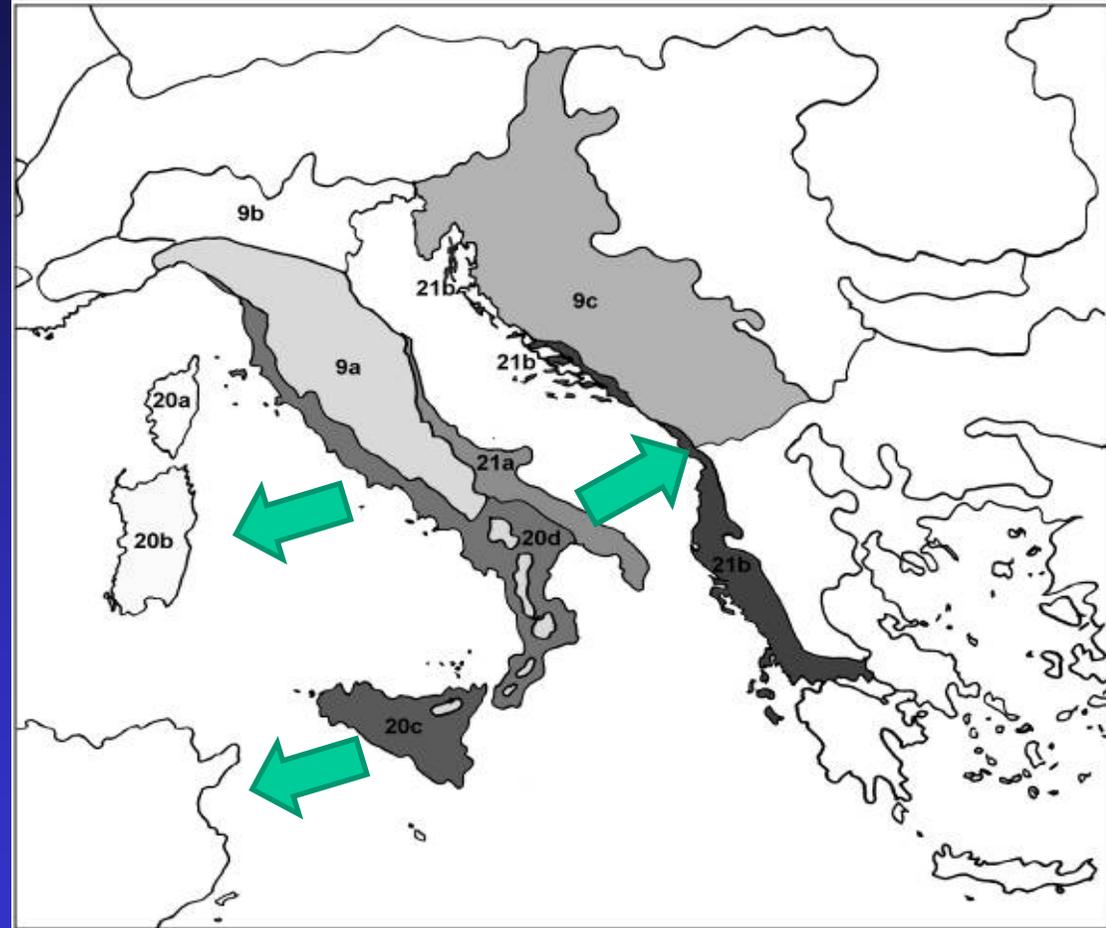
BIOGEOGRAFIA E RICCHEZZA DI SPECIE

La biodiversità italiana è dovuta a:

1- Posizione geografica:

centrale nel Mediterraneo, ha facilitato e continua a facilitare fenomeni di colonizzazione.

Ponte tra Europa continentale ed Africa settentrionale, tra Europa Orientale e Occidentale .

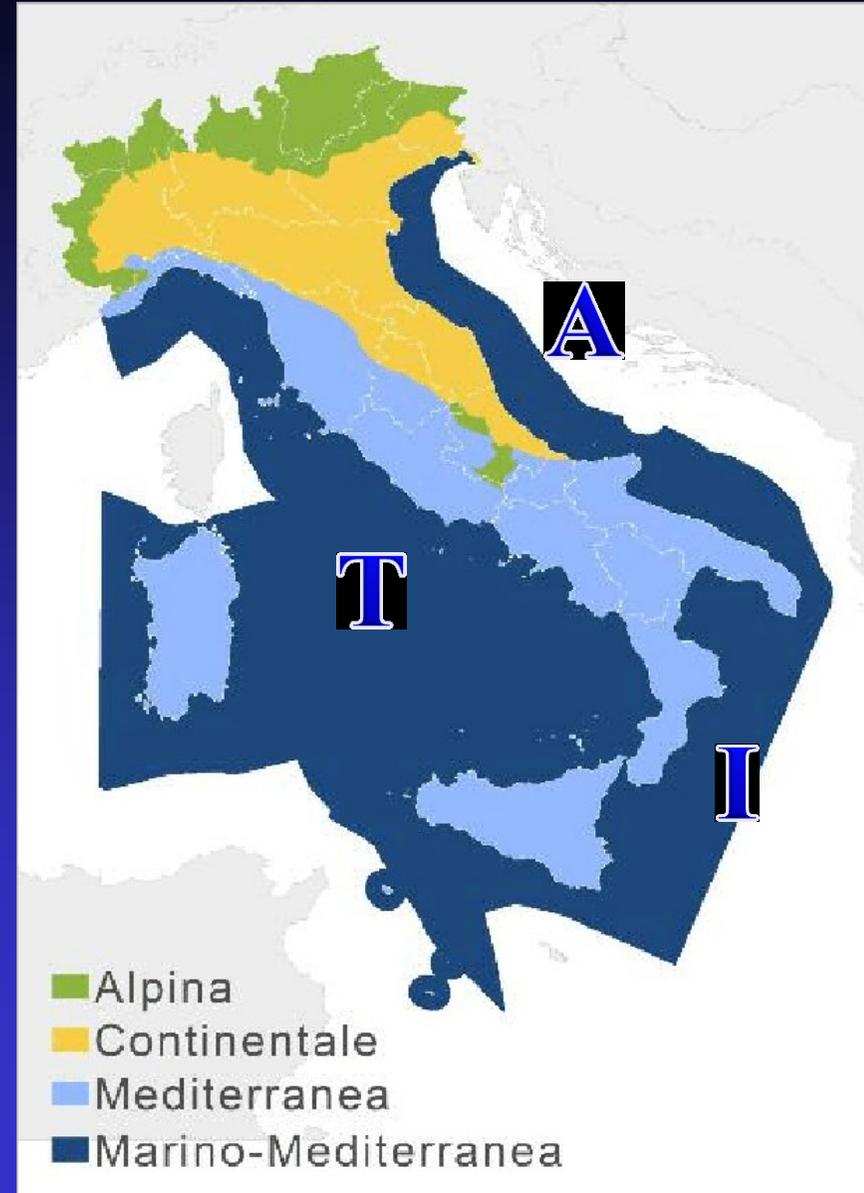


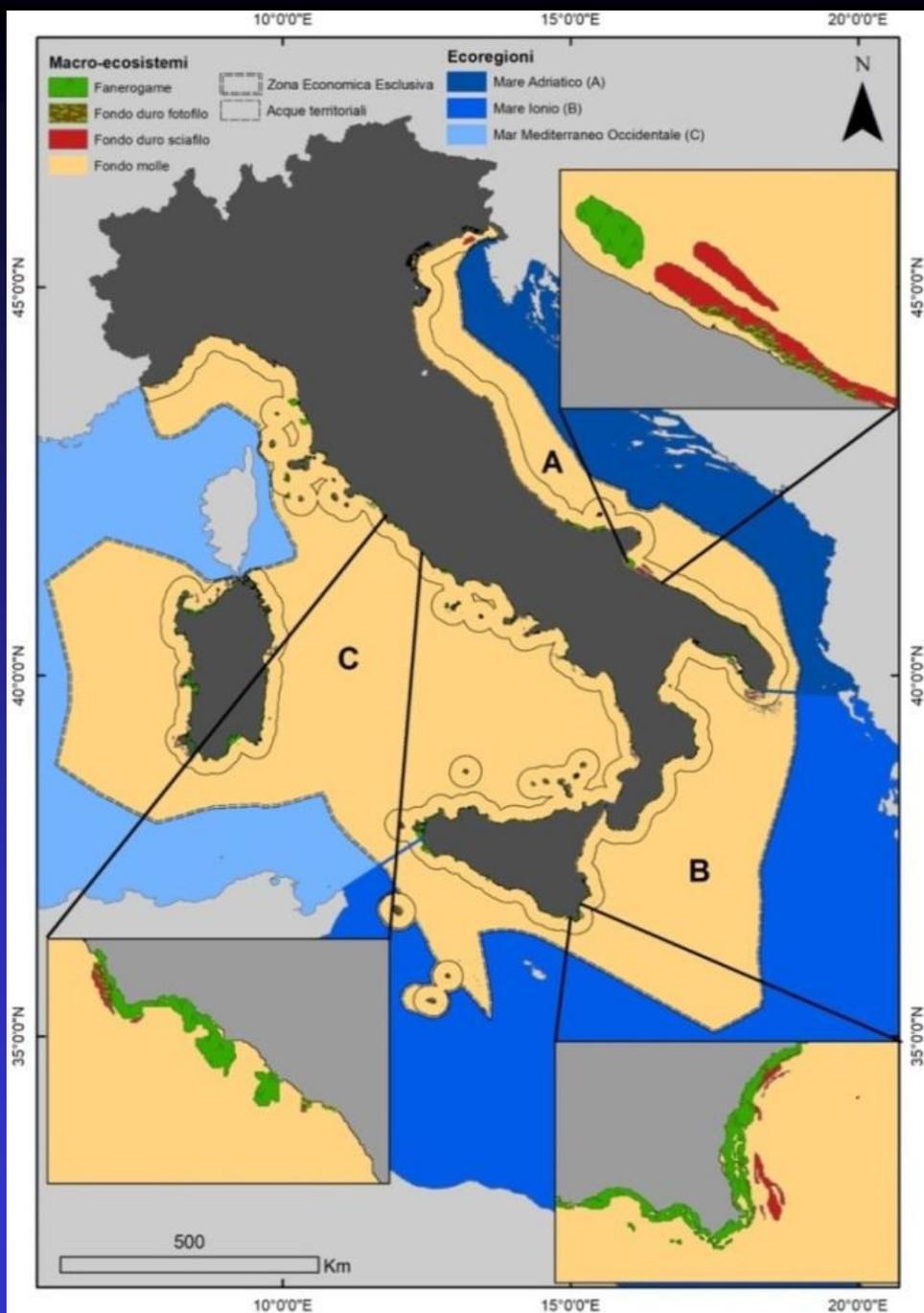
2- Storia paleogeografica e paleoclimatica:

a partire dall'Oligocene (34 milioni di anni fa) l'Italia è stata coinvolta in fenomeni molto complessi che hanno inciso profondamente sulla composizione e distribuzione di flora e fauna.

3- Diversità di ambienti:

in uno spazio ristretto è presente una grande complessità di tipologie litologiche, topografiche e climatiche, che consente al nostro paese di essere l'unico in Europa ad avere un territorio con ben 3 ecoregioni diverse, sia terrestri (Alpina, Continentale e Mediterranea), sia marine (Adriatica, Ionica, Tirrenica).





Le tre ecoregioni marine italiane:

- A) ecoregione Adriatica
- B) ecoregione Ionica
- C) ecoregione Tirreno-Ligure (del Mediterraneo occidentale)

(2° *Rapporto sul Capitale Naturale in Italia*, 2018)

Le Aree Naturali Protette (ANP) dovrebbero mantenere questo grande patrimonio di biodiversità:

➤ - dal 1990 sono cresciute **dal 4% a oltre il 15%** (media Europa 5%).

➤ **827** aree naturali diffuse su tutto il territorio nazionale

➤ **50** “zone umide” di importanza internazionale

➤ **2.800** siti della “Rete Natura 2000” (SIC/ZPS) per quasi 5 milioni di ettari.

➤ Circa 2.200 comuni coinvolti (70% di piccole dimensioni).

