

Università degli Studi di Trieste – a.a. 2019-2020
Corso di Studio in Scienze e Tecnologie per L'ambiente e la Natura

213SM – Ecologia
213SM-3 – Ecologia Generale

BIODIVERSITA'

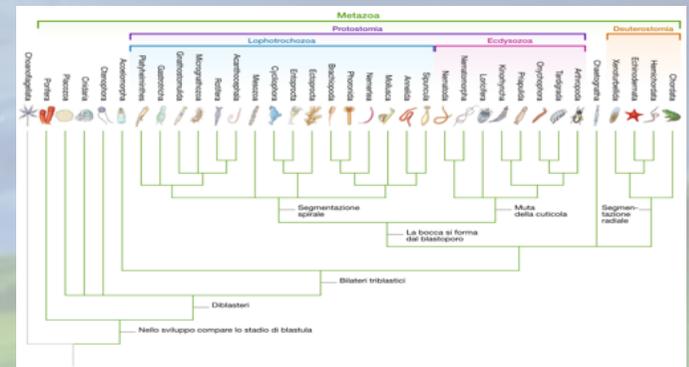
Prof. Stanislao Bevilacqua (sbevilacqua@units.it)

Biodiversità

La diversità biologica (o biodiversità), cioè la quantità di variabilità biologica contenuta in un sistema naturale, è definita come “...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)

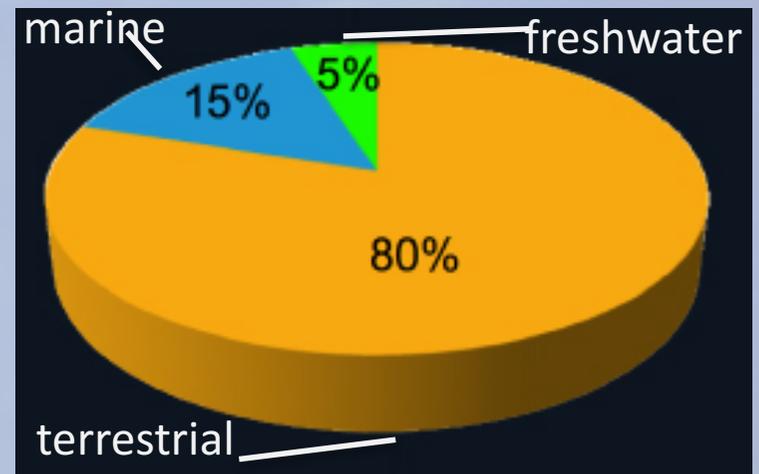
La biodiversità comprende ogni aspetto della vita, genetico, filogenetico, compositivo, funzionale, paesaggistico (comunità, ecosistemi).



Il “modo” più comune di intendere la diversità biologica è quello di considerare il numero assoluto di specie viventi in una data regione geografica, in una certa area, in un certo periodo, o in una data comunità/ecosistema.

Quante specie ci sono?

- ~1500000 di specie conosciute
- ~solo 230000 sono marine
- ~34 phyla animali, 80% è marino + le alghe, virus, batteri e funghi



Esistono varie stime della biodiversità totale in specie sul pianeta. Potrebbero essere dai due agli otto milioni in effetti (Costello et al. 2013). Ve ne sono almeno altre 250000 identificate ma non descritte.

I gruppi meno conosciuti e con maggiore probabilità di essere sottodimensionati sono gli invertebrati terrestri e marini, i batteri.

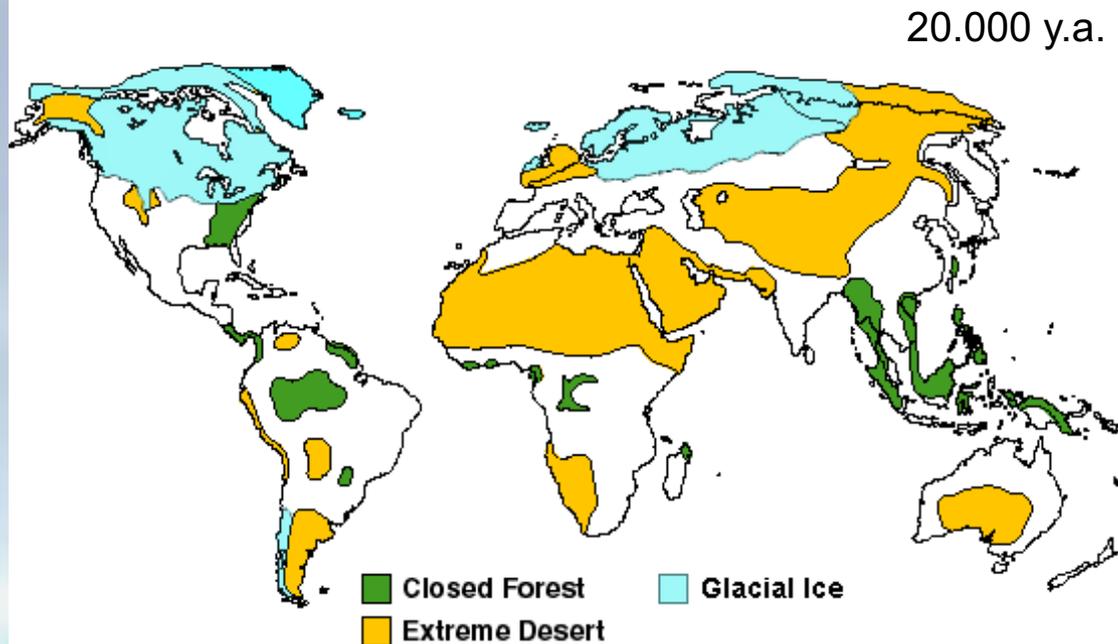
Fattori che influenzano la biodiversità

- Fattori geografici (e.g. latitudine)
- Produttività, clima, storia
- Predazione, competizione
- Disturbo, isolamento, eterogeneità

L'ipotesi temporale (o del tempo evolutivo): le comunità si diversificano col tempo, lungo una scala che arriva a milioni di anni, e una comunità più vecchia è probabilmente più diversificata.

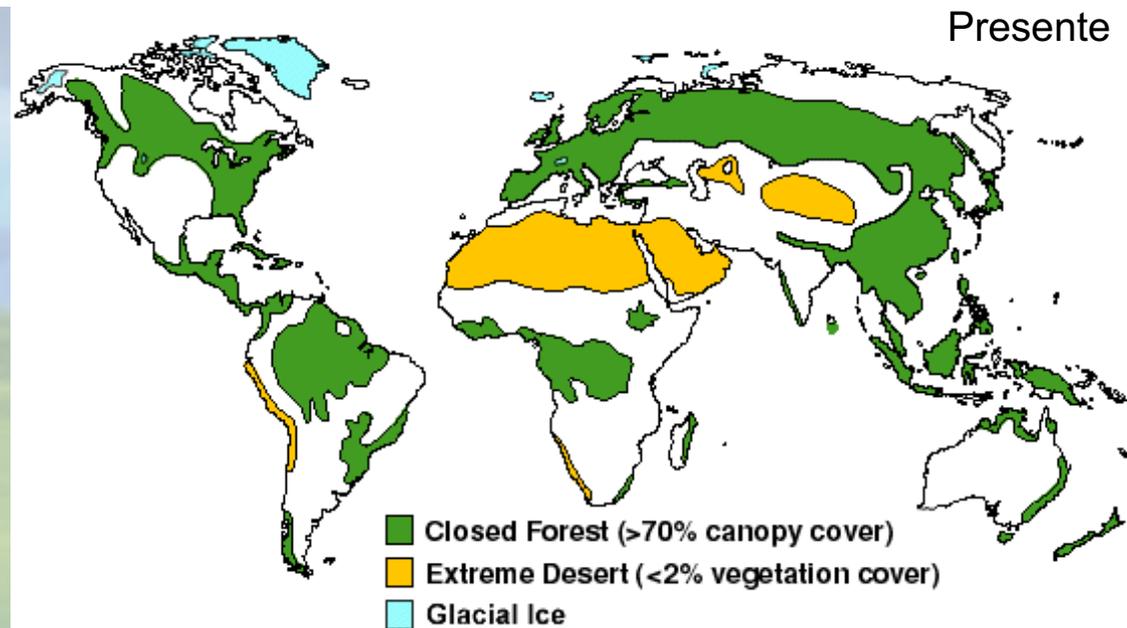
Questo fondamentalmente perché più tempo per immigrazione, instaurarsi di processi di differenziazione e quindi speciazione, e strutturazione di relazioni biologiche.

Stabilità del tempo evolutivo



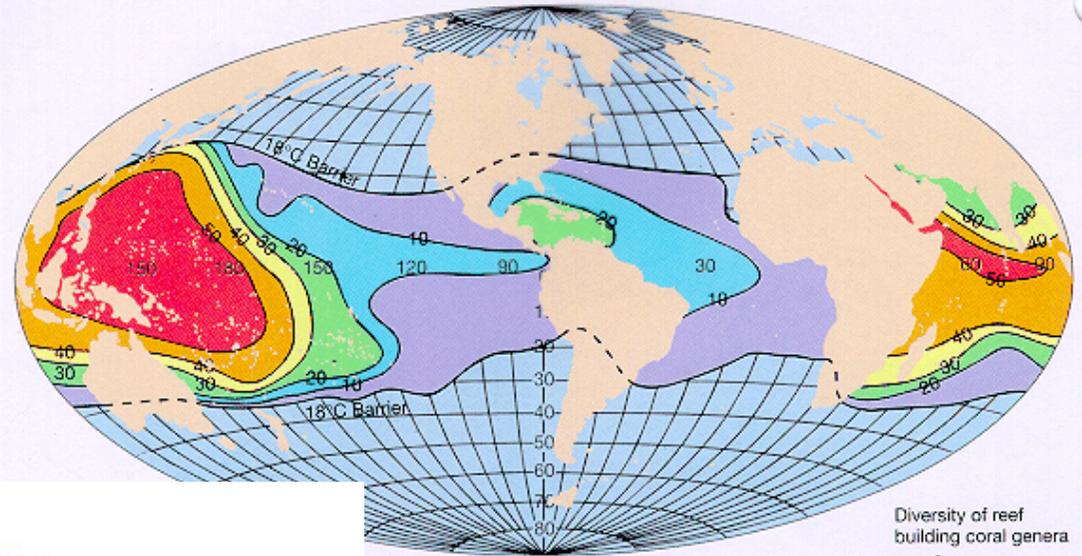
L'estensione di molti sistemi è cambiata tra l'ultimo periodo glaciale ed il presente. Circa 20.000 anni fa la foresta amazzonica era ridotta ad 1/3 del presente ed i deserti molto più vasti.

Ad ogni modo, le aree tropicali hanno subito minori cambiamenti, e i sistemi in queste zone hanno sperimentato un tempo evolutivo più lungo.



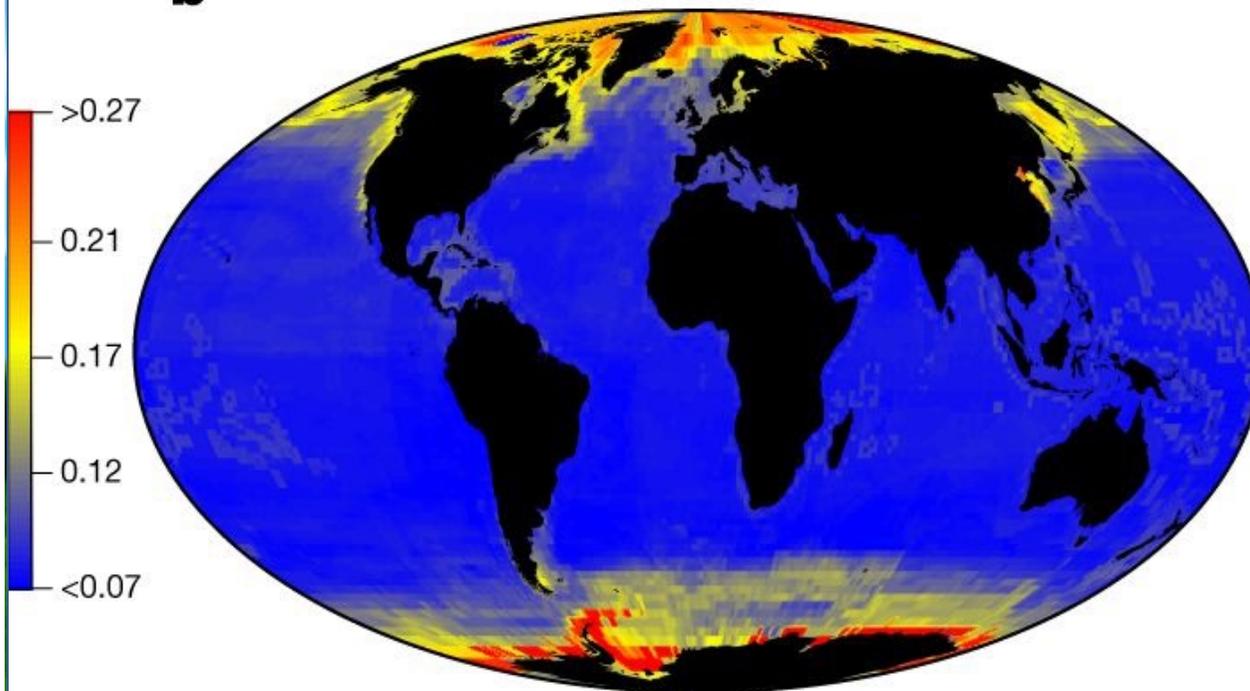
Stabilità

Un gradiente interoceanico è stato messo in evidenza per la fauna bentonica: l'Oceano Pacifico (più vecchio) ha molte più specie dell'Oceano Atlantico.



b

Speciation rate



Rabosky et al. 2018

Recenti studi hanno però messo in risalto il fatto che i tassi di speciazione potrebbero essere molto più alti a basse latitudini.

Stabilità delle condizioni dell'ambiente

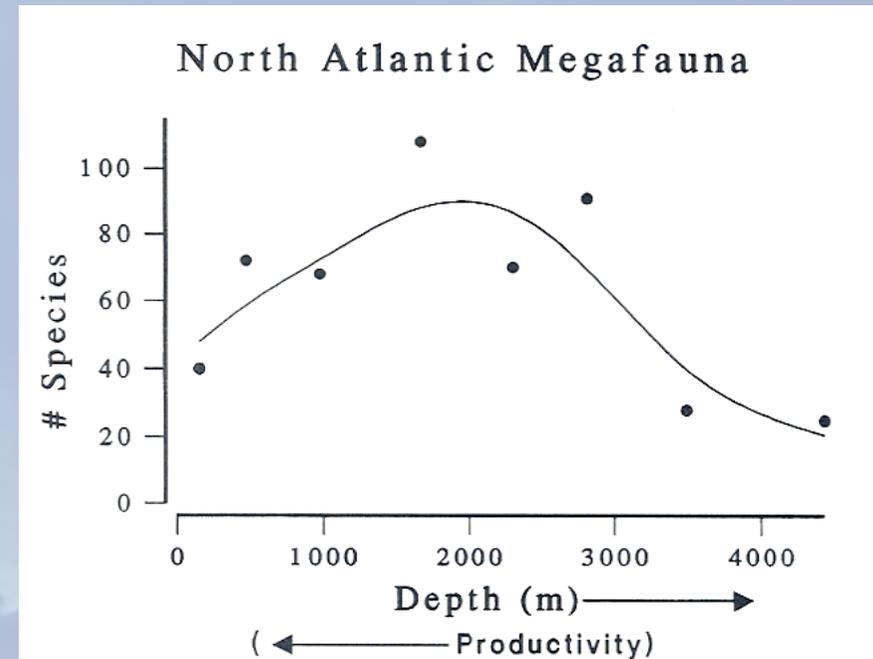
Più stabili sono i **fattori ambientali o il clima** più specie sono presenti, dato che è meno probabile che una specie si estingua quando le condizioni ambientali si mantengono prevedibili. Un clima stabile è quello che varia poco o nulla durante le stagioni per lunghi periodi di tempo.

Stabilità **non necessariamente come assenza di variabilità**, ma anche come **prevedibilità o ciclicità** delle variazioni. Gli ambienti che presentano cicli di variazione prevedibili e costanti possono essere più diversificati rispetto agli ambienti imprevedibili. È maggiore la possibilità di adattamento all'ambito della variazione.

Tuttavia, anche ambienti con variazioni prevedibili, ad esempio con marcata stagionalità, possono sostenere poche specie, se le condizioni pur prevedibili sono estreme. Questo perché pochi organismi sono adattati a sopravvivere in **condizioni ambientali aspre** (es. bassissime o altissime temperature, o pH molto acido o molto basico).

Stabilità-tempo

Stability-Time Hypothesis (Sanders, 1968). L'ipotesi prevede che l'instabilità dell'ambiente fisico impedisce il formarsi di comunità diversificate. Se l'ambiente si mantiene stabile per abbastanza tempo, l'immigrazione e la speciazione porteranno ad un aumento della diversità. L'ipotesi nasce per spiegare il gradiente di diversità bentonica con la profondità.



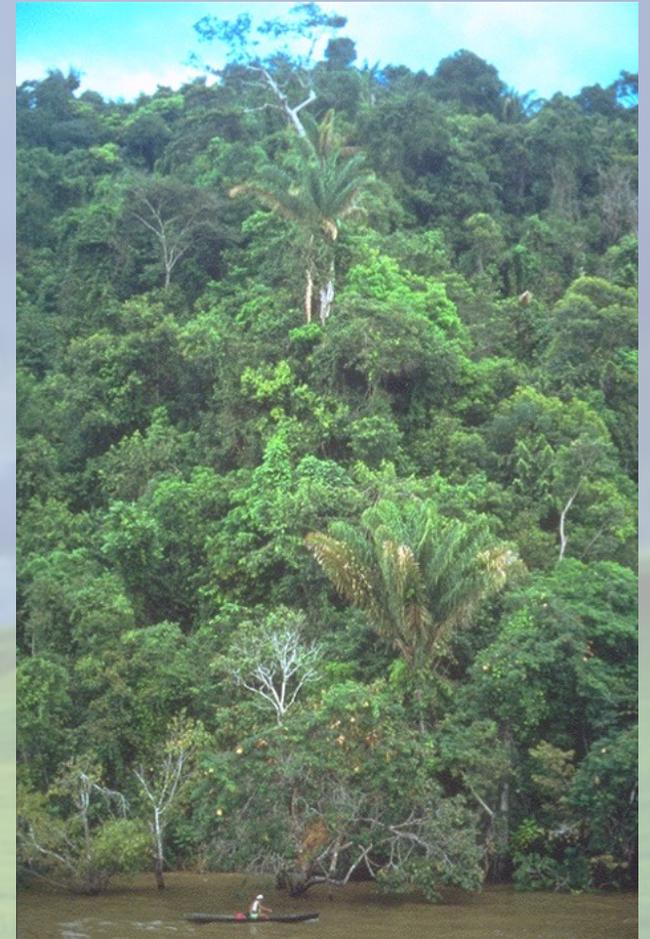
Tuttavia, (1) il comportamento alimentare è abbastanza uniforme: molti organismi sono detritivori o filtratori, con alcuni predatori; (2) spesso gli organismi sono generalisti, cioè si basano su un'alimentazione varia; (3) la rarefazione degli individui rende difficile l'interazione competitiva.

Il contributo delle interazioni biologiche

In ambienti favorevoli la selezione è controllata da interazioni biologiche più che dai fattori fisici. La competizione interspecifica è spesso importante e decisiva nel regolare la diversità.

In questo caso le specie hanno evoluto nicchie ristrette, aumentando la diversità specifica dato che più specie devono dividersi le risorse disponibili attraverso un processo di ripartizione.

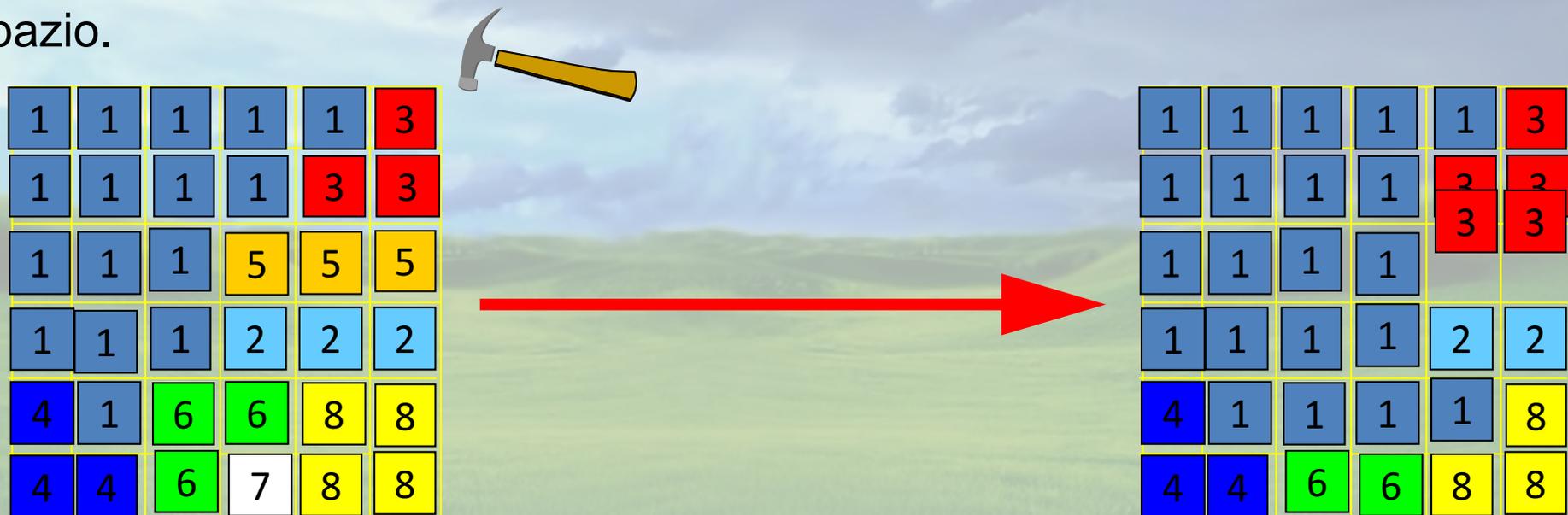
Ciò avviene, ad esempio, nelle foreste pluviali tropicali o nelle barriere coralline.



Il disturbo

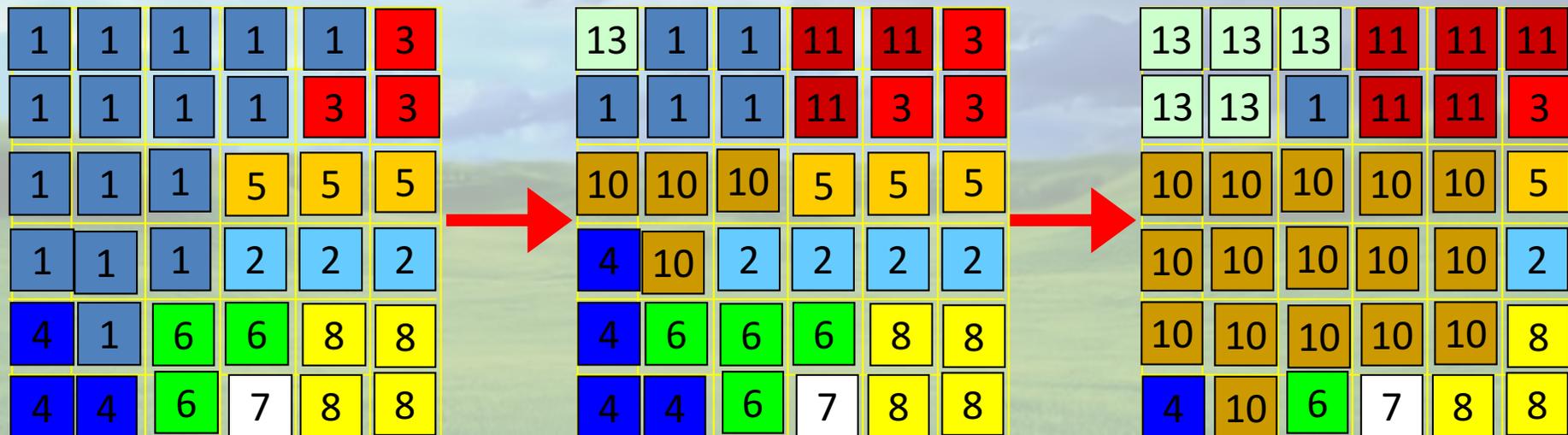
Il disturbo è un fenomeno dovuto alla continua e densità-indipendente rimozione di organismi da una comunità. Nelle comunità non sature (nelle quali tutte le nicchie potenziali non sono occupate), la competizione è ridotta e la coesistenza è possibile senza esclusione competitiva.

S.J. Connell (1978) formulò l'**ipotesi del disturbo intermedio** per spiegare la diversità nelle foreste pluviali e nelle barriere coralline. Secondo l'ipotesi, quando il disturbo è basso (frequenza o intensità), i competitori forti escludono le altre specie, assumendo che questi siano più efficienti nell'occupare lo spazio.



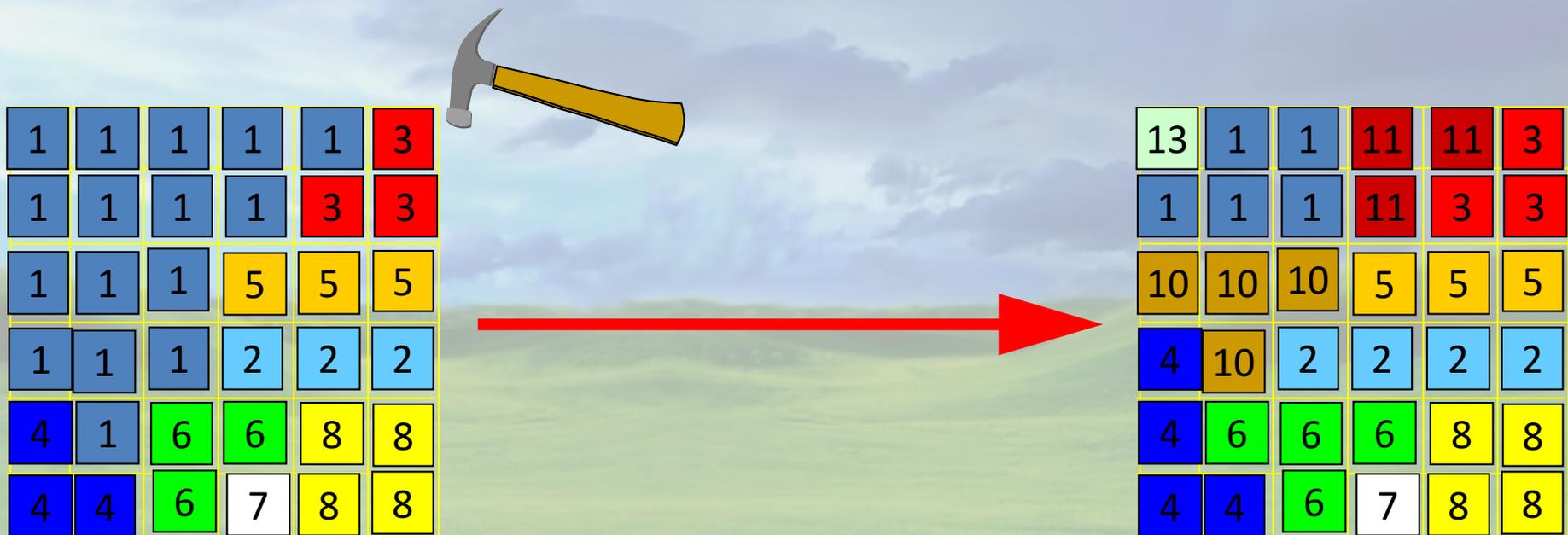
Ipotesi del disturbo intermedio

Quando il disturbo è frequente e/o forte, i competitori forti generalmente sono generalmente ridotti o esclusi, e i competitori deboli si insediano e colonizzano lo spazio. La diversità è bassa perché solo poche specie saranno adattate a tollerare questi livelli elevati di disturbo.



Ipotesi del disturbo intermedio

Infine, quando il regime di disturbo possiede una frequenza e una intensità intermedia, sia i competitori forti che quelli deboli riusciranno a coesistere dato che il livello di disturbo sarà abbastanza alto da impedire l'esclusione competitiva e creando nuove patch disponibili, ma sufficientemente debole da non causare l'estinzione locale dei competitori forti.

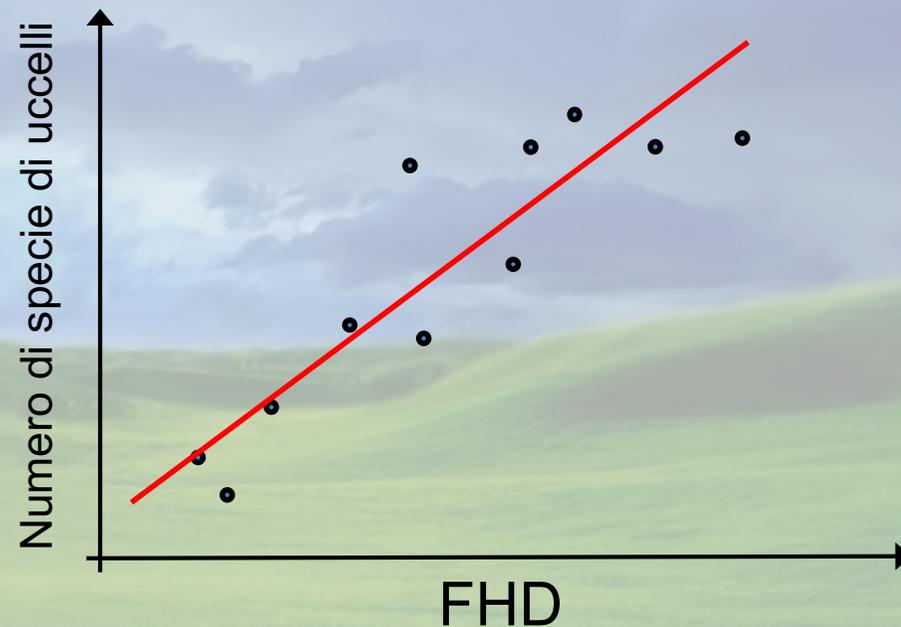


Complessità ambientale

Più è strutturalmente eterogeneo un ambiente, maggiore sarà la diversità di flora e fauna. In pratica, un ambiente strutturalmente eterogeneo (e.g., con molti organismi strutturanti, o con dominanza di un organismo strutturante, o complesso dal punto di vista dell'ambiente fisico) avrà una maggiore diversità dovuta ad un maggiore numero di nicchie disponibili. Una foresta contiene più specie di una prateria, o una barriera corallina contiene più specie di un substrato roccioso uniforme.

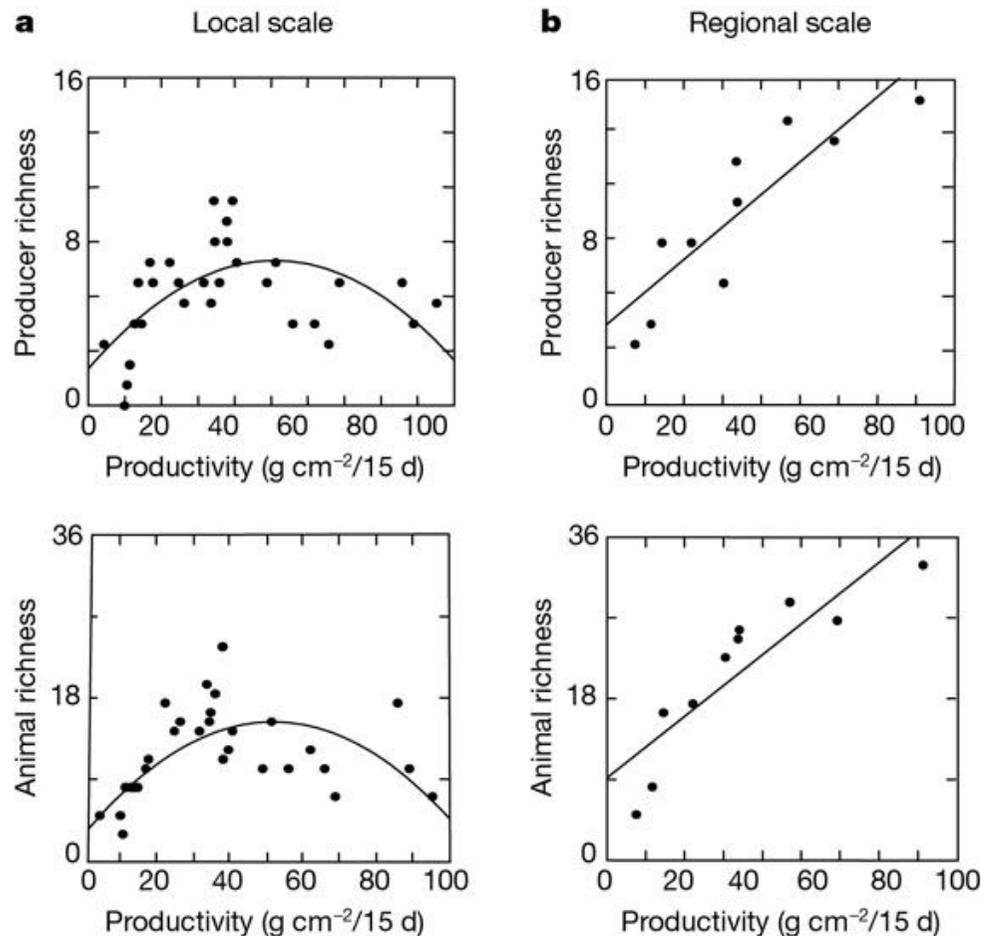
Per esempio, esiste una relazione tra la complessità strato fogliare ed il numero delle specie di uccelli.

Specie strutturanti promuovono la diversità, agendo da *habitat-former*.



Produttività

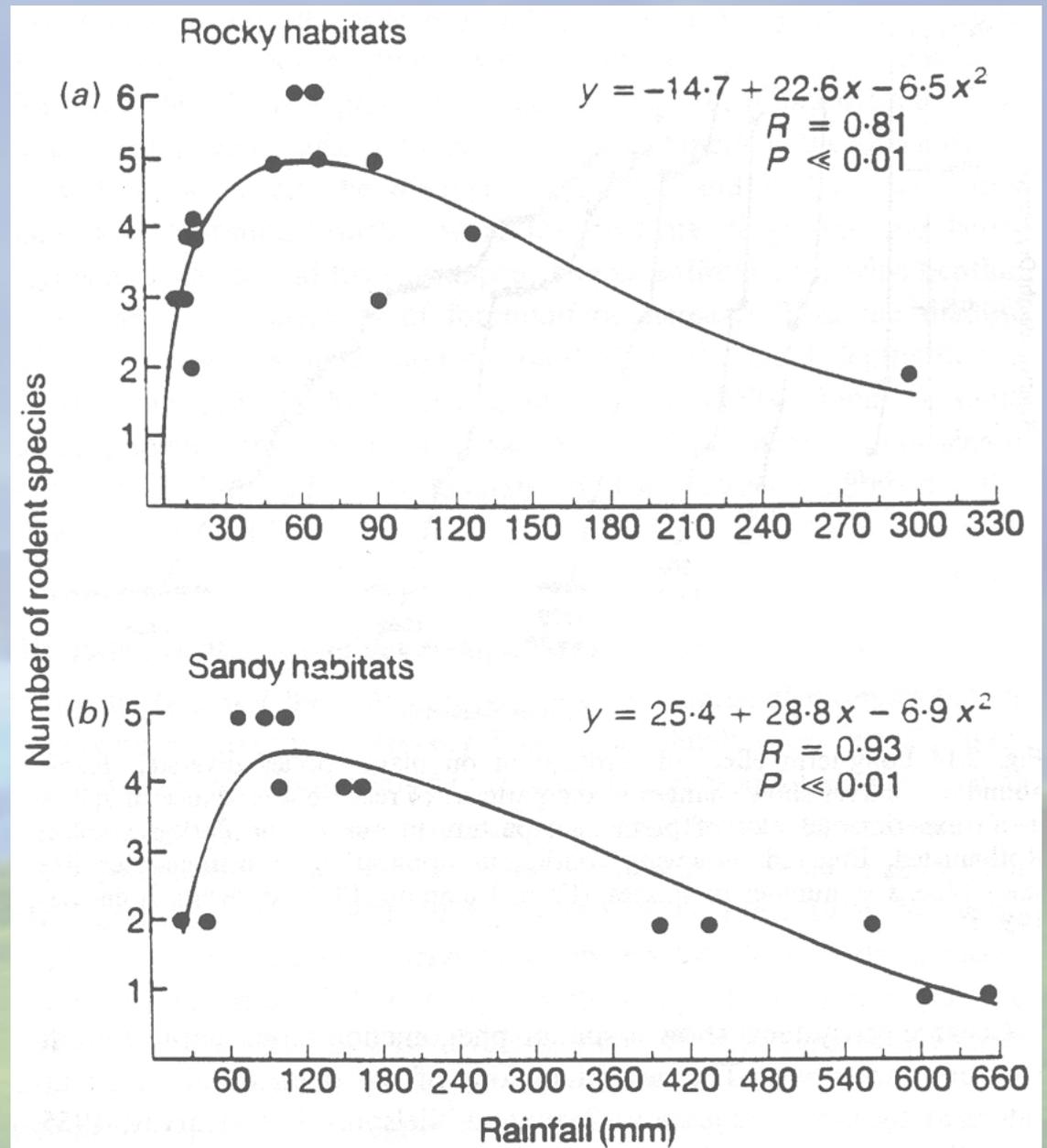
Gli ambiente poco produttivi sono generalmente poco diversificati. Maggiore produttività primaria stimola maggiore produttività secondaria, e un maggior quantità (e numero) di risorse (biomassa disponibile al consumo) potrebbe sostenere un numero maggiore di specie.



L'andamento della relazione non è univoco. Ambienti molto produttivi possono essere poveri in specie se meccanismi di esclusione competitiva favoriscono i migliori "sfruttatori". Mentre, se altri fattori promuovono l'eterogeneità nella composizione in specie, maggiore produttività può portare a maggiore ricchezza specifica.

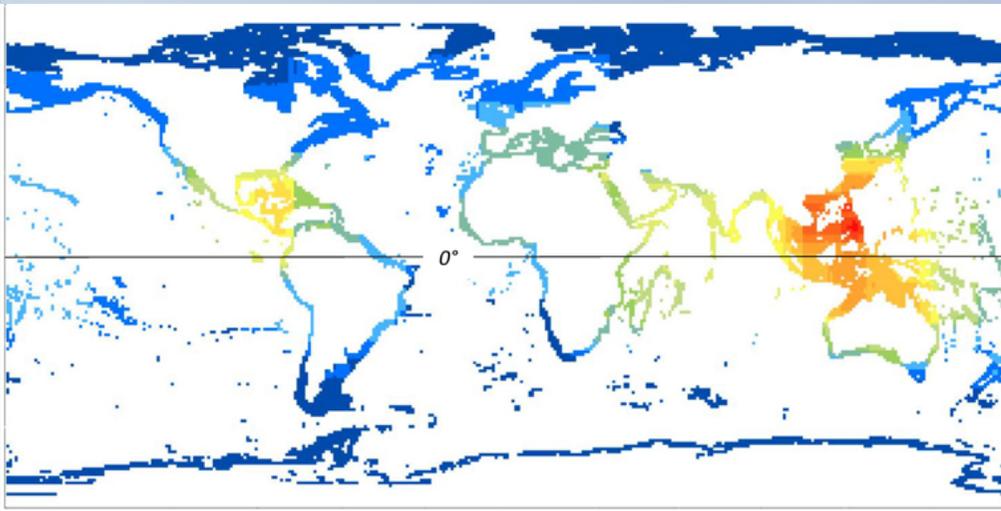
Paradosso dell'arricchimento

Esiste anche una relazione negativa tra diversità e produttività, detta “il paradosso dell'arricchimento”. Questo è particolarmente evidente negli ambienti acquatici in risposta a fenomeni di eutrofizzazione o negli ambienti desertici a causa di un eccesso di piovosità.

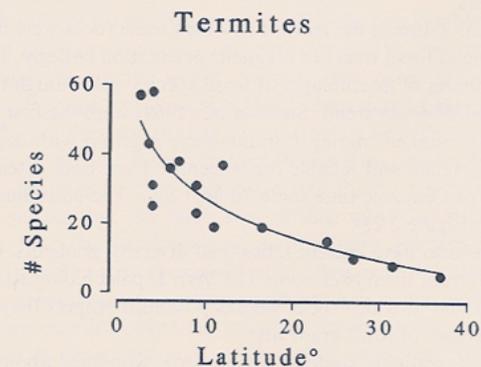
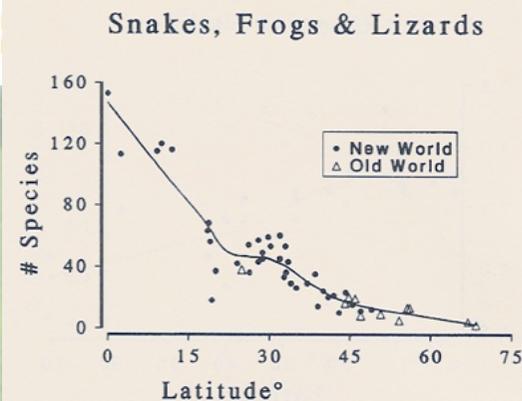
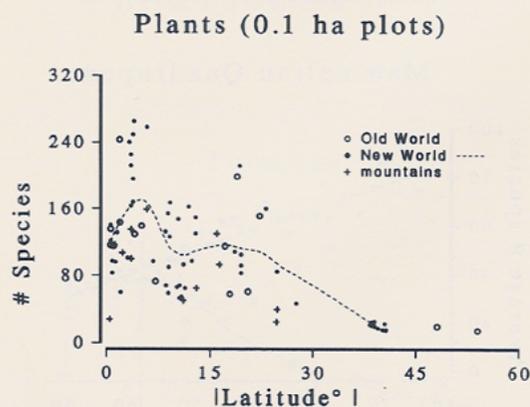


Multicausalità

Nessuna delle ipotesi fatte è in grado di spiegare esaurientemente la distribuzione della biodiversità, e in molti casi l'esito degli esperimenti per testare la validità delle diverse ipotesi ha dato risultati contrastanti. La verità probabilmente è che più fattori si combinano nel determinare il livello di diversità di un'area, o di una comunità, e in definitiva la distribuzione delle specie nello spazio.



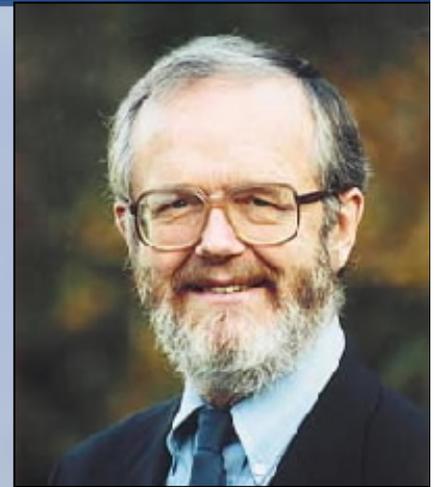
Ad esempio, il gradiente latitudinale nel numero di specie, in cui questo cresce generalmente dai poli all'equatore, è probabilmente determinato dall'interazione di più fattori, come la stabilità delle condizioni, il tempo evolutivo, la maggiore produttività.



Hotspots

Il concetto di **hotspot** è stato evoluto alcuni anni fa dall'ecologo Norman Myers (1988) per denominare quei luoghi della superficie terrestre nei quali è particolarmente alta la concentrazione di specie vegetali rispetto all'unità di superficie.

La definizione formale implica la presenza di almeno 1500 specie endemiche (o almeno lo 0.5% del totale) e la perdita di almeno il 70% dell'habitat.

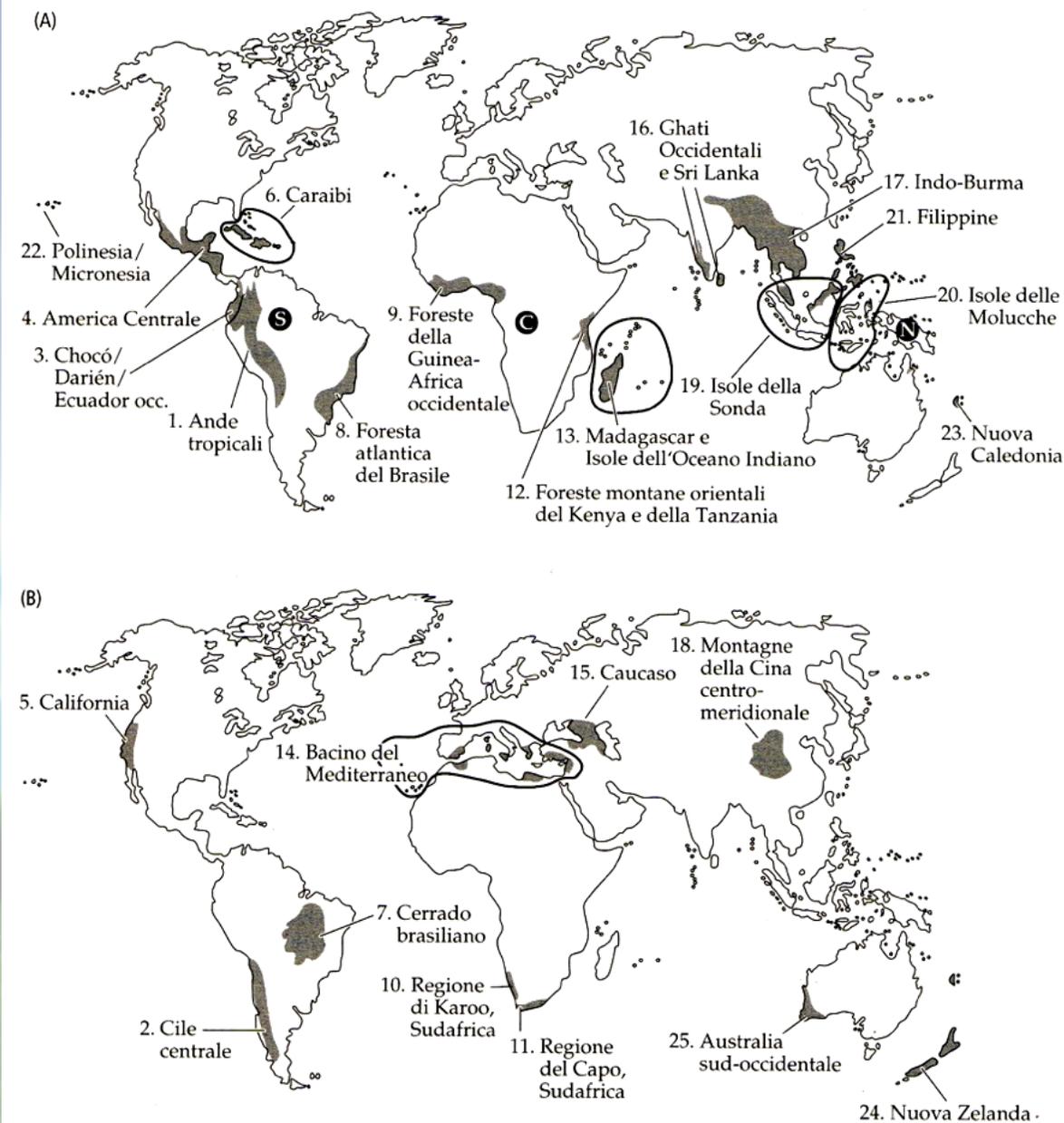


Tropical rain forest "hotspots"

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



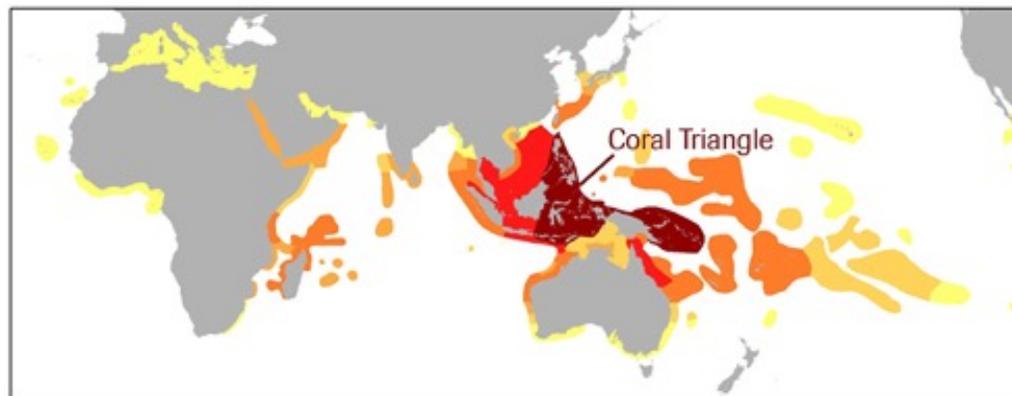
Hotspots terra



Le 25 aree (A) contengono circa 50.000 specie endemiche di piante, il 20% del totale mondiale, su una superficie di 764.400 km², solo lo 0,5% delle terre emerse. Particolarmente ricche di endemismi sono le 8 aree a clima mediterraneo (B).

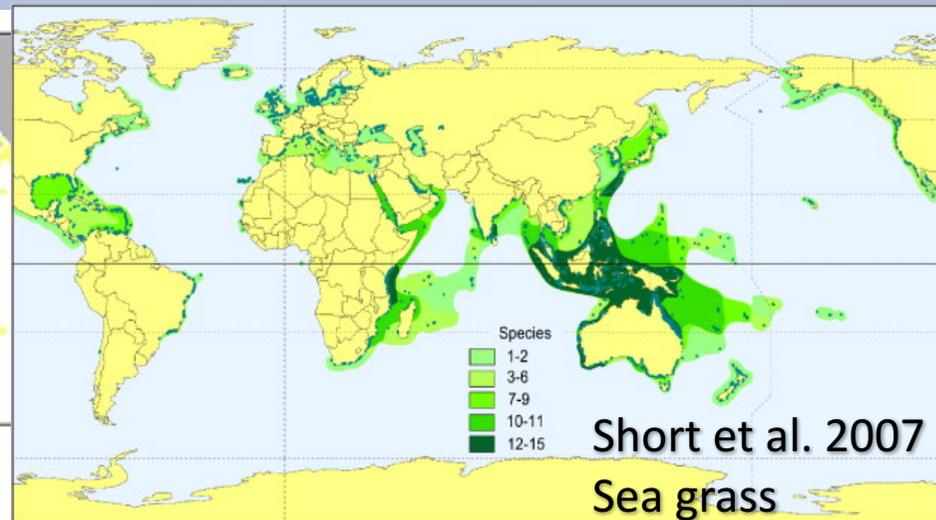
Hotspots mare

Più in generale, un hotspot è un'area geografica caratterizzata da una **ricchezza specifica** particolarmente **elevata** e da un **alto numero di endemismi**.



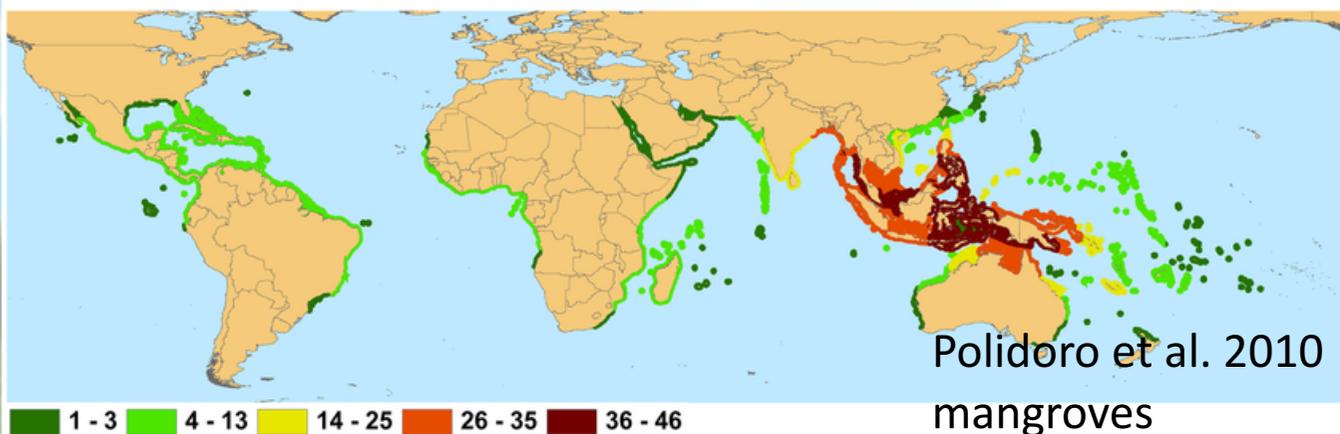
Knowlton et al. 2010
number of coral reef species per ecoregion
corals

0-100	101-200	201-300	301-400	401-500	501-600
-------	---------	---------	---------	---------	---------



Short et al. 2007
Sea grass

Species
1-2
3-6
7-9
10-11
12-15



Polidoro et al. 2010
mangroves

1 - 3	4 - 13	14 - 25	26 - 35	36 - 46
-------	--------	---------	---------	---------

Il Mar Mediterraneo, ad esempio, può essere considerato un hotspot di biodiversità marina. Possiede circa il 6% della biodiversità della macrofauna e flora marine al livello mondiale, con un 20-30% di endemismi.

Anche se rappresenta solo lo 0.8% circa della superficie degli oceani terrestri.



Paesi a megadiversità

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



■ Biodiversity "hot-spots" (Myers, 1988 and 1990)

▨ Megadiversity countries (McNeely et al., 1990)

Indonesia

Brasile

India

Cina

Messico

Perù

Colombia

Ecuador

Australia

Congo

Sono detti paesi a megadiversità

Dato l'enorme

numero di specie e di

endemismi

presenti nei loro territori

Università degli Studi di Trieste – a.a. 2019-2020
Corso di Studio in Scienze e Tecnologie per L'ambiente e la Natura

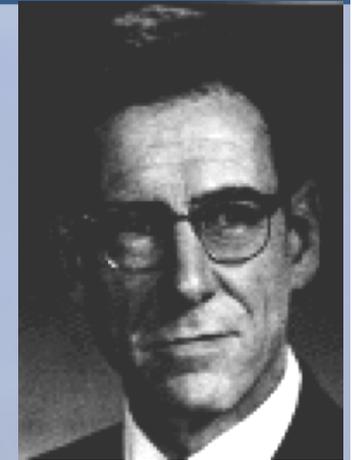
213SM – Ecologia
213SM-3 – Ecologia Generale

Classificazione della diversità

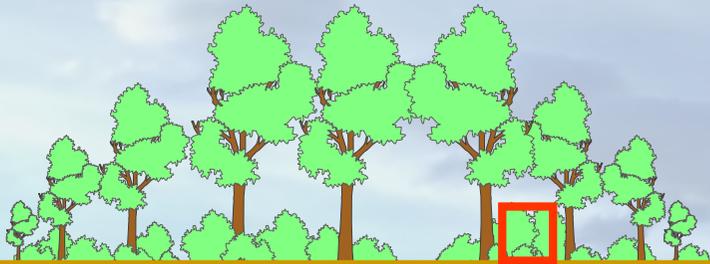
Prof. Stanislao Bevilacqua (sbevilacqua@units.it)

Diversità puntiforme e alfa diversità

Per aiutare a definire e delimitare una comunità, Robert H. Whittaker (1960, 1972) ha classificato differenti tipi di diversità in base alla scala spaziale alla quale avviene la quantificazione (*inventory diversity*), ipotizzando 4 livelli di diversità:

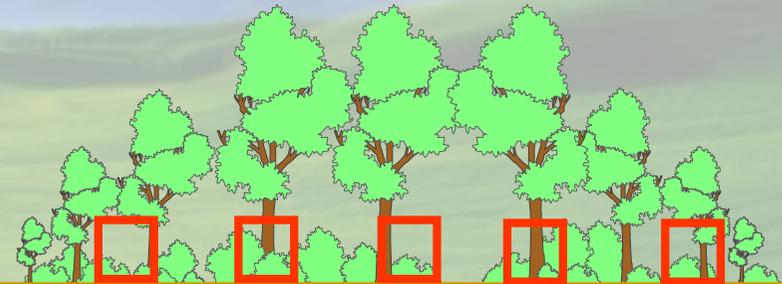


Point-diversity – α -diversity – γ -diversity – ε -diversity



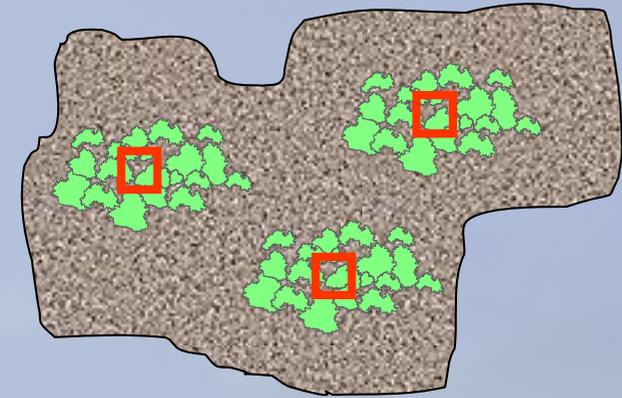
il primo livello è quello della diversità puntiforme (*point-diversity*), relativa ad un micro-habitat o ad un campione raccolto in un habitat omogeneo, o in un sito, o in una comunità.

La diversità di questo habitat omogeneo (o sito, o comunità) è definita come α -diversità (**diversità alfa**). Componente *within habitat* della diversità.

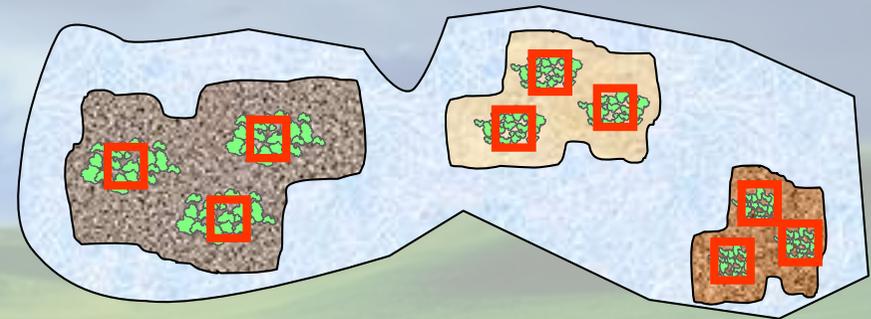


Diversità gamma e diversità epsilon

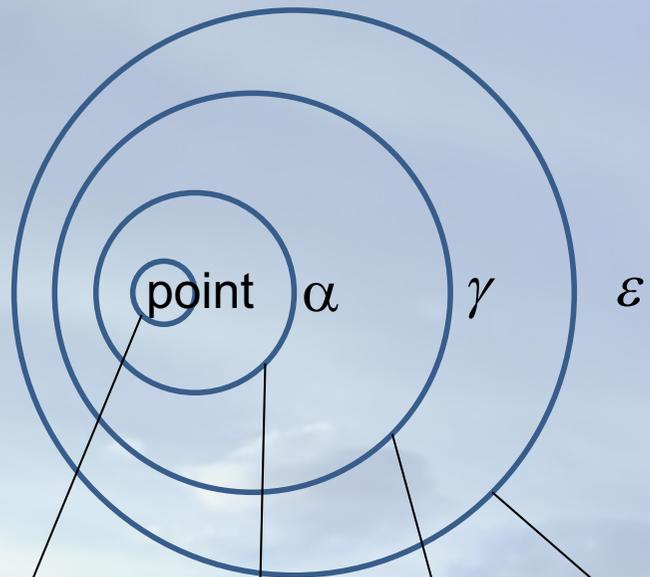
Il passo successivo nella scala è la γ -diversità (diversità gamma), cioè quella relativa ad un'unità spaziale più ampia. La diversità totale di tutte le comunità (o siti, o habitat) campionate in un'area, (ad esempio un'isola).



La ϵ -diversità (diversità epsilon), o diversità regionale, è la diversità totale di un gruppo di aree di diversità gamma (ad esempio la diversità di un gruppo di isole in un arcipelago).



Inventory diversities



Campione
all'interno di
una
comunità

Comunità

+ Comunità in
una data area

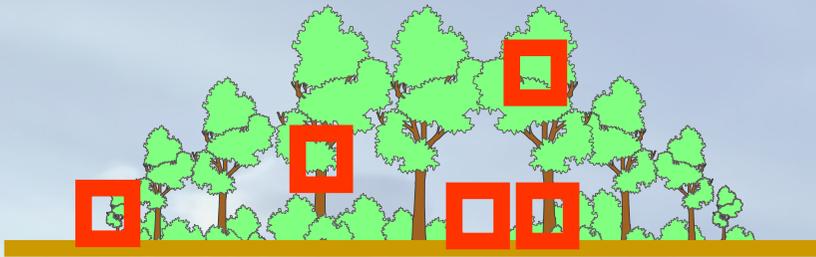
+ aree in una
regione

Ad esempio, la diversità di un campione di insetti in una foresta su una montagna, la diversità degli insetti in base a più campioni fatti nella foresta, la diversità degli insetti presenti in vari habitat campionati sulla montagna, e infine la diversità totale degli insetti nella catena montuosa di cui la montagna fa parte, ottenuta campionando gli insetti su diverse montagne.

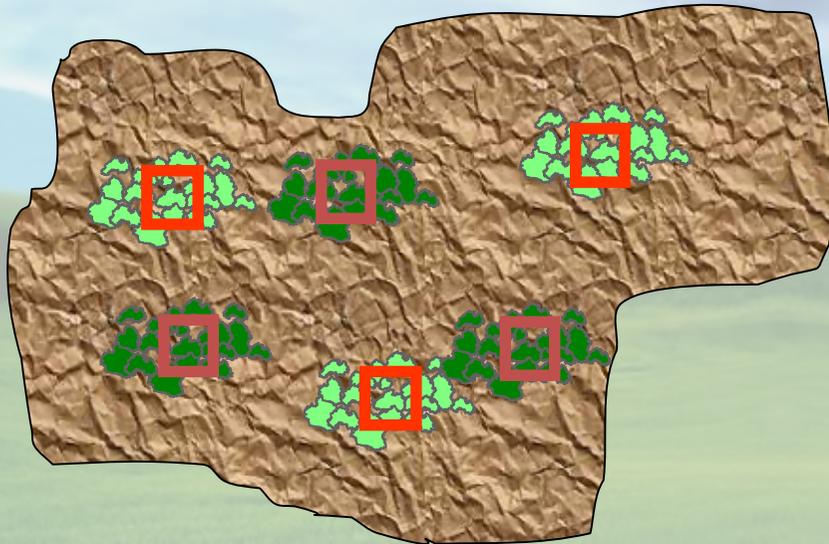
ω -diversity

Differentiation diversity

I quattro livelli di diversità sono legati a tre livelli di “*differentiation diversity*”: diversità di modello (*pattern diversity*), β -diversità e δ -diversità (diversità delta).



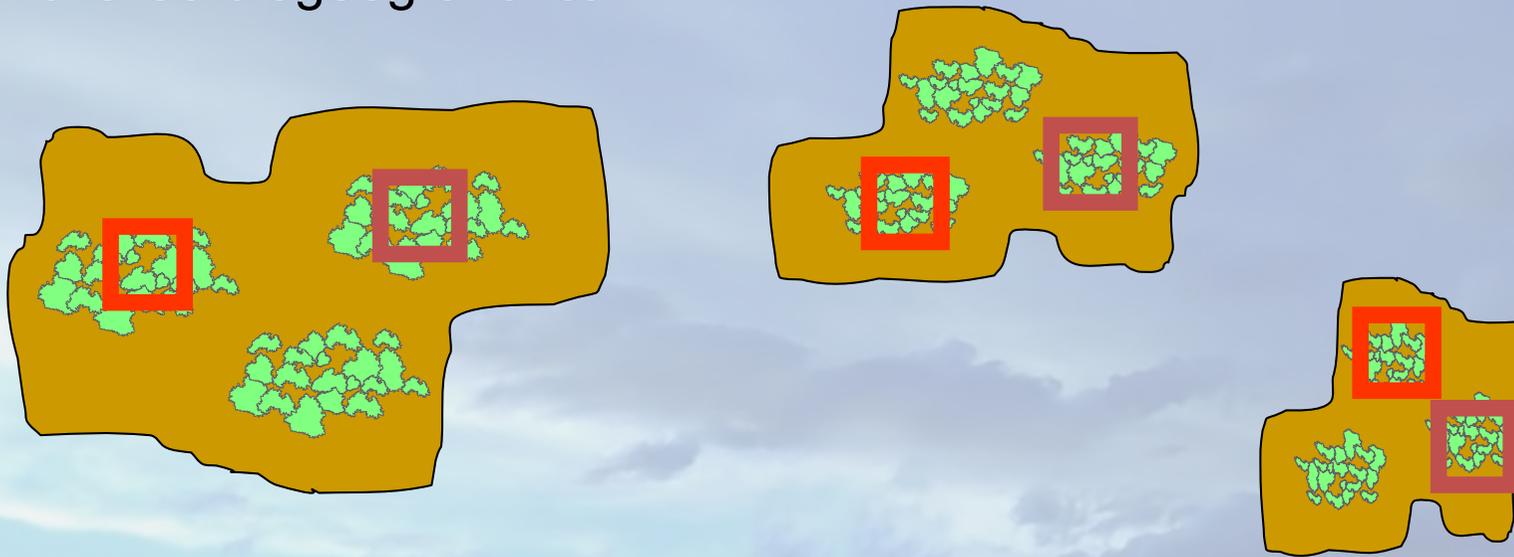
La diversità di modello è definita come la differenziazione della diversità tra campioni raccolti all'interno di una comunità (o sito, habitat).



La diversità beta è essenzialmente una misura di *quanto* differenti (o simili) siano un gruppo di comunità (o siti, o habitat). Questa è la componente “tra habitat” (*between-habitat*) della diversità.

Differentiation diversity

La diversità delta è definita come il cambiamento nella composizione ed abbondanza specifica tra aree di diversità gamma che sono presenti in un'area a diversità epsilon. In pratica essa è la quantità di variazione della diversità su grandi aree biogeografiche.



In pratica, queste diversità esprimono i medesimi concetti, anche se declinati in relazione alla scala spaziale. Si possono riassumere in tre livelli: una diversità locale (alfa), una diversità totale, o a scala spaziale più grande (gamma) e una diversità di variazione, qualunque sia la scala di apprezzamento (beta).

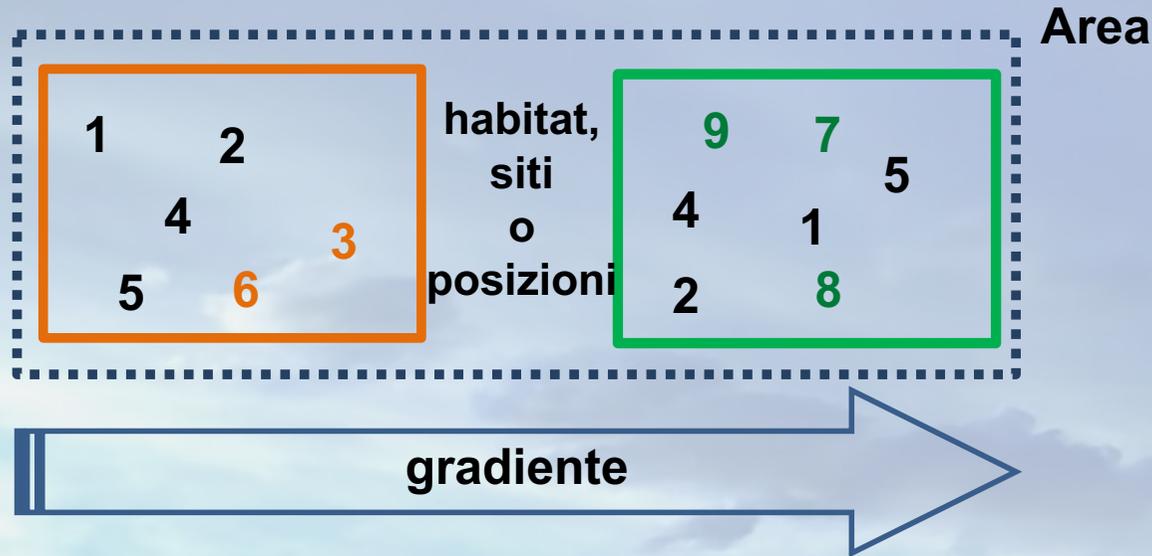
Inventory diversities

Diversity type	Inventory or differentiation diversity	Scale	Riparian plant example	Aquatic invertebrate example
Internal Alpha (point)	Inventory	Diversity of a microhabitat or sample within a homogenous community	1 × 1 m quadrat	A stone
Internal Beta (pattern)	Differentiation	Change between microhabitats within a homogenous community	Changes between quadrats	Changes between stones
Alpha (within-habitat)	Inventory	Community diversity	Floodplain forest, channel shelf, depositional bar, etc.	Riffle, pool, glide, cascade, etc.
Beta (between-habitat)	Differentiation	Change between communities	Changes between habitat types or between different communities of the same habitat type in a watershed	
Gamma (landscape)	Inventory	Total diversity of all sampled communities in a geographic area	All species in sampled communities within a watershed	
Delta (geographic differentiation)	Differentiation	Change between geographic areas or along climatic gradients	Changes in all species between watersheds or between a specific habitat in different watersheds	
Epsilon (regional)	Inventory	Total diversity of a region	All sampled species in many watersheds	

Adapted from Whittaker 1972, 1977.

Il concetto di beta-diversità

La variazione interna nella composizione della comunità, o tra siti, habitat, o in relazione ad un gradiente. La differenziazione nella composizione (o nella struttura, o in qualunque altro attributo della diversità) tra unità spaziali (temporali) diverse.



γ -diversity

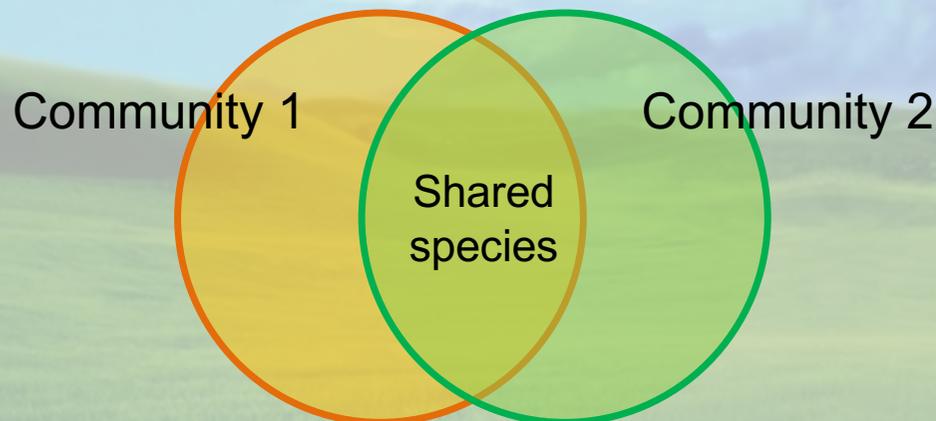
La diversità totale

α -diversity

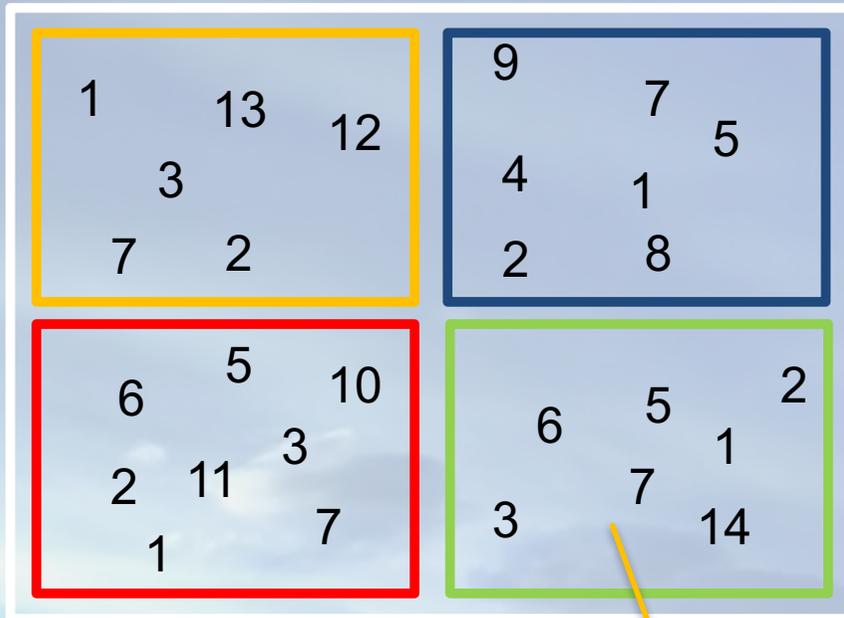
La diversità locale

β -diversity

La variazione in diversità tra le due comunità



Beta-diversità come relazione tra alfa e gamma-d



Area

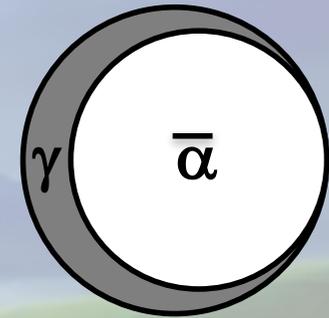
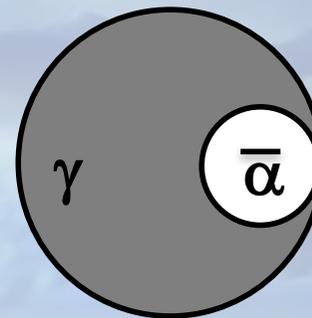
Sito

$$\bar{\alpha} = 7$$

$$\gamma = 14$$

$$\beta = \gamma / \bar{\alpha}$$

$$\beta = \gamma - \bar{\alpha}$$



La β -diversità, generalmente definita come la variazione nelle identità delle specie tra comunità, fornisce una relazione tra diversità locale e diversità regionale (Whittaker 1960, 1972). La relazione può essere espressa in termini moltiplicativi o additivi.

Una diversità di beta-diversità

Notation	Definition	Measurement unit [range]			
β_{Md}	true beta diversity = γ/α_d	CU [1 CU to N CU]	n.n.	average of all pairwise beta component values with compositional data taken from outside the sampling units of interest	as in the chosen beta component
β_{Mt}	regional-to-local diversity ratio = γ/α_t	sp_E/sp_E [1 to N]	$\Delta\gamma/\Delta x$	rate of gamma diversity accumulation with increasing (logarithm of the) number of sampling units	sp_E/SU or $sp_E/\log(SU)$
β_{At}	absolute effective species turnover = $\gamma - \alpha_t$	sp_E [0 to $(N-1)\alpha_t$]	$\Delta\alpha_t/\Delta x$	rate of alpha diversity accumulation when sampling unit size increases in multiples of (logarithm of the) original size	sp_E/SU or $sp_E/\log(SU)$
β_{Mt-1}	Whittaker's effective species turnover = $(\gamma - \alpha_t)/\alpha_t = \gamma/\alpha_t - 1$	sp_E/sp_E [0 to $N-1$]	$\Delta\log(\gamma)/\Delta x$	rate of gamma entropy accumulation with increasing logarithm of the number of sampling units	$\log(sp_E)/\log(SU)$
β_{Pt}	proportional effective species turnover = $(\gamma - \alpha_t)/\gamma = 1 - \alpha_t/\gamma$	sp_E/sp_E [0 to $1 - 1/N$]	$\Delta\log(\alpha_t)/\Delta x$	rate of alpha entropy accumulation when sampling unit size increases in multiples of the logarithm of original size	$\log(sp_E)/\log(SU)$
Δc	any of the effective species turnover measures, i.e. β_{At} , β_{Mt-1} or β_{Pt}	as in the chosen turnover			
β_{Mtot} or Δc_{tot}	a beta component quantified for the entire dataset	as in the chosen beta component	$\Delta\beta_M/\Delta x$ or $\Delta\Delta c/\Delta x$	rate of change in a beta component of diversity with increasing number of sampling units	(unit of the beta component)/SU
$\beta_{Mj,k}$ or $\Delta c_{j,k}$	a beta component quantified for a subset of the dataset that consists of the sampling units j and k	as in the chosen beta component	$\Delta\beta_M/\Delta x$ or $\Delta\Delta c/\Delta x$	decay rate of a beta component of diversity when sampling unit size increases in multiples of original size	(unit of the beta component)/SU
$\overline{\Delta c}_{j,k}$	average of all the species turnover values that can be calculated for different sampling unit pairs in the dataset (with $j \neq k$)	as in the chosen turnover	$\Delta\beta_{Pt}/\Delta x$	proportional effective species turnover accumulation rate when an increasing proportion of the available sampling units is taken into account	$(sp_E/sp_E)/SU$
$\overline{\Delta c}_{j,centr}$	average of all the species turnover values that can be calculated between a real sampling unit and a regional compositional centroid in the dataset	as in the chosen turnover	$\Delta\log(\beta_M)/\Delta x$	rate of change in beta entropy or regional entropy excess with increasing logarithm of the number of sampling units	(unit of entropy)/ $\log(SU)$, e.g. bits/ $\log(SU)$
$\Delta c_{j,kmax}$ or $\Delta c'_{kmax}$	compositional gradient length in the dataset along the compositional dimension with most turnover	as in the chosen turnover	n.n.	species diversity or entropy accumulation rate with alpha and gamma diversities based on different data	as in the chosen accumulation rate
$\Delta c_{(\Delta g)}$	compositional gradient length along a specified section of an external gradient g	as in the chosen turnover	$\Delta c_{(\Delta g)}/\Delta g$	compositional turnover rate along a specified section of an external gradient g	(unit of chosen turnover)/(unit of external gradient)
$\Delta\Delta g_{(\Delta\log(1-\Delta c))}$	number of half-change units, i.e. observed amount of change in differences in explanatory gradient g expressed in terms of decrease in compositional similarity	(unit of g)/(unit of g)	$\Delta\Delta c_{(\Delta\Delta g)}/\Delta\Delta g$ or $\Delta\log(1 - \Delta c_{(\Delta\Delta g)}/\Delta\Delta g)$	rate of change in (the logarithm of the one-complement of) pairwise effective species turnover with increasing distance along an explanatory gradient g (slope of a distance decay regression)	(unit of chosen turnover)/(unit of external gradient) or $\log(\text{unit of turnover})/(\text{unit of external gradient})$
$\overline{\Delta c}_{j,F}$	compositional distinctness of the focal sampling unit F	as in the chosen turnover			
n.n.	compositional nestedness of a species-poor sampling unit in a more species-rich one	sp/sp			
n.n.	logically inconsistent beta components in which α and γ are based on different datasets	as in the chosen beta component			

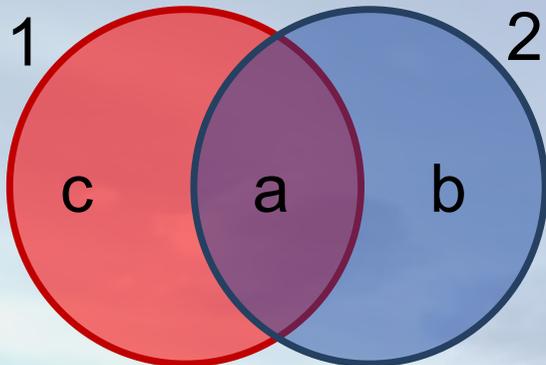
Tuomisto, 2010

Essa dà la dimensione dell'eterogeneità nella distribuzione delle specie nello spazio (o nel tempo). Questo ha generato un insieme di formule per quantificare questa variazione.

Alcune formulazioni da indici di dissimilarità

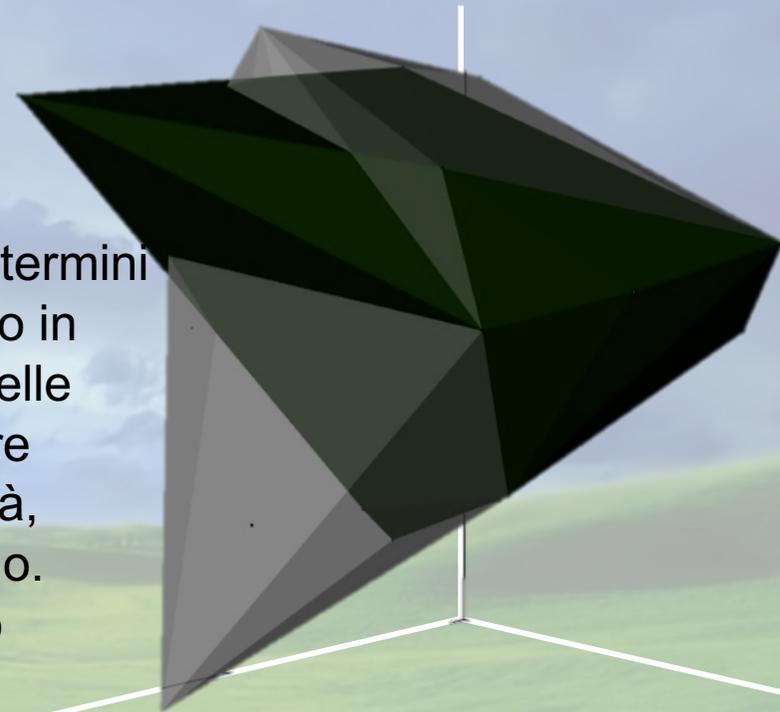
$$\beta = \frac{b+c}{a+b+c}$$

Dissimilarità di Jaccard



$$\beta = \frac{b+c}{2a+b+c}$$

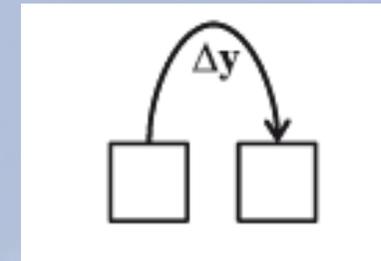
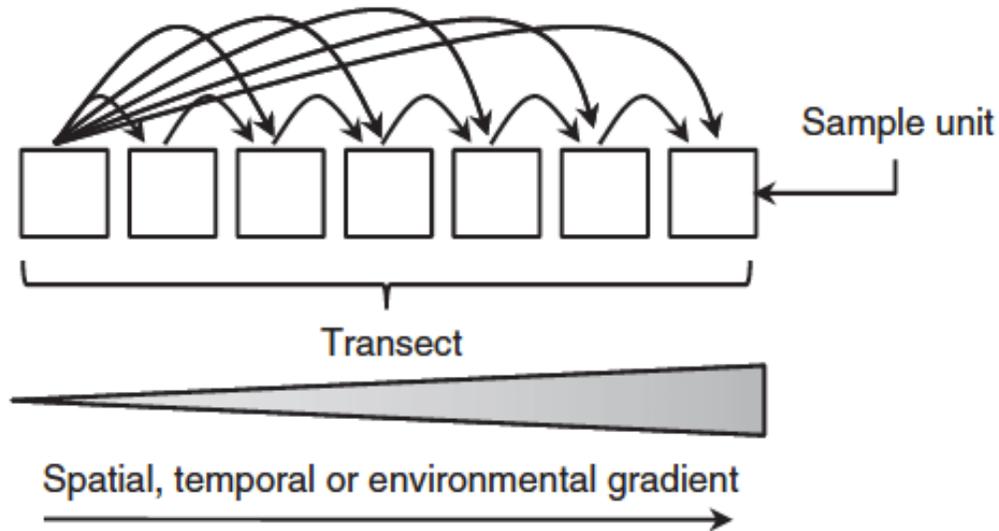
Dissimilarità di Sørensen



Entrambe gli indici esprimono la variazione in termini esclusivamente composizionali. Cioè prendono in considerazione il dato di presenza/ assenza delle specie. Sono correlate. Jaccard pone maggiore enfasi sulle specie che *distinguono* le comunità, mentre Sørensen su quelle che le accomunano. Esistono numerose altri indici di dissimilarità o similarità, che tengono conto anche delle abbondanze relative, o ad esempio della differenze in termini tassonomici o anche funzionali.

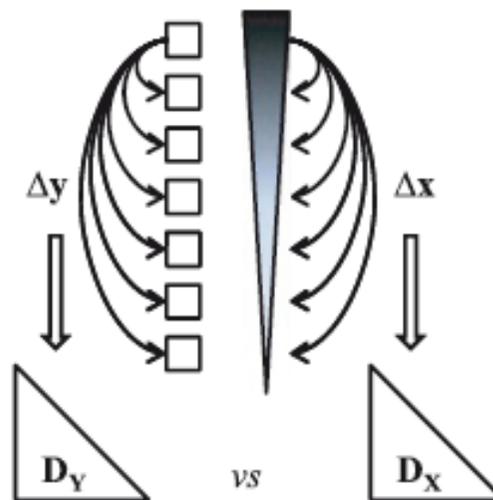
Cambiamenti direzionali

(a) Directional turnover in community structure



Misura di variazione tra comunità (o nella stessa comunità) lungo un gradiente di variazione ambientale

T3. Model pair-wise dissimilarities in communities as a function of pair-wise spatial, temporal or environmental distances.



Correlare la variazione nella composizione alla variazione nei parametri ambientali, o fattori geografici, o nel tempo

Distance-decay

Bassa β -diversità

Bassa correlazione con la distanza

Similarità



Alta β -diversità

Distanza (km)

A

Omogeneità sia a scala locale che a grande scala.

B

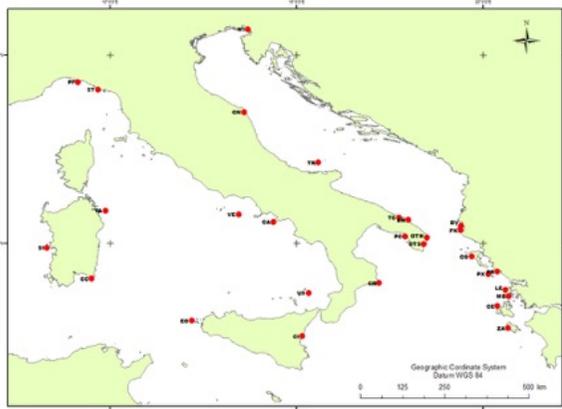
Similarità diminuisce con l'aumentare della distanza

C

Alta dissimilarità sia a scala locale che a grande scala

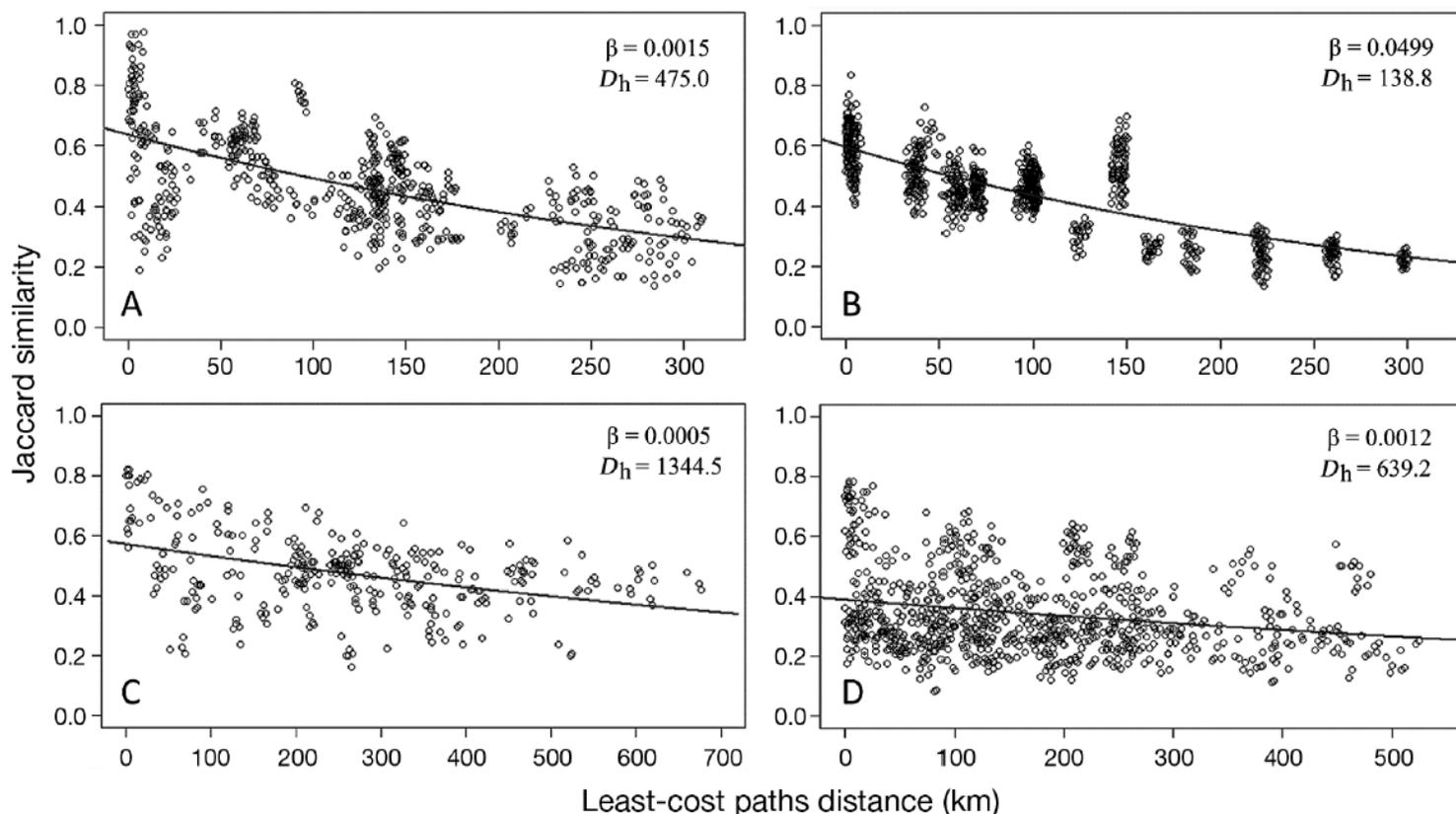
Modificato da Soinen et al, 2007

Esempi



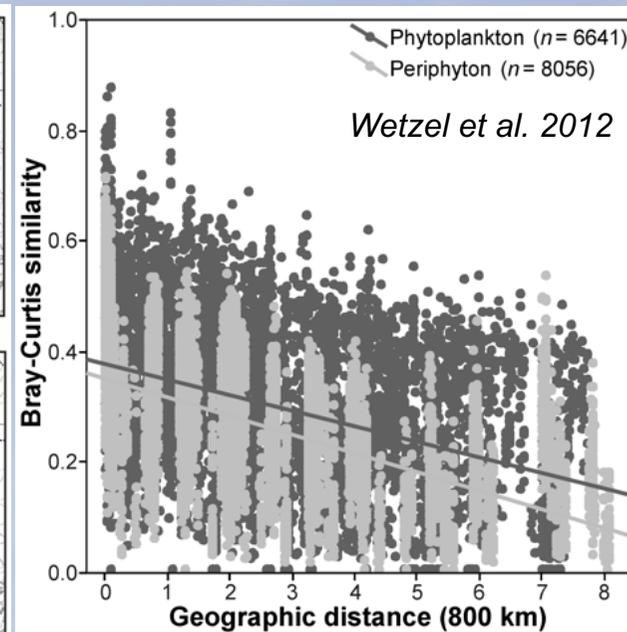
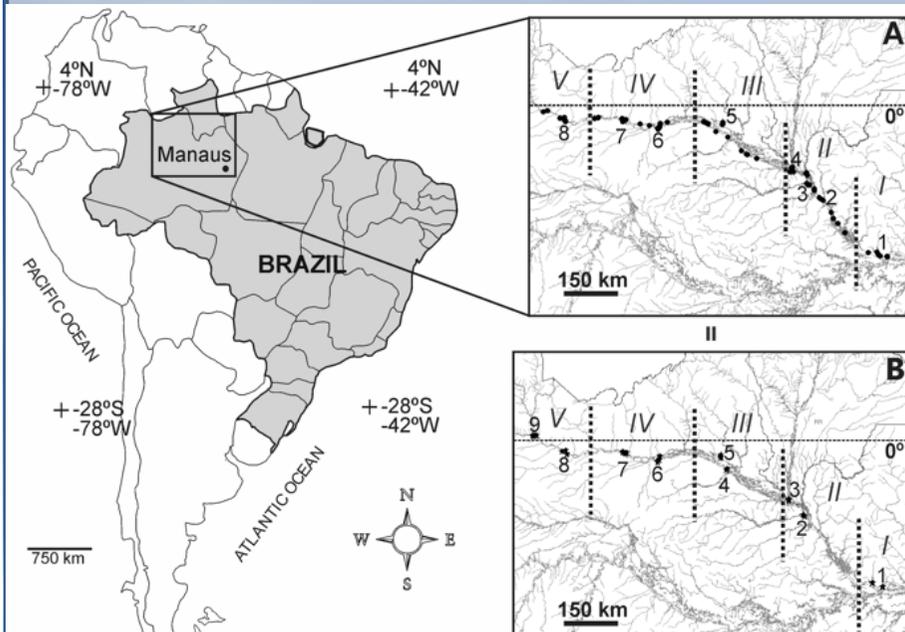
I pattern di decadimento nella similarità tra comunità possono variare al variare dell'area geografica. Questo perché i processi che agiscono in aree diverse possono essere differenti, o avere differente importanza. Anche l'eterogeneità ambientale può variare (determinata da fattori naturali o antropici). Queste differenze possono risolversi in un diverso potenziale di connessione.

Ratray et al. 2016



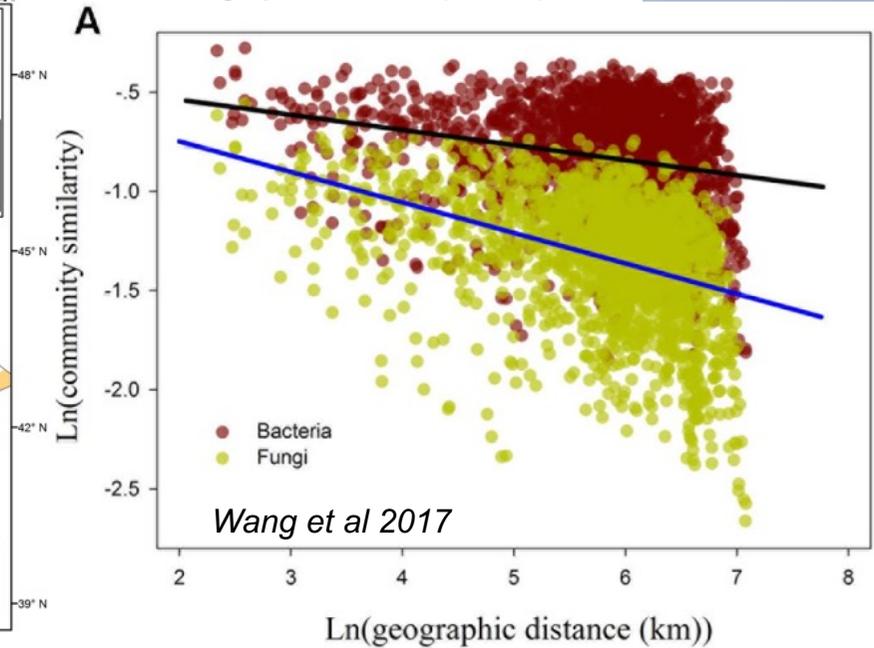
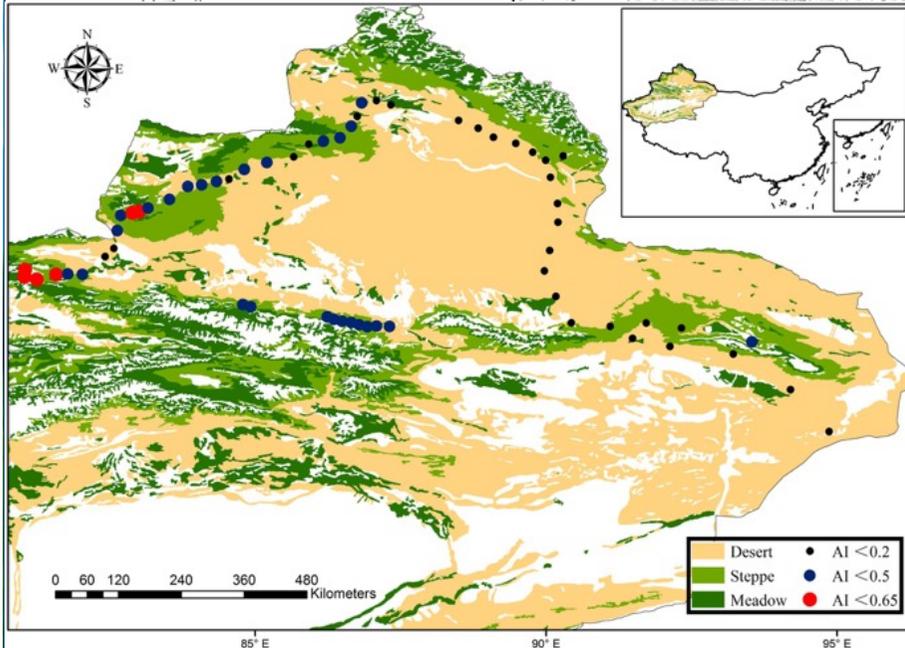
Habitat diversi possono mostrare andamenti diversi. Ad esempio, habitat soggetti a una variabilità maggiore possono mostrare minore coesione spaziale rispetto ad habitat con condizioni più stabili.

Esempi



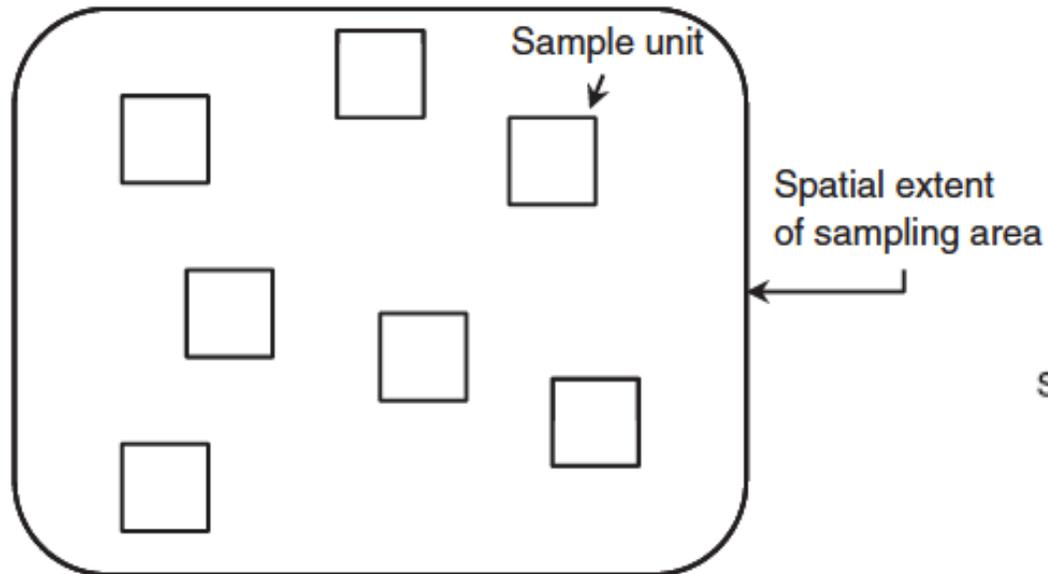
Diatomee e fitoplancton in sistemi fluviali

Funghi e batteri del suolo in ambienti aridi

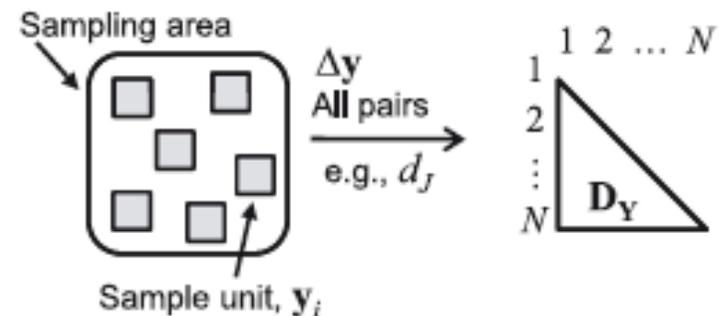


Beta-diversità non direzionale

(b) Variation in community structure (non-directional)

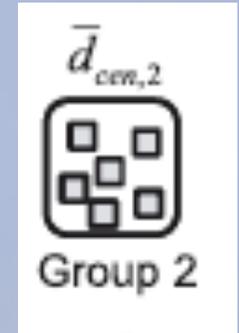
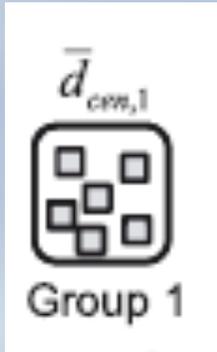


V1. Measure variation among communities from a set of samples.



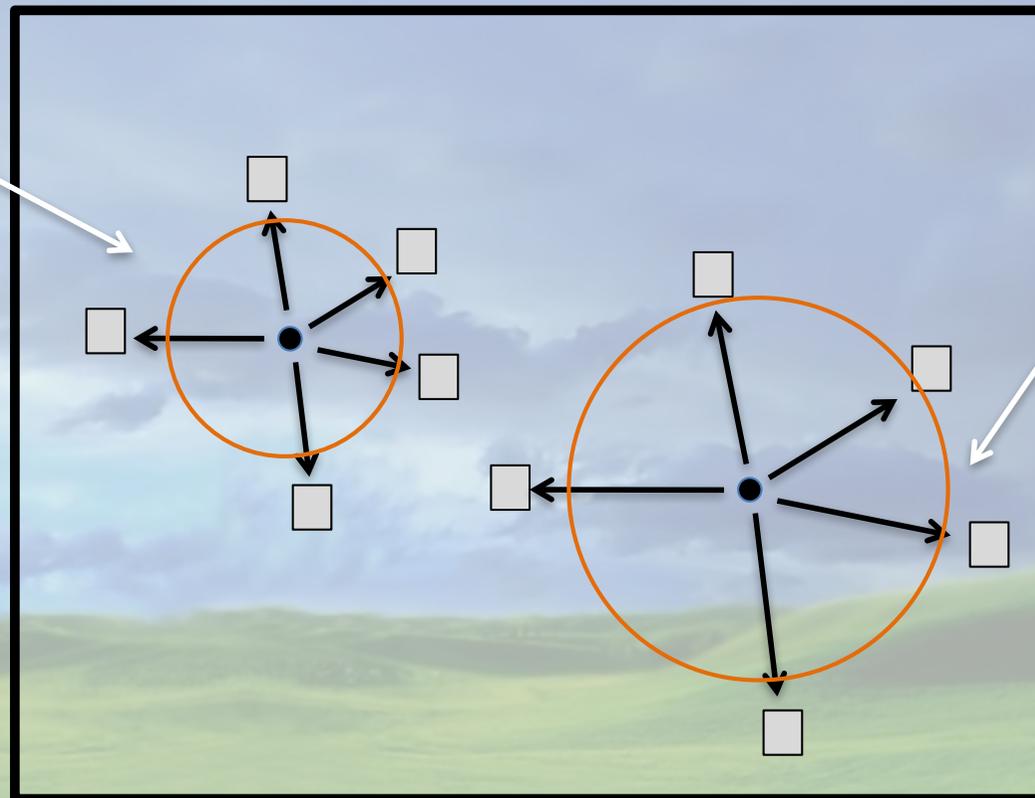
Variazioni nella composizione tra campioni all'interno di una data unità spaziale o temporale.

Dispersione multivariata come misura di β -diversità



Spazio multivariato

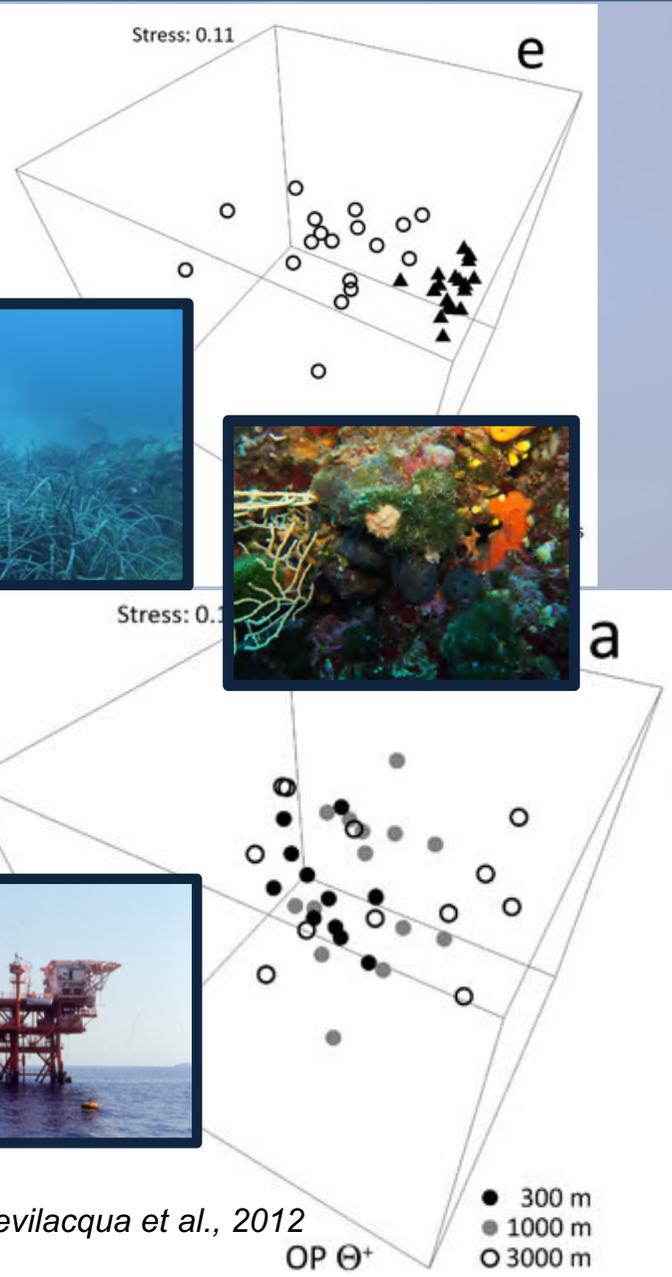
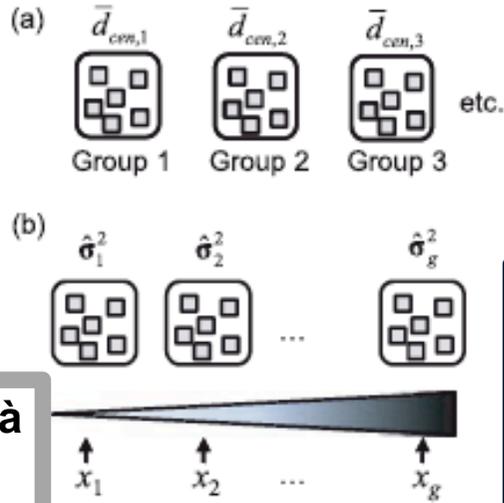
**Differenti metriche =
differente significato
ecologico**



Distanza media dal centroide

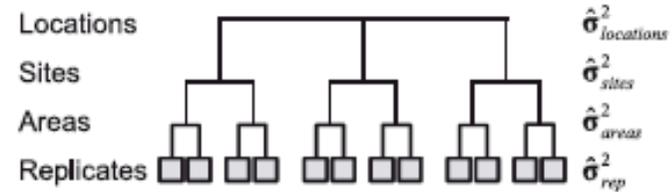
Confronti di β -diversità

V4. Compare variation either
(a) among *a priori* groups or
(b) along a continuous gradient.

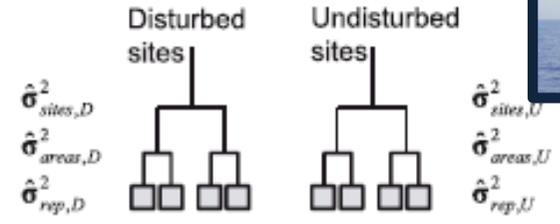


Confrontare la beta-diversità tra sistemi o in relazione ad altre variazioni (es. disturbo antropico)

V5. Partition variation according to a series of hierarchical spatial (or temporal) scales.



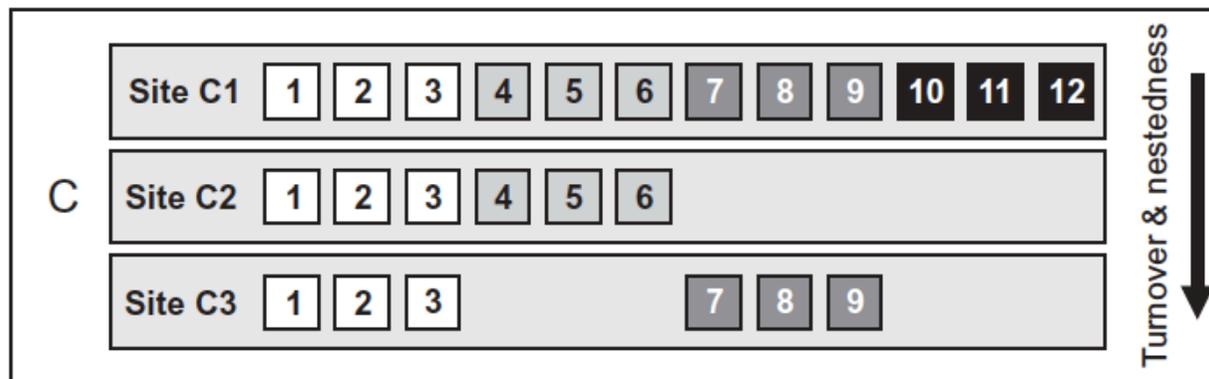
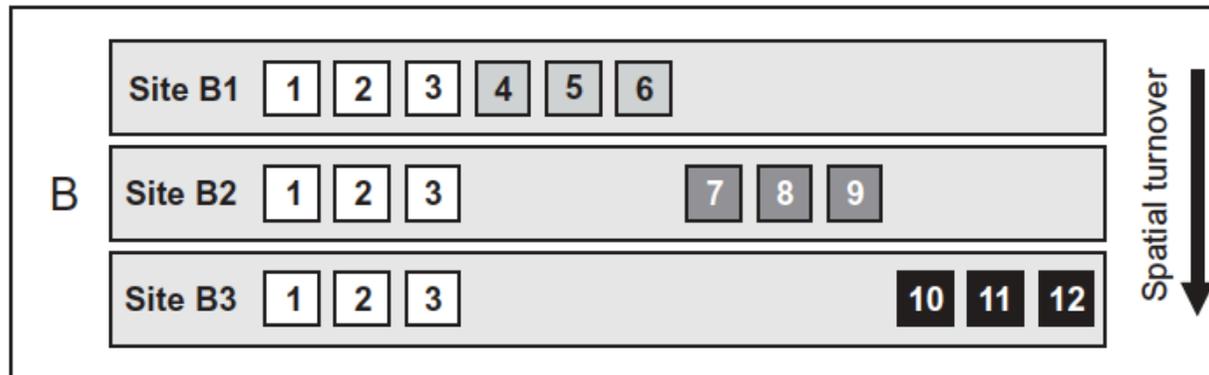
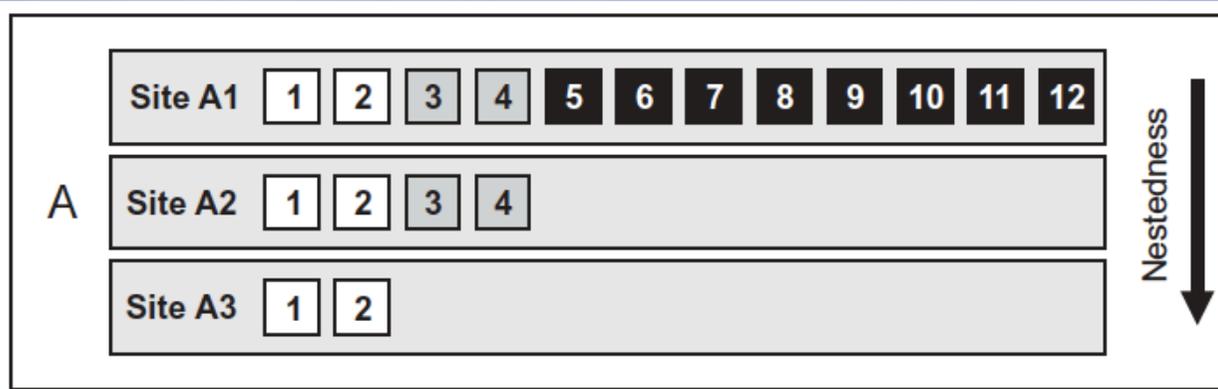
V6. Compare components of variation or effect sizes across levels of another factor or for different groups of taxa (V7).



Anderson et al., 2011

Bevilacqua et al., 2012

β -diversità: turnover e nestedness



La β -diversità può riflettere due differenti fenomeni: nestedness e turnover.

Nestedness si ha quando la comunità con meno specie è un sottoinsieme di quella con maggior numero di specie. Qui la beta-diversità è dovuta ad una riduzione di specie (esprime processi di strutturazione non-randomici, es. glaciazioni).

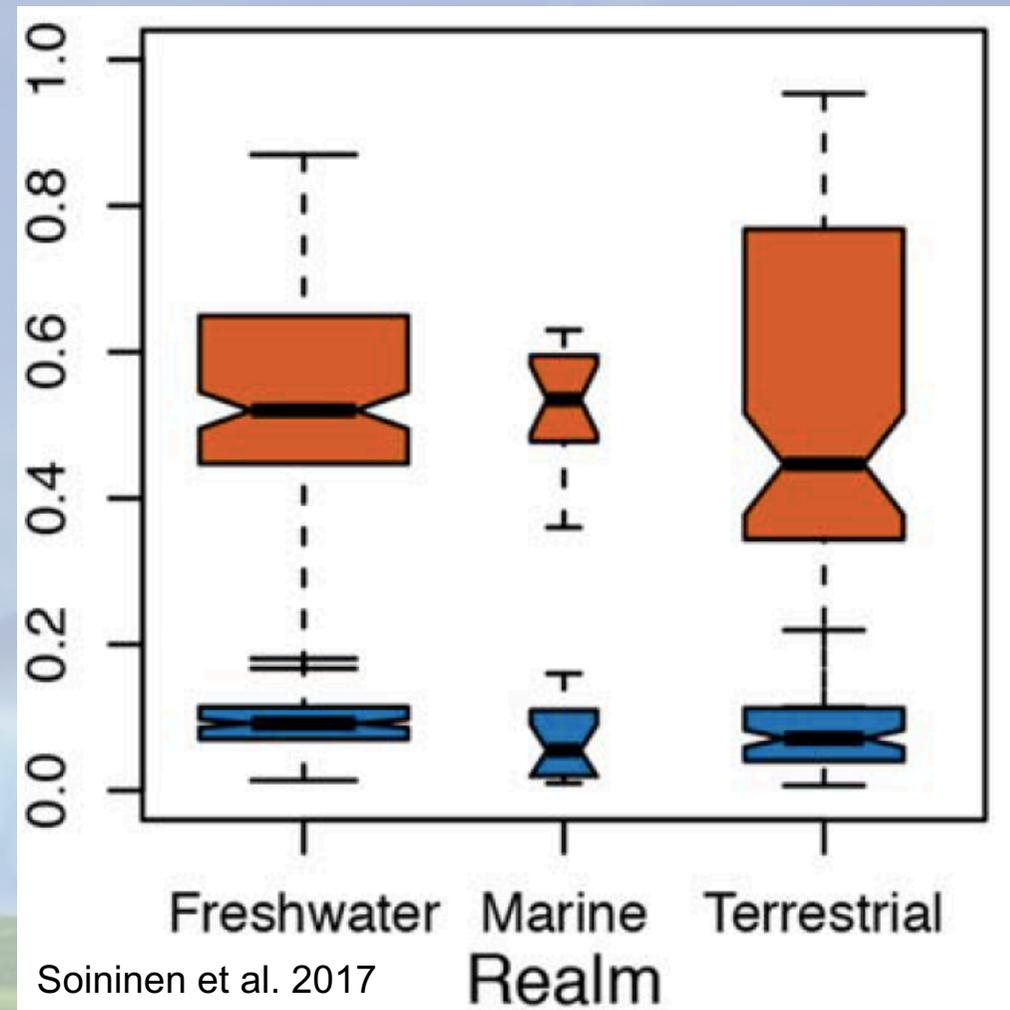
Il turnover invece implica un rimpiazzo di specie tra le due comunità, e spesso esprime le conseguenze del filtro ambientale o fattori geografici.

(Baselga, 2010)

β -diversità in differenti ambienti

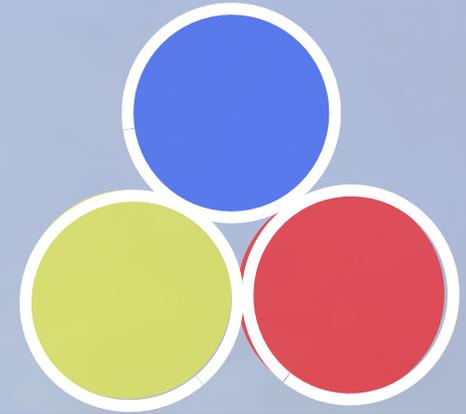
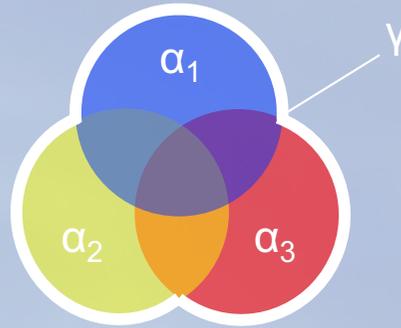
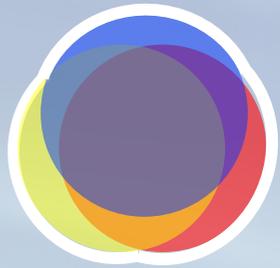
In generale, la β -diversità sembra essere minore negli ambienti marini rispetto ad altri ambienti. Questo perché i primi sono caratterizzati da minore variabilità ambientale e con maggiore potenziale di connessione tra comunità.

Tuttavia, nonostante le evidenze a supporto di questo pattern generale, vi sono dati che contraddicono queste attese.



Nestedness (blu) e turnover (arancio) nei sistemi marini, d'acqua dolce e terrestri.

β -diversità e connettività



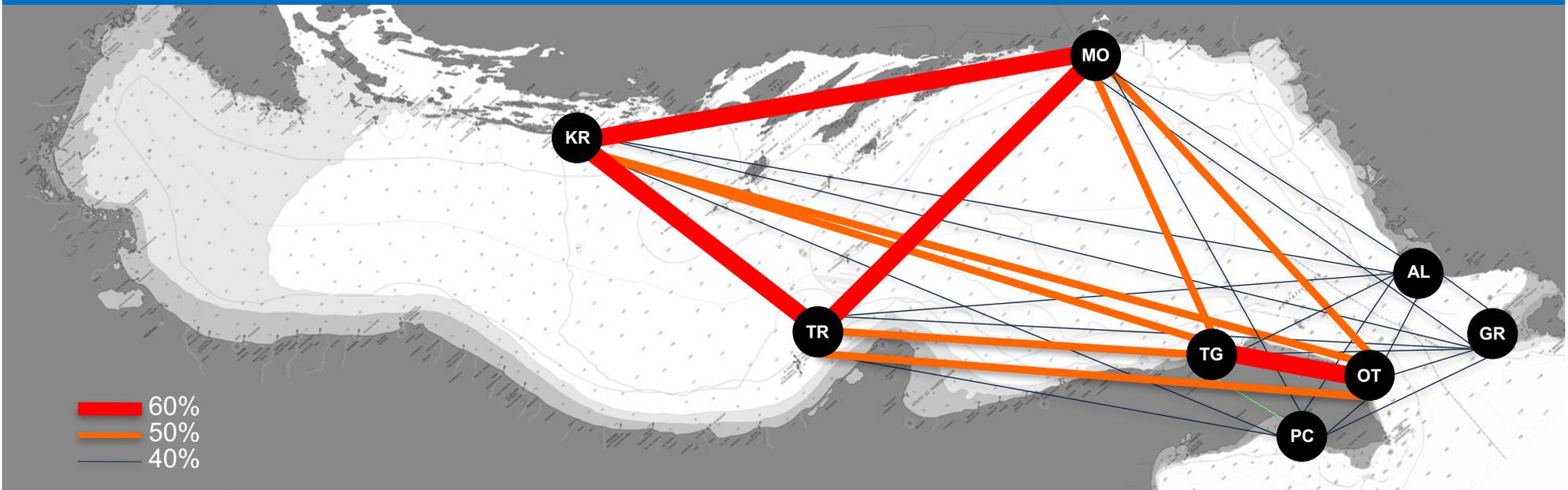
β -diversity

Ecological connectivity

Processi locali sono simili e/o di minore importanza nel determinare le distinzioni nelle comunità. I processi a larga scala sono di maggiore importanza per rendere simili le comunità

I processi locali sono diversi e/o di maggiore rilevanza. I processi a larga scala agiscono in modo inconsistente o sono di minore importanza nel determinare la struttura e composizione delle comunità

Similarità nella composizione in Adriatico



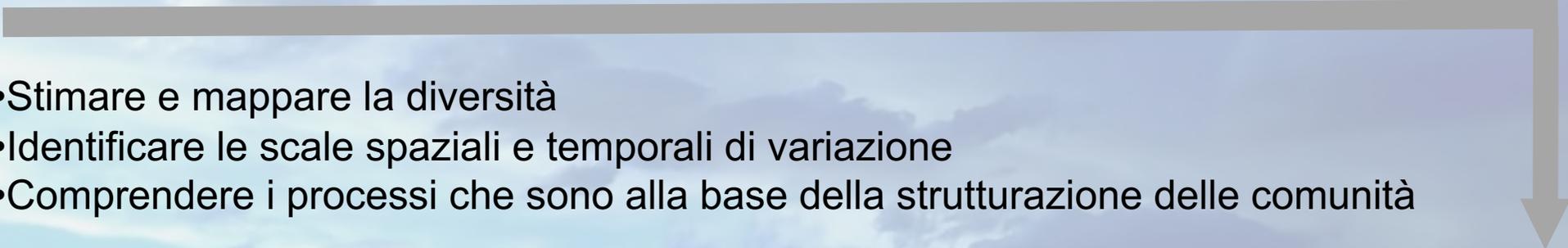
La beta-diversità è anche vista come una misura della connettività ecologica tra comunità. Se le comunità sono simili nella composizione in specie, allora possono essere viste come unità fortemente connesse tra loro da un punto di vista ecologico, perché avranno funzioni simili, e scambio di organismi tra loro (quindi anche di materia ed energia), e saranno soggette a processi simili o condivisi che ne determinano la struttura.



L'importanza della β -diversità

La β -diversità è influenzata da fattori estrinseci, come i cambiamenti ambientali e biogeografici, e da fattori intrinseci, come i tratti ecologici delle specie (potenziale di dispersione, livello trofico, caratteristiche strutturali e funzionali, cicli vitali, ecc.).

Ha un ruolo centrale nelle relazioni tra diversità locale e regionale, nell'esplorare le variazioni nella struttura delle comunità in relazione alle variazioni geografiche e dell'ambiente.

- 
- Stimare e mappare la diversità
 - Identificare le scale spaziali e temporali di variazione
 - Comprendere i processi che sono alla base della strutturazione delle comunità
 - Numero, spazatura e posizionamento delle riserve
 - Quantificare le modalità di omogeneizzazione delle comunità collegate agli impatti antropici
 - Ottimizzare le strategie di conservazione tenendo conto delle variazioni nei diversi aspetti della biodiversità