

*Conservazione della Natura
Prof. G. F. Russo
Università di Napoli "Parthenope"*

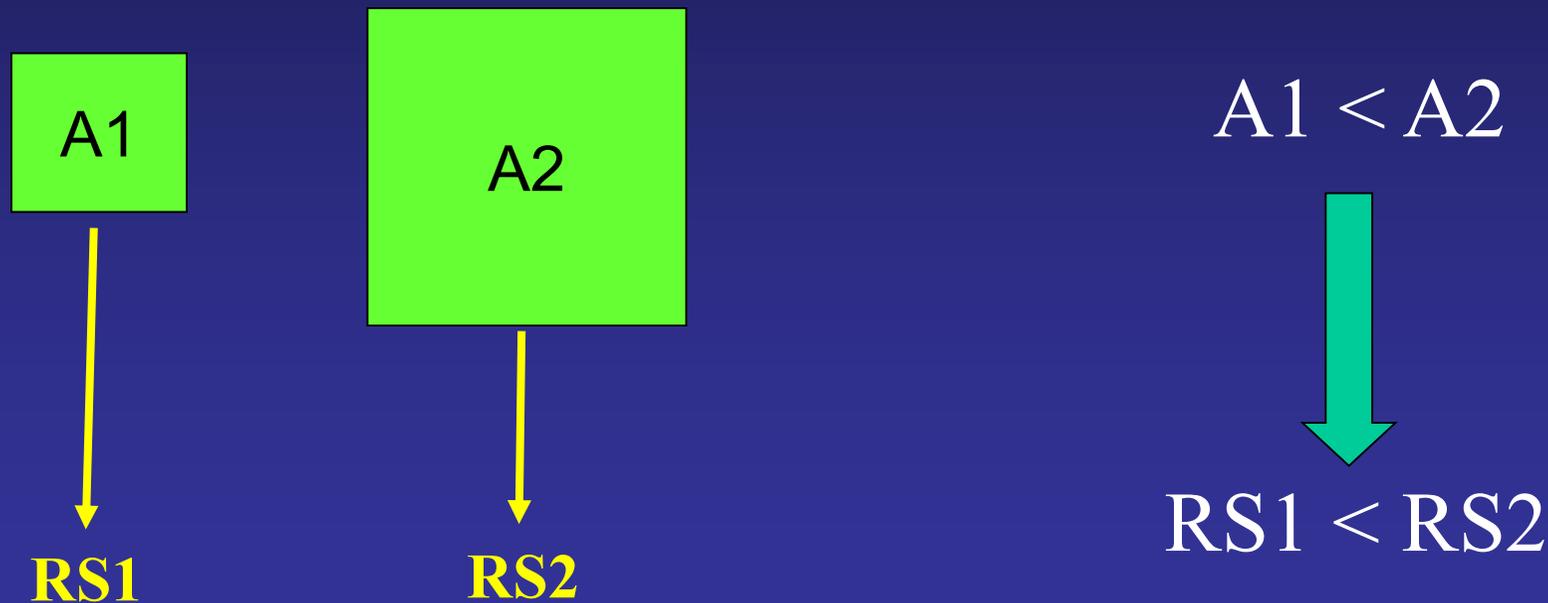
ECO-BIOGEOGRAFIA



1. RELAZIONE AREA-SPECIE

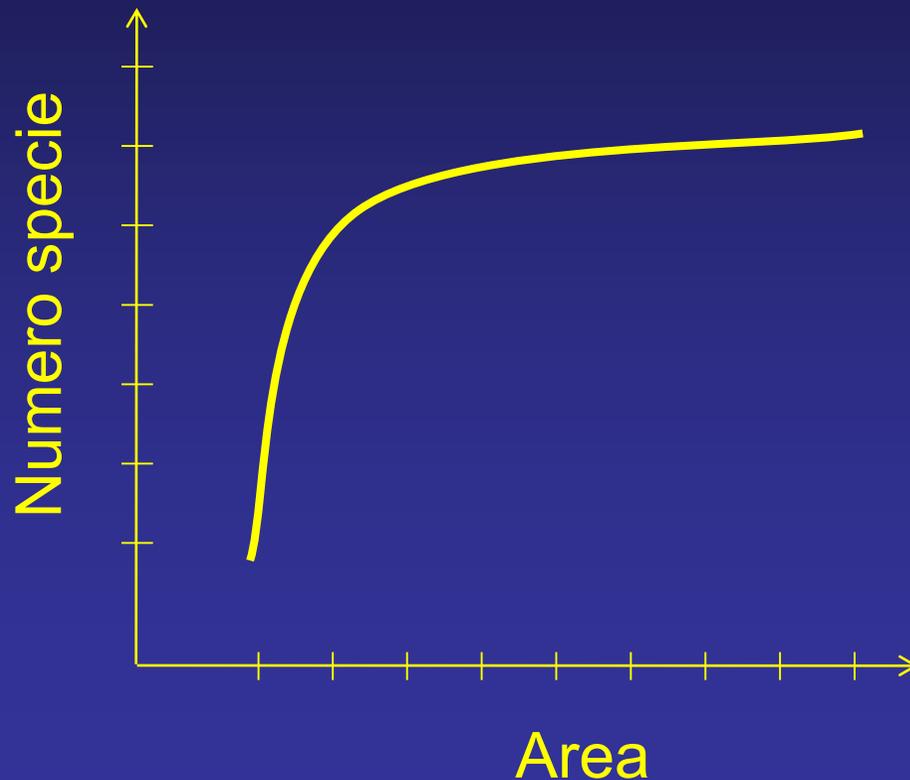
La relazione tra il *numero di specie* presenti e la *dimensione dell'area* che le ospita è sempre stato argomento di interesse per gli ecologi ed i biologi, fin dalla metà del 1800.

Per anni, la relazione tra specie ed area è stata considerata “una delle poche *leggi genuine* dell'ecologia” (Jaccard).



Da dati empirici (scuola fitosociologica di Uppsala) si è visto che, disponendo su un grafico il numero delle nuove specie censite rispetto all'area risultante dalla somma di un **numero crescente di campioni**, presi in zone adiacenti, si ottiene una curva cumulativa (SAC, *Species Accumulation Curve*), la cui pendenza è elevata all'inizio ma poi gradualmente si appiattisce.

SAC



La relazione *Specie-Area per campione* (SAR, *Species-Area Relationship*) viene esplicitata dalla “formula di Arrhenius” o “legge di potenza”:

$$RS = c A^z$$

RS = numero di specie

A = area considerata

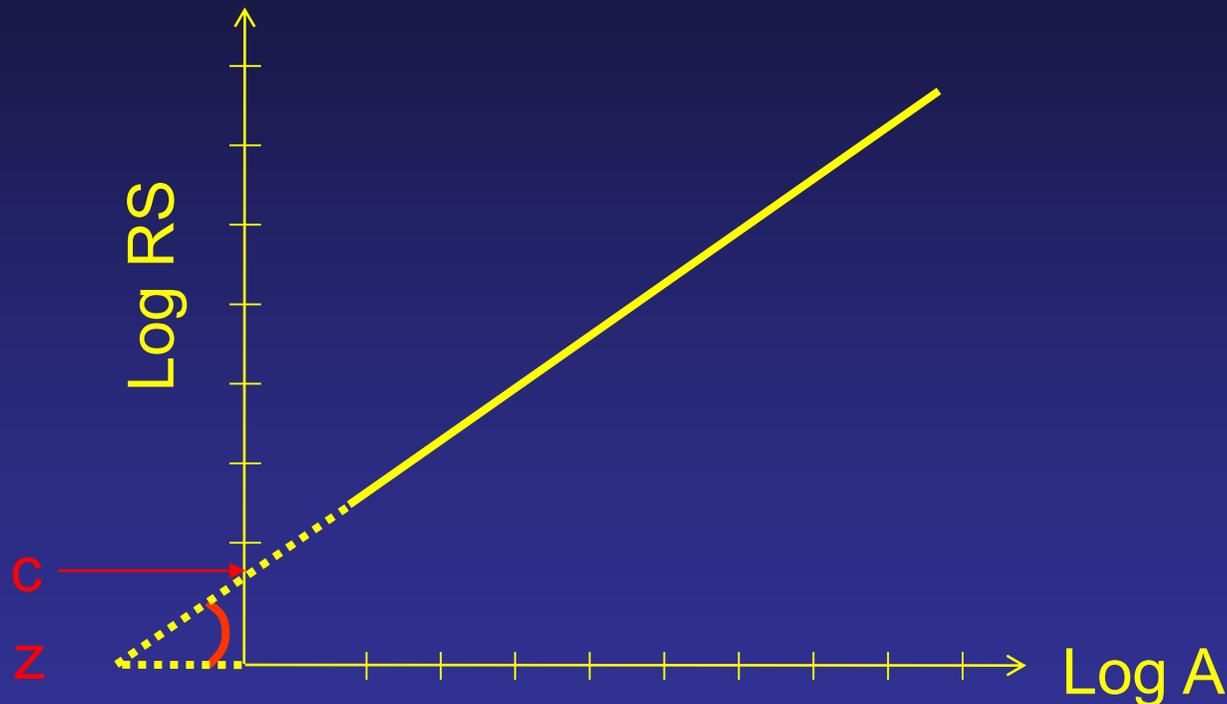
c = **prima costante**, dipende dal tipo di taxocene considerato e dai rapporti tra le densità delle popolazioni delle specie presenti nell'area considerata (in sostanza, dipende dal modello di distribuzione rango-abbondanza degli individui tra le specie)

z = **seconda costante**, dipende dalle “caratteristiche” dell'area (varia tra un'isola ed il continente adiacente e tra isola ed isola) in maniera indipendente dalla densità delle specie.

Può essere comodo trasformare tutto con il logaritmo:

$$\log RS = \log c + z \log A$$

SAR



Con una trasformazione logaritmica si ottiene una retta, la cui pendenza è data da z (tipo di area) e l'intercetta da c (tipo di taxocene).

Il numero di specie di un'area quindi aumenta in relazione alla z^{esima} potenza della superficie, con z (pendenza) che varia solitamente tra **0,12 - 0,17** (su di un *continente*) e **0,27 - 0,35** (su di un' *isola*).

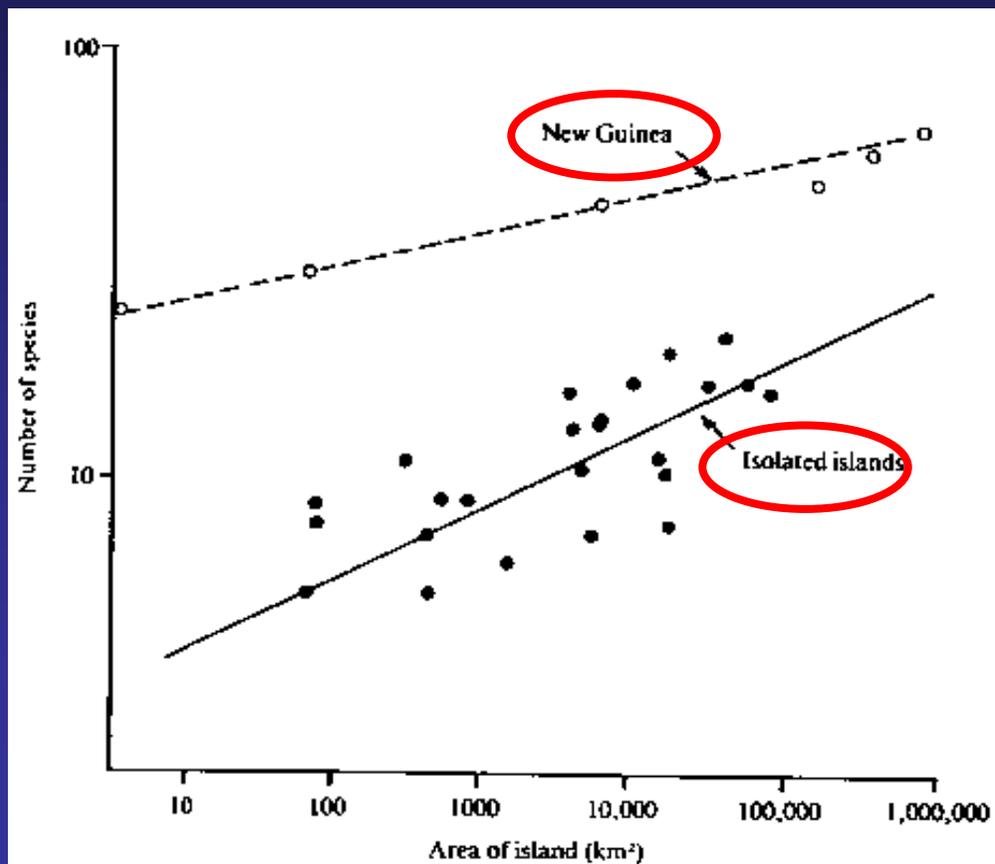
Questo perché le isole, soprattutto se molto piccole, hanno un numero di specie inferiore rispetto ai continenti (o rispetto alle isole di maggiori dimensioni).

Inoltre, il numero di specie per unità di superficie cresce più lentamente sulle isole rispetto ad un continente.

Il **“campione”** raccolto su un continente ha più specie, rispetto ad un'area di uguale dimensione su un'isola perché:

1 - le isole sono meno soggette ad «immigrazioni laterali» di specie rispetto ai continenti;

2 – i continenti, inoltre, hanno specie con popolazioni meno numerose e sostenute dalle «immigrazioni laterali».



La curva area-specie è stata utilizzata per vari fini, tra i quali:

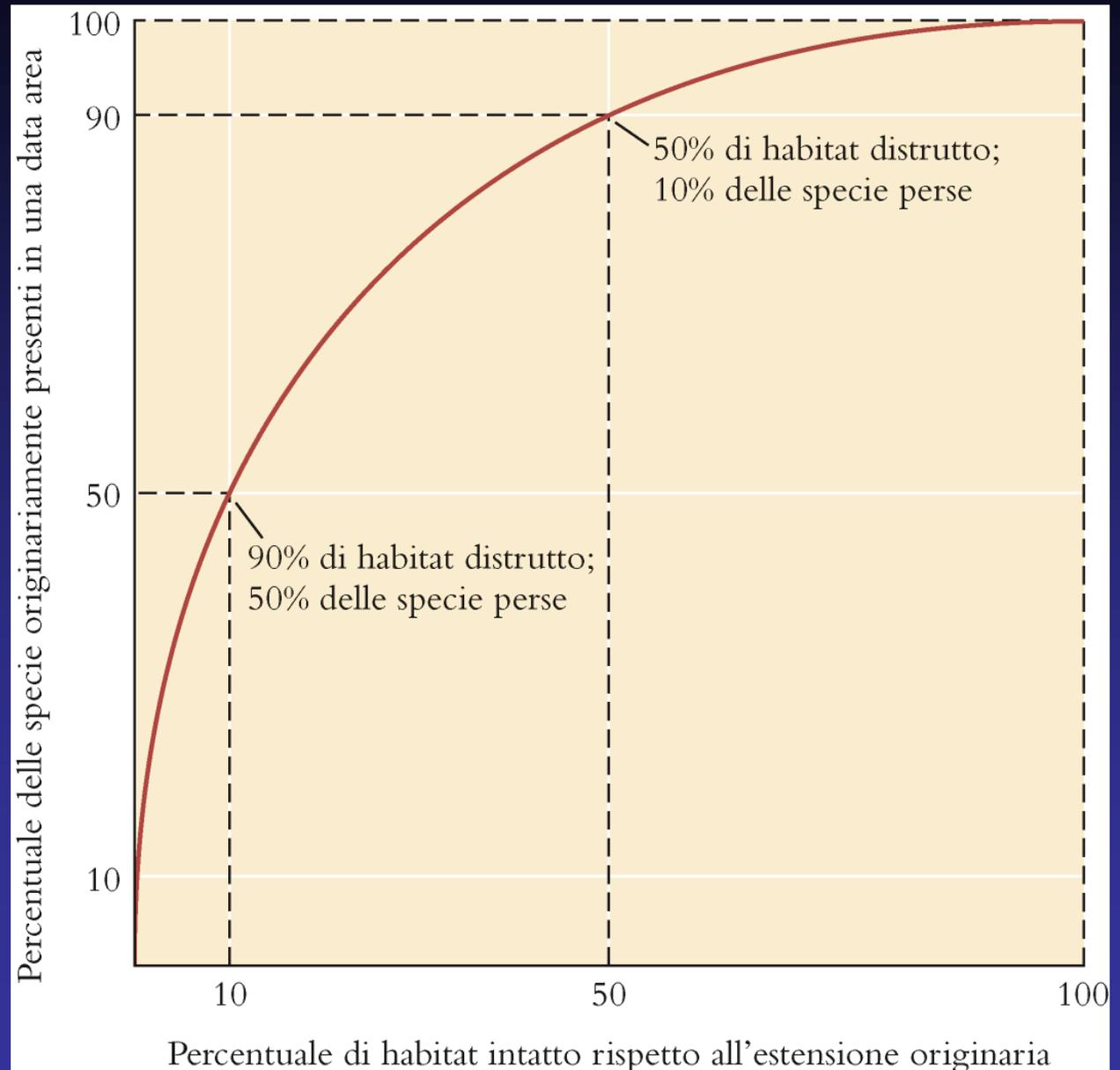
1. determinare *l'area minima* di campionamento,
2. stimare la *ricchezza specifica* di una comunità,
3. caratterizzare la *struttura* della comunità,
4. misurare gli effetti delle *perturbazioni* sulle comunità,
5. definire la dimensione appropriata di una riserva naturale,
6. prevedere i tassi di estinzione di specie per perdita di area.

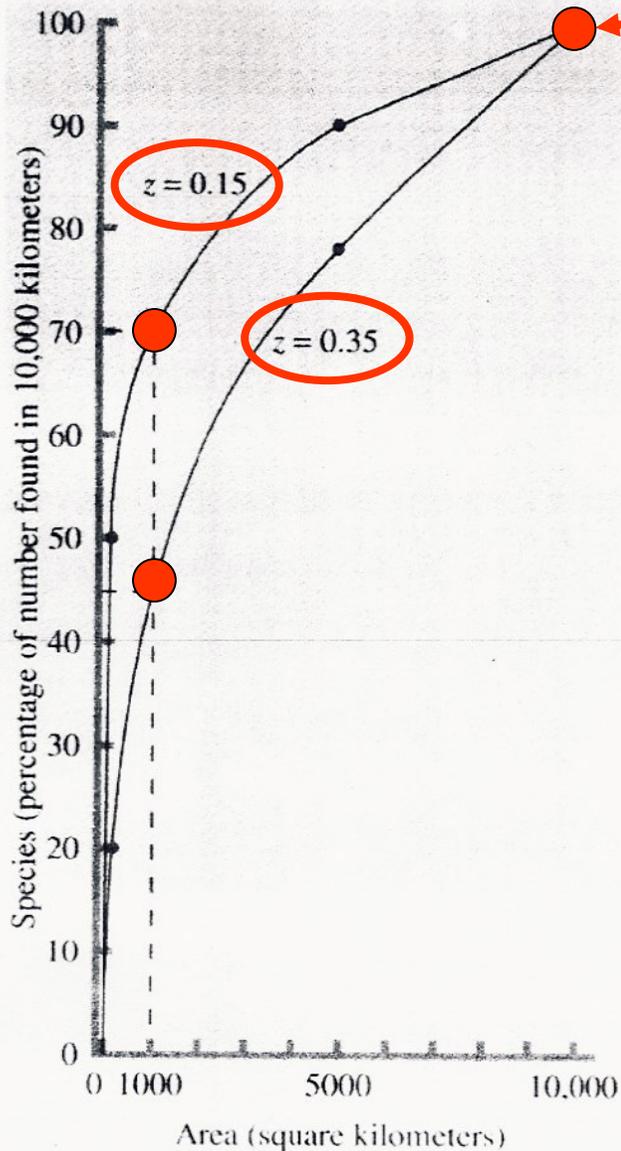
2. TASSI DI ESTINZIONE DI SPECIE PER PERDITA DI AREA

Pressione (estrinseca):
Perdita di habitat

Impatto (intrinseco):
Perdita di specie

La «pressione» di perdita di *habitat* provoca l'«impatto» di perdita di *biodiversità*





Il 100% delle specie si trova, in entrambe i casi (isola e continente), in un'area di 10.000 kmq.

Cosa avverrebbe se l'area si riducesse del 90% ?

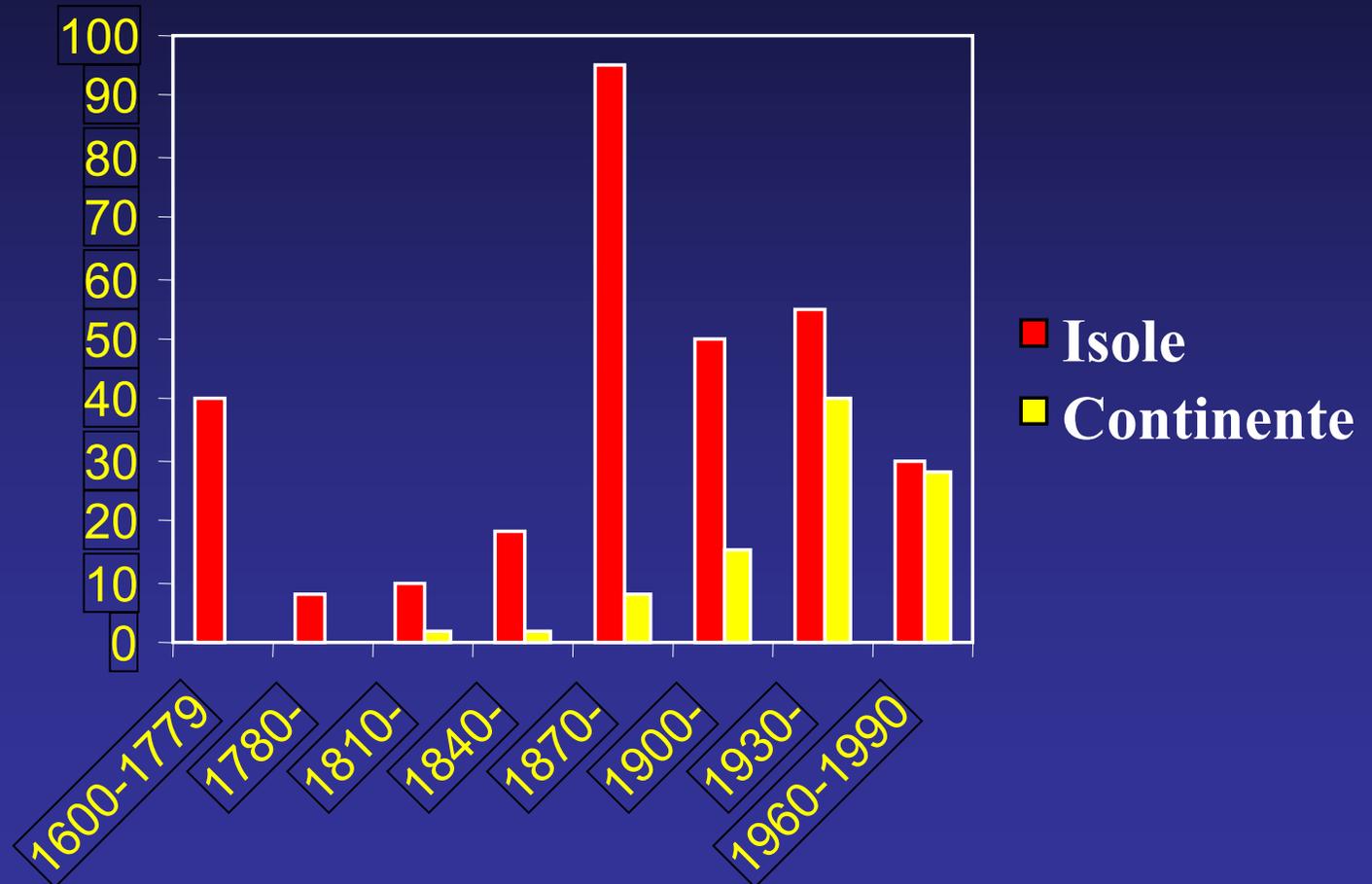
Continente ($z=0,15$): $100\% - 70\% = 30\%$

Isola ($z= 0,35$): $100\% - 45\% = 55\%$

Ovvero: perdendo il 90% del territorio in un'isola si perde il 55% delle specie, viceversa sul continente si perde solo il 30% delle specie.

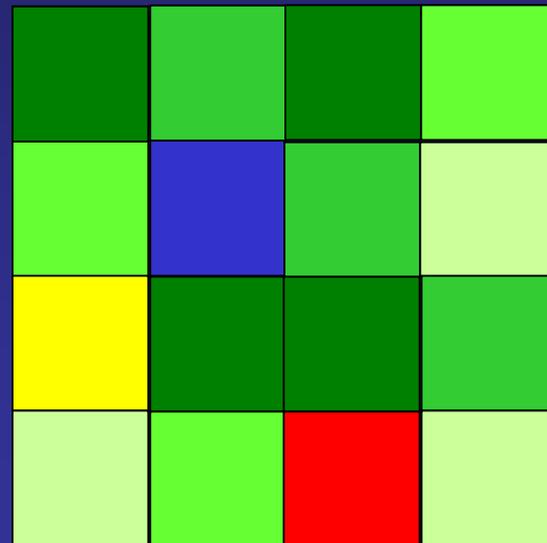
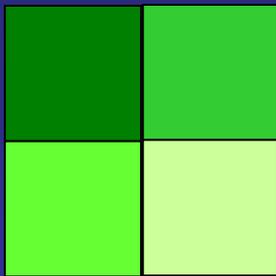
Esiste una differenza anche tra le estinzioni documentate di specie sulle *isole* e sui *continenti*.

N° specie

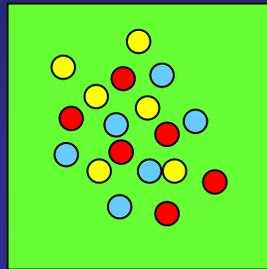


Le ipotesi che portano a considerare *generalmente* valida la relazione specie-area sono varie, ad esempio:

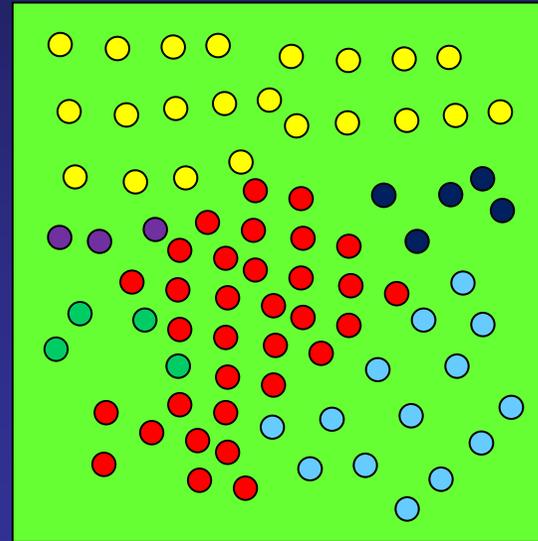
1. Ipotesi della relazione “area-habitat”: il numero delle specie aumenta con l’augmentare della superficie perché in aree più grandi è molto probabile siano presenti un maggior numero di habitat diversi.



2. Ipotesi dell'area “di per se”: il numero delle specie aumenta con la dimensione dell'area perché, aumentando la dimensione delle singole popolazioni, aumentano altresì le *interazioni intra-specifiche* e, di contro, diminuiscono le *interazioni inter-specifiche*, con la conseguente diminuzione del rischio di estinzione di popolazioni “individuali”.



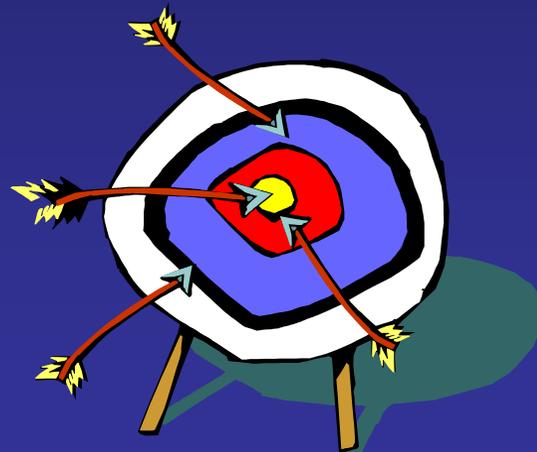
$S = 3$



$S = 6$

3. Ipotesi del “bersaglio”: ogni comunità di un tratto continentale o insulare può agire come “bersaglio” per individui di una comunità più ampia, e ciò in proporzione alla taglia del territorio.

È il concetto dell’ “intercettatore di dispersori” (*disperser intercept*): la probabilità che un individuo di una specie possa colonizzare un sito continentale o un’isola è proporzionale all’area del sito o dell’isola, ipotizzando che ogni individuo possa muoversi in maniera indipendente.



Le critiche

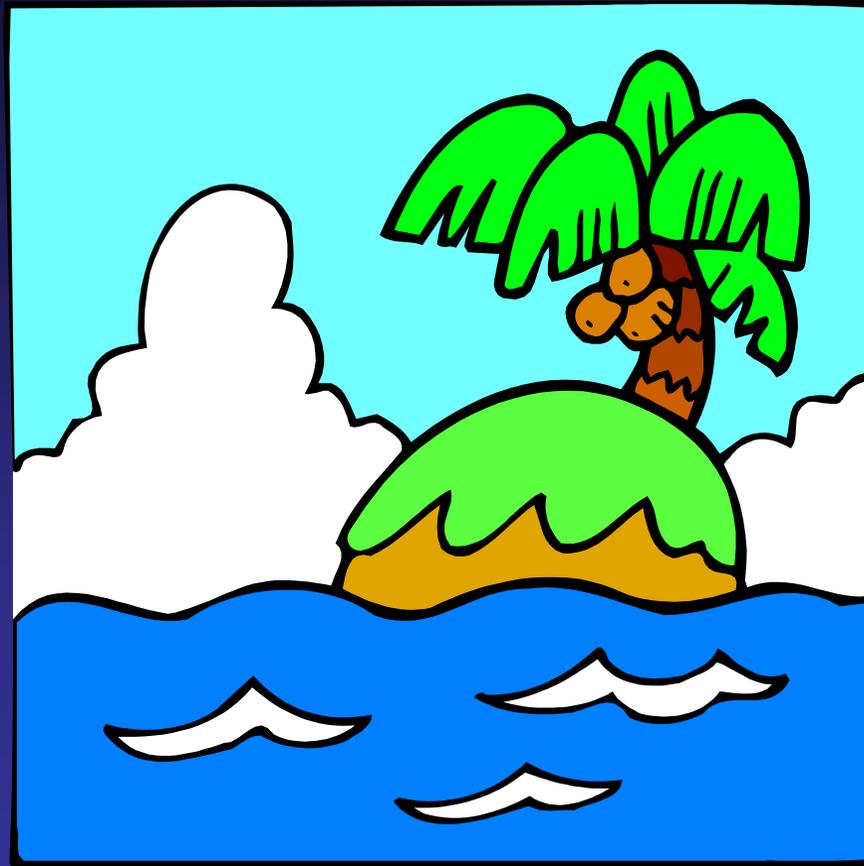
Considerando solamente la relazione area-specie, l'area di una riserva naturale rischia di essere *sovrastimata* perché:

1- i coefficienti \underline{c} e \underline{z} possono essere falsati da differenze nei metodi di campionamento;

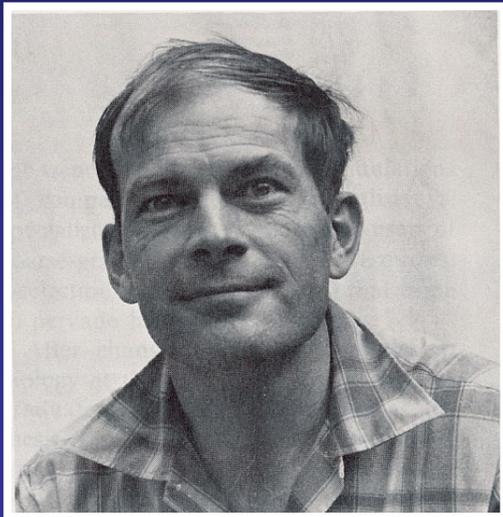
2 - \underline{c} e \underline{z} variano per *taxoceni* diversi. Quindi, non si deve generalizzare con “descrittori” qualsiasi ma si deve cercare il “descrittore” migliore.

3 - Non è possibile comparare i valori sperimentali con quelli teorici se i dati non sono conformi al modello log-normale (di Preston) della distribuzione specie-abbondanza.

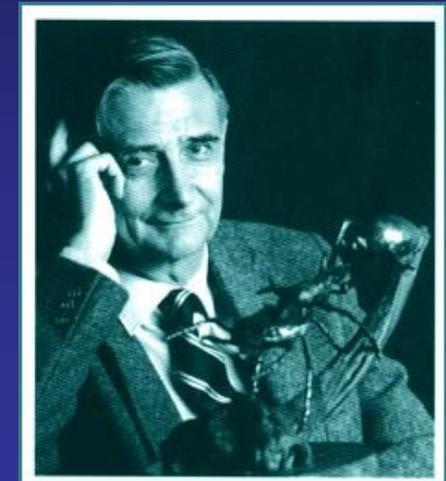
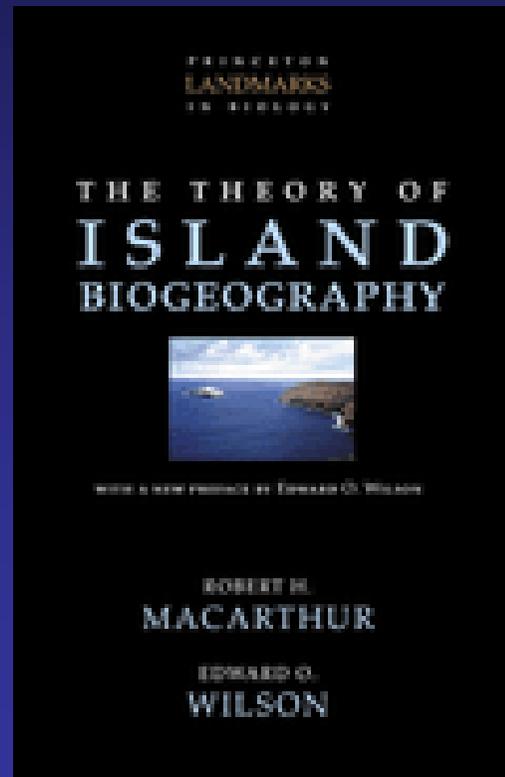
3. LA TEORIA DELLA BIOGEOGRAFIA INSULARE



Nel 1967 Robert H. MacArthur (un ecologo matematico) e Edward O. Wilson (un entomologo mirmecologo) pubblicano, per i tipi della Cambridge University Press, un leggero libretto dal titolo: “*The Theory of Island Biogeography*”.



Robert H. MacArthur



Edward O. Wilson

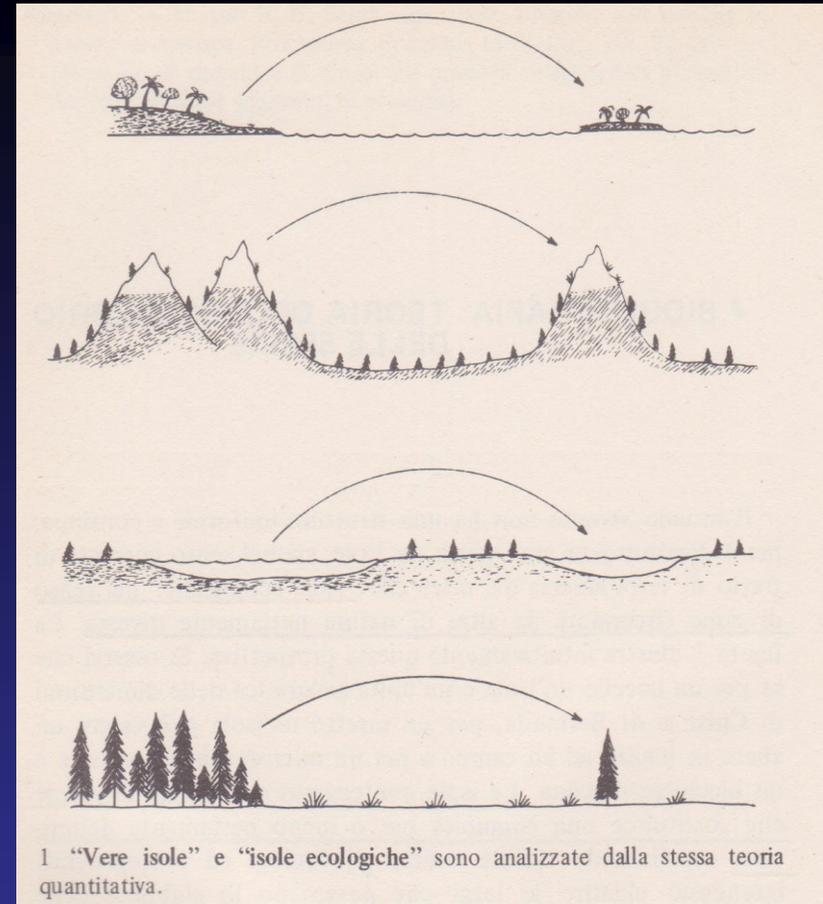
Le idee contenute nel libretto e quelle derivate da quanto pubblicato daranno, negli anni a venire, uno scossone a buona parte dell'ecologia di comunità ed alla biogeografia.

Questa rivoluzione è basata sul *concetto* di ISOLA (“oggetto” più semplice da studiare di un continente o di un oceano, perché con limiti geografici ben definiti, nettamente “diverso” da ciò che lo circonda) e sulle *caratteristiche* della INSULARITÀ (limiti, piccole dimensioni, barriera alle dispersioni, variabilità climatica ecc.).

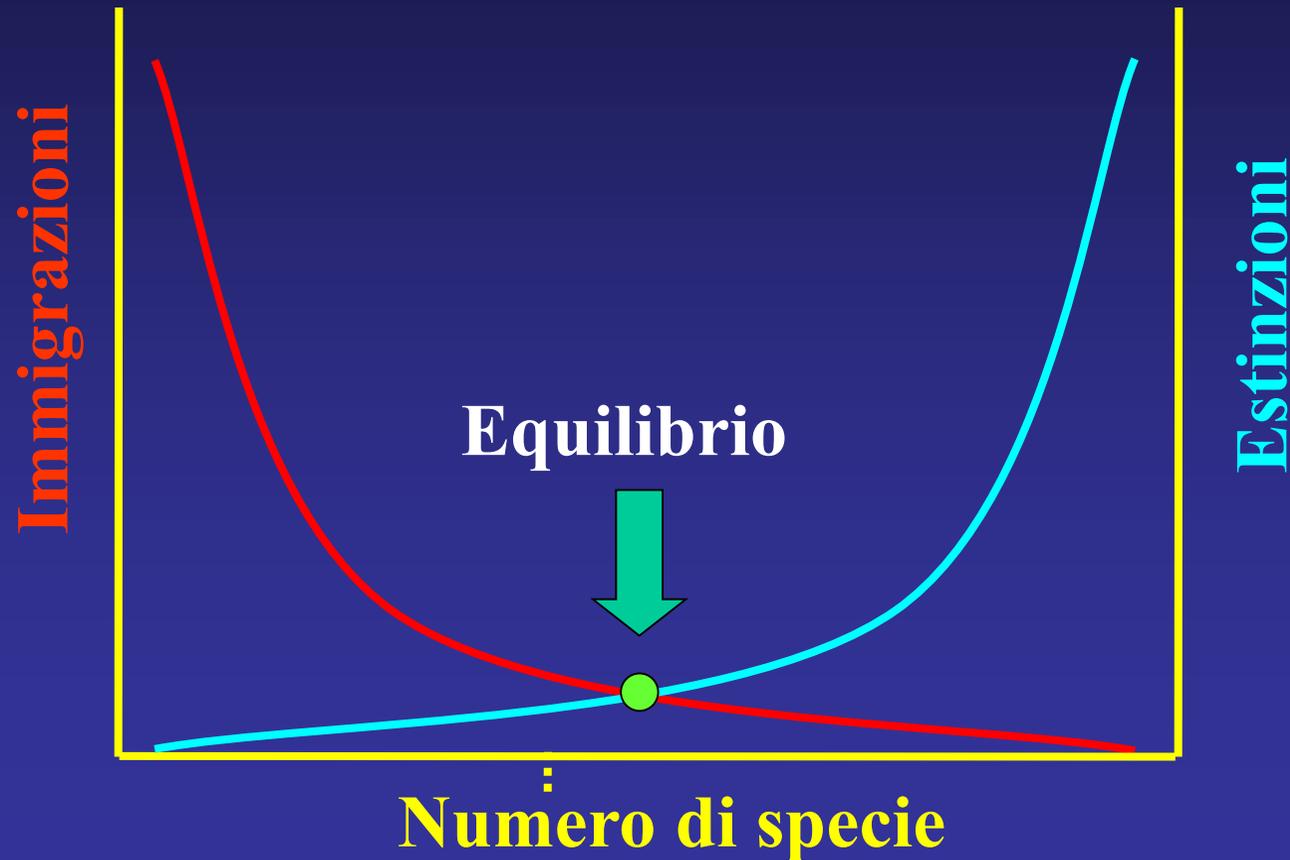
Ecologicamente parlando, “isole” non sono solamente porzioni di terre emerse in un mare d’acqua, bensì qualsiasi sistema ecologico nettamente “differente” da ciò che lo circonda.

Anche le cime d’alta quota delle montagne possono essere isole in un mare di quote basse; un lago può essere considerato un’isola d’acqua in mezzo ad un mare di terra, o una foresta circondata da campi coltivati.

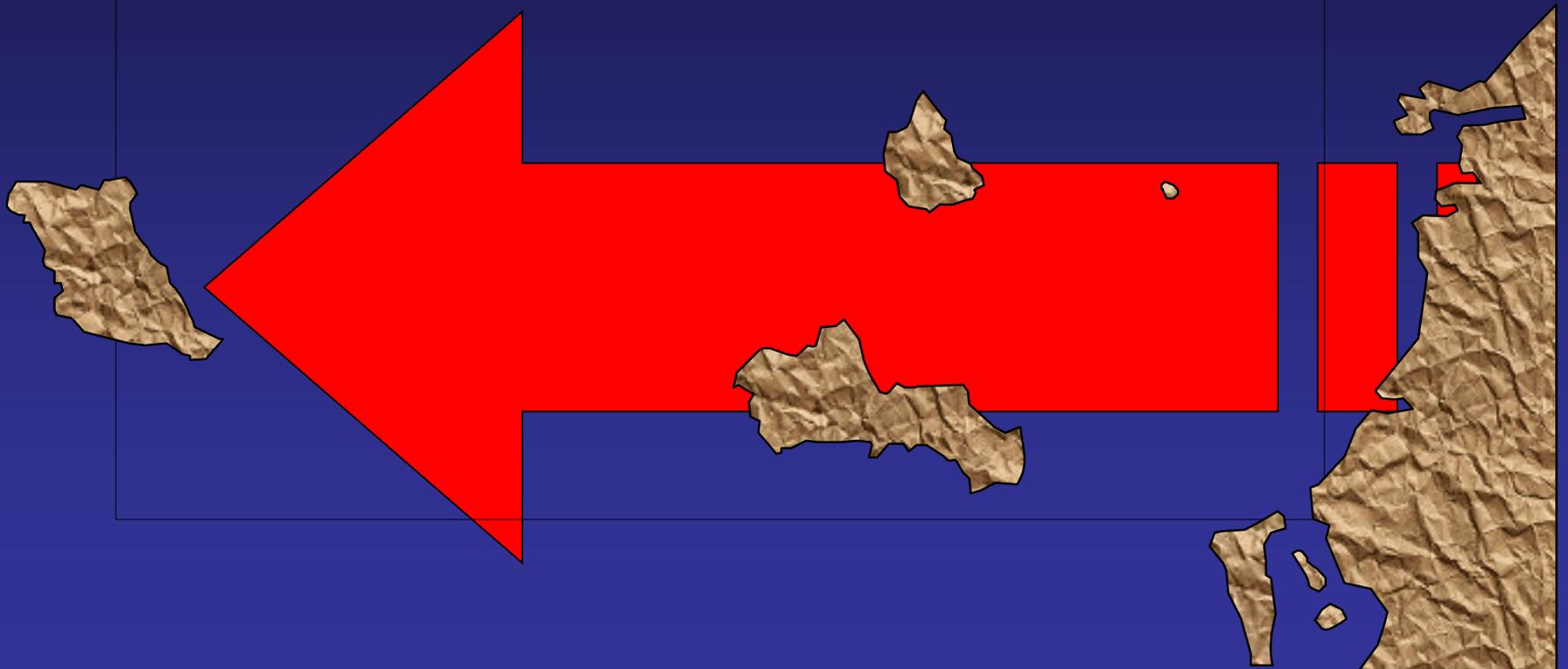
Estremizzando, anche un animale è un’isola per i suoi parassiti o una pianta per i suoi epifiti.



La teoria dell'*equilibrio dinamico* si basa sul concetto che il numero di specie presente in un'isola in un determinato tempo è dovuto ad un equilibrio dinamico tra estinzioni ed immigrazioni, poiché le specie che si estinguono vengono continuamente rimpiazzate o da individui delle stesse specie o da nuove altre.



La novità della teoria consiste nel fatto che il numero di specie (RS) di un'isola non dipende solamente dalla dimensione (superficie) dell'isola stessa, ma anche dai tassi di immigrazione e di estinzione sull'isola e dalla distanza dell'isola dal vicino continente. Il continente viene definito “sorgente” (*source*), l'isola “ricevente” (*sink*) di specie.



I capisaldi della teoria sono semplici:

- a) il numero di specie su un'isola è determinato dall'equilibrio tra il tasso di immigrazione ed il tasso di estinzione;
- b) questo equilibrio è dinamico, poiché continuamente (anche se non sempre per causa delle attività umane) ci sono specie che si estinguono e che vengono sostituite da altre;
- c) il *tasso di immigrazione* dipende soprattutto dalla distanza dalla “sorgente” (cioè dall'ambiente fornitore di specie);
- d) il *tasso di estinzione* dipende soprattutto dalla dimensione dell'isola.

Il processo di *immigrazione*

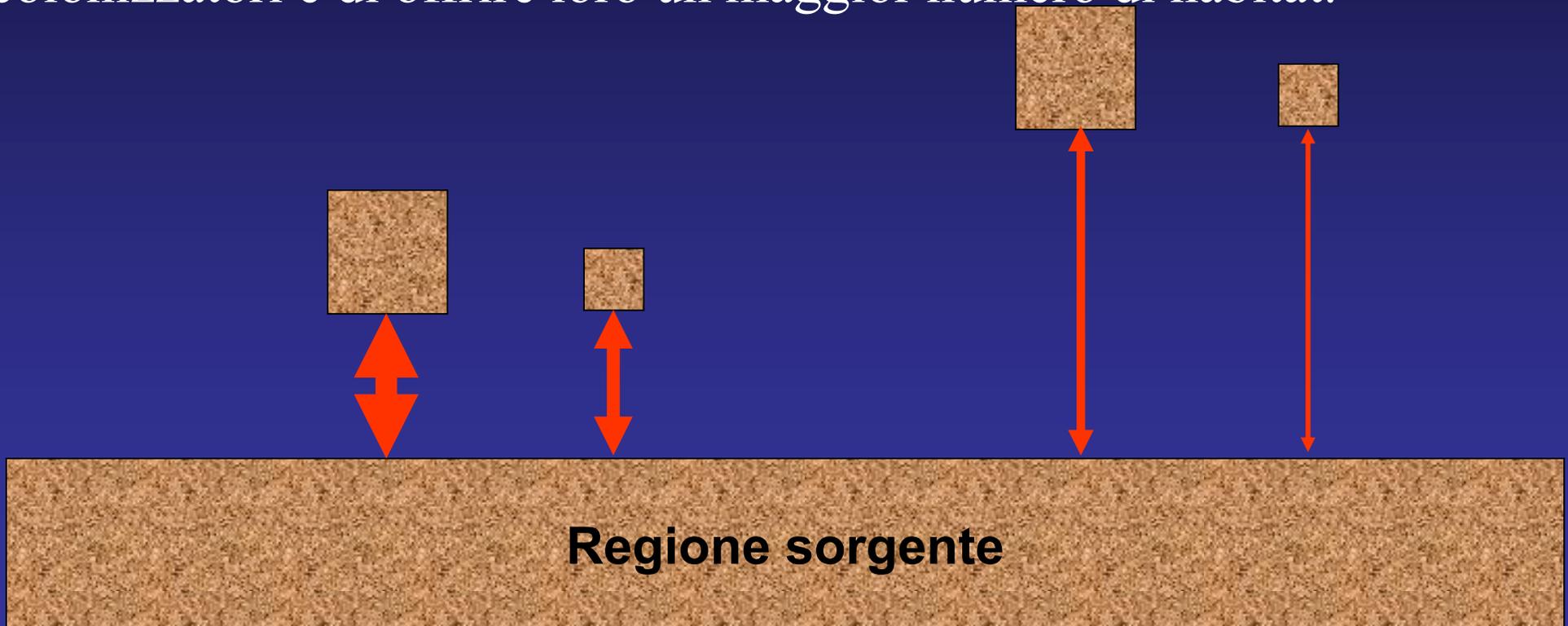
Seguiamo un immaginario processo di *immigrazione* su una nuova isola. Inizialmente il tasso è elevato poiché nessuna specie è presente sull'isola ed ogni individuo colonizzatore (o propagulo) può rappresentare una nuova specie.

Man mano che il numero delle specie residenti aumenta, diminuisce il tasso di immigrazione di nuove specie non ancora insediate nell'isola (per la comparsa di relazioni interspecifiche come competizione, predazione ecc.).

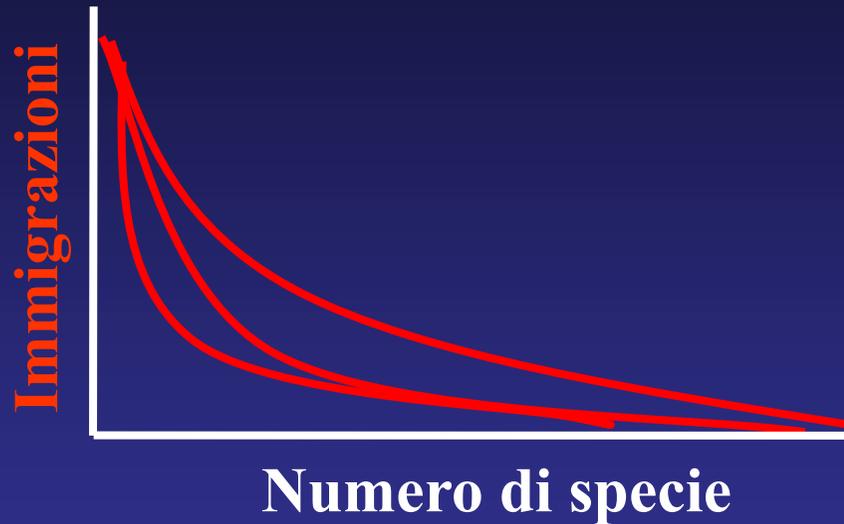
Il tasso di immigrazione teoricamente si azzerava quando tutte le specie della sorgente sono passate nell'isola (sempre che questa sia capace di mantenerle).

È ovvio che questo andamento dipende innanzi tutto dalla distanza, dalla “sorgente”, dell’isola “ricevente” e dal *pool* dei potenziali colonizzatori (cioè dal numero di specie presenti nella “sorgente” e dalla densità di popolazione delle stesse).

Il tasso di immigrazione dipende anche dalla dimensione dell’isola: un’isola più grande avrà la possibilità di “intercettare” più colonizzatori e di offrire loro un maggior numero di habitat.



La forma della *curva di immigrazione* varia, quindi, in funzione della distanza dell'isola “ricevente” rispetto alla “sorgente”: le isole vicine alla sorgente avranno un numero di specie immigranti nel tempo (tasso) più elevato rispetto alle isole più lontane.



La curva di immigrazione, in realtà, rappresenta la curva “più probabile”, non la “effettiva”, rappresenta cioè la migliore interpolante il set di dati, poichè la sequenza di arrivo delle specie sull'isola di fatto sarà del tutto casuale (fase *stocastica* della successione).

Il processo di estinzione

L'estinzione ha un andamento complementare al processo di immigrazione.

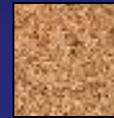
Nel caso *non* siano ancora presenti specie (quindi la colonizzazione non è ancora iniziata), il *tasso di estinzione* sull'isola è pari a *zero*. Inoltre, si mantiene basso quando sono presenti poche specie.

All'aumentare del numero di specie presenti sull'isola, il tasso di estinzione *aumenta* molto rapidamente. Infatti, aumentando il numero di specie, l'esclusione competitiva (*principio di Gause*) diventa più frequente e la densità di popolazione di ciascuna specie è mediamente *minore* rispetto alle prime fasi di colonizzazione.

Le specie con piccole popolazioni diventano così anche più vulnerabili all'*estinzione casuale*, dovuta a variazioni climatiche, epidemie, oppure all'attività antropica.

Il tasso di estinzione sulle piccole isole è maggiore rispetto a quello sulle grandi isole o sui continenti.

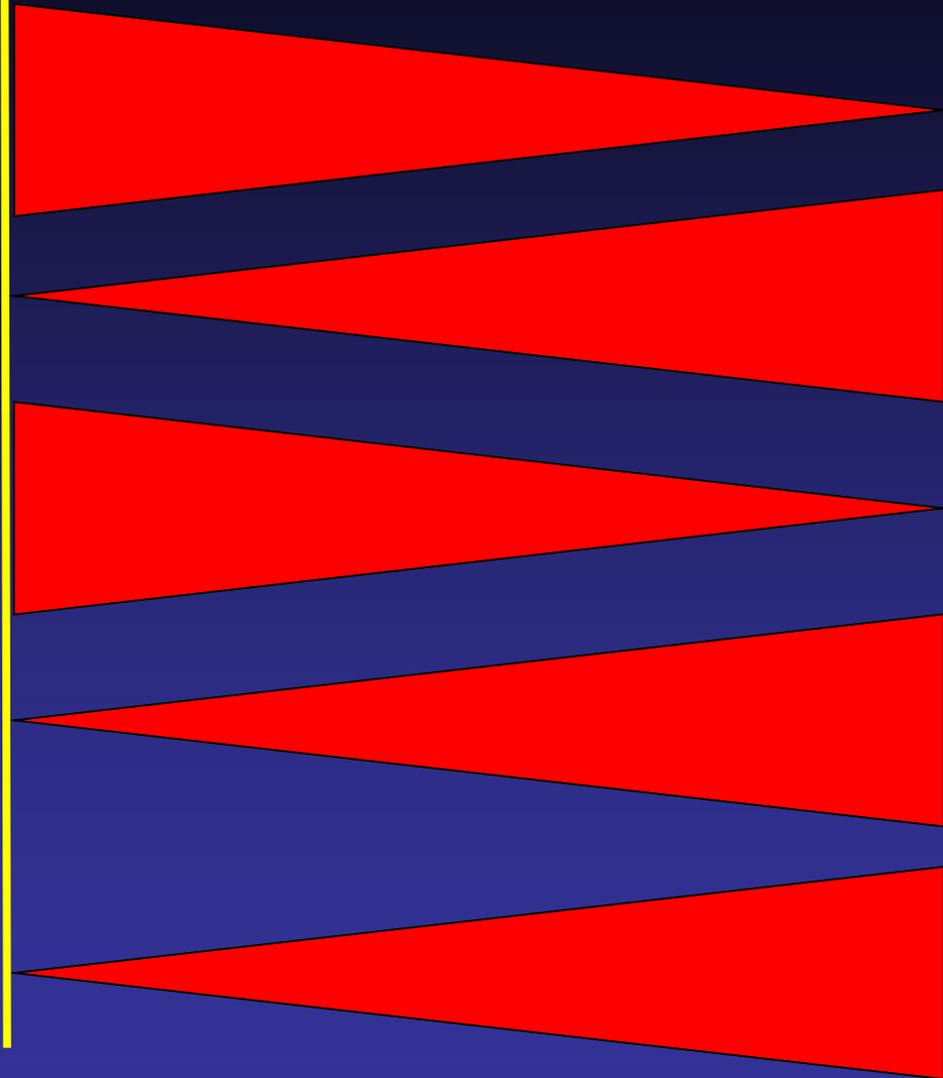
Infatti, nelle piccole isole è inferiore la disponibilità di aree-rifugio (altri habitat utilizzabili dalla specie) e la *competizione per esclusione competitiva* è accentuata dalla ridotta disponibilità di risorse.



Regione sorgente

INIZIO

FINE processo di colonizzazione



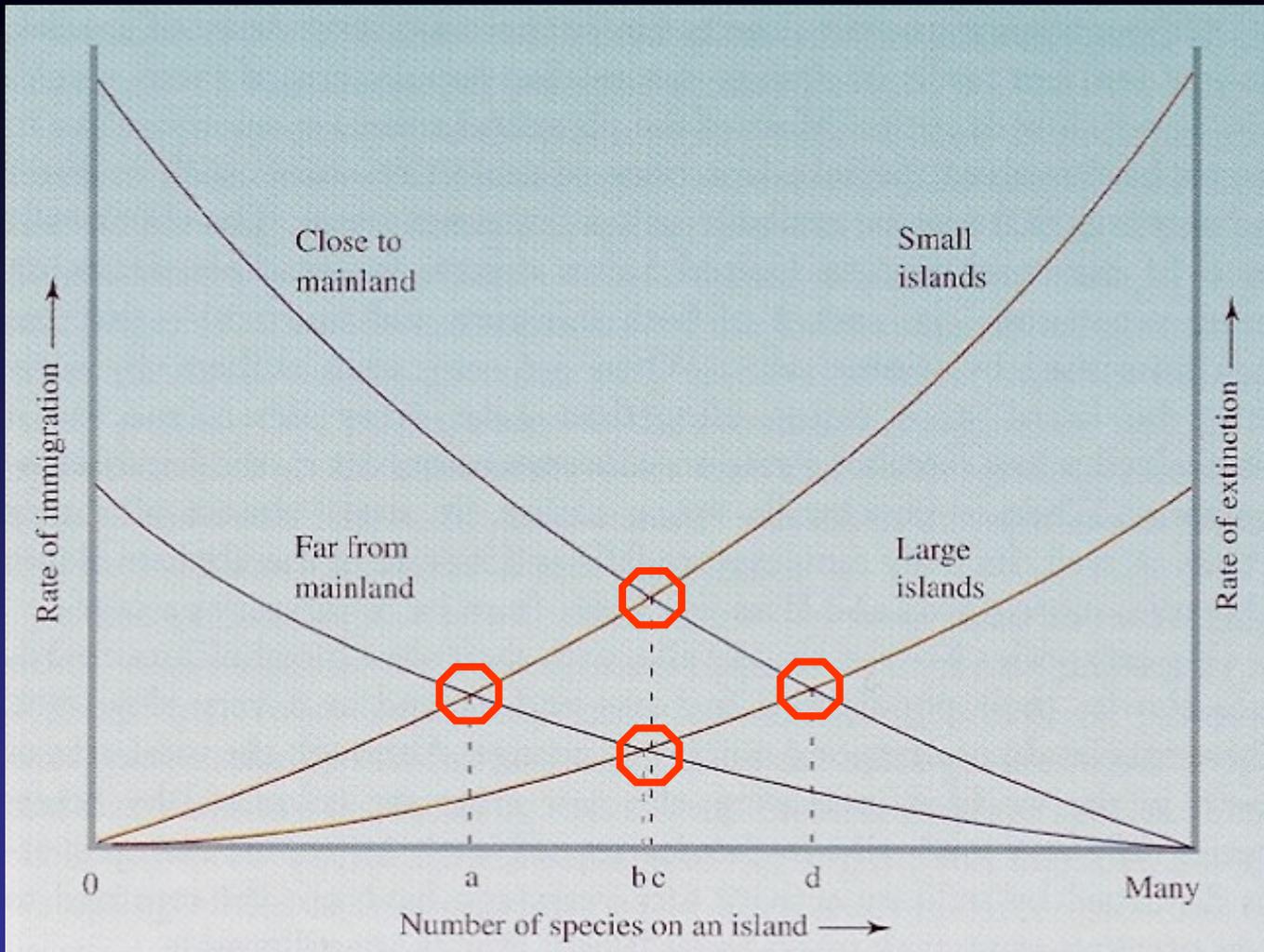
Tasso di immigrazione

Specie residenti

Densità di popolazione

Tasso di estinzione

Livello di competizione



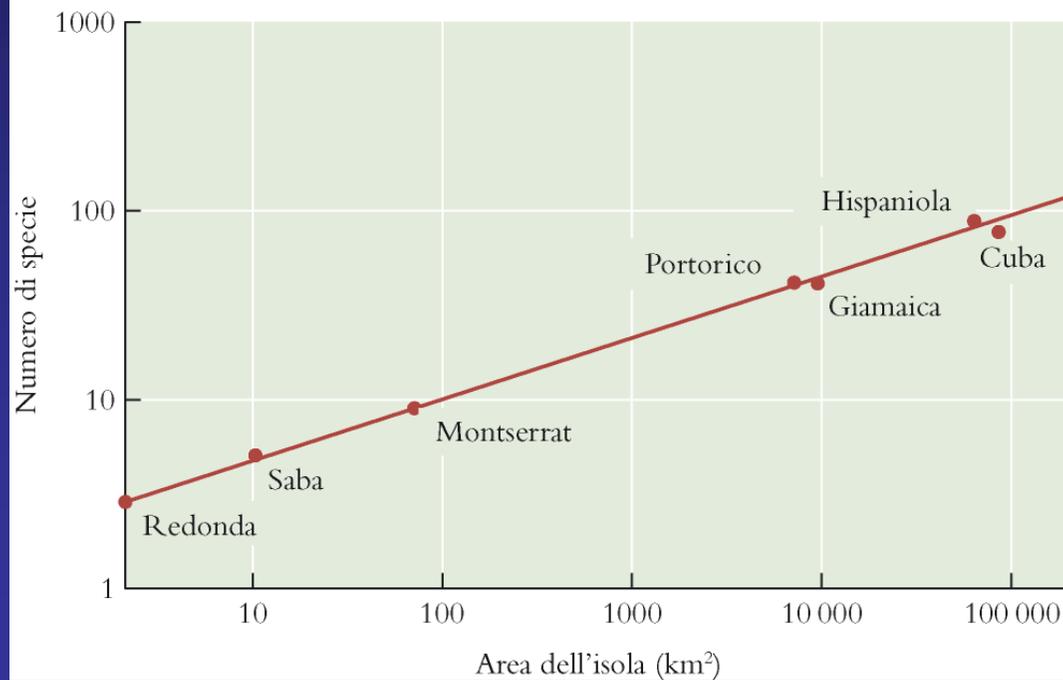
**Piccola
Lontano**

**Grande Piccola
Lontano Vicino**

**Grande
Vicino**

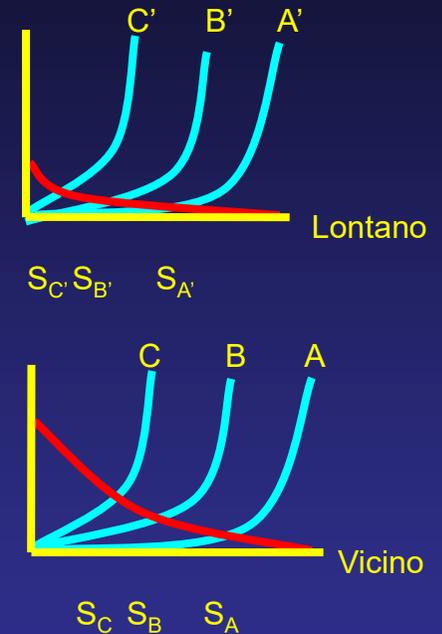
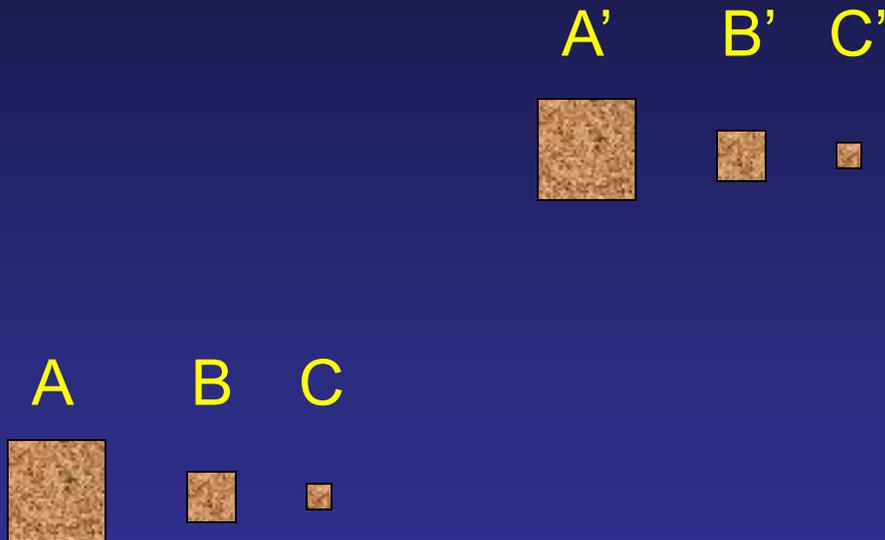
Numero di specie di un'isola

Gli arcipelaghi



La teoria della biogeografia insulare si applica anche al caso degli arcipelaghi (come, tra l'altro, possono essere considerati anche gli insiemi di aree protette).

Il numero di specie cresce con l'area più rapidamente nell'arcipelago lontano rispetto al vicino.

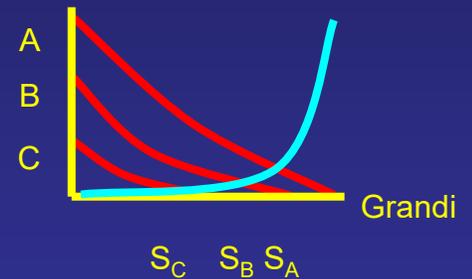
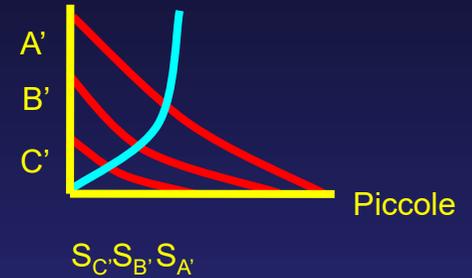
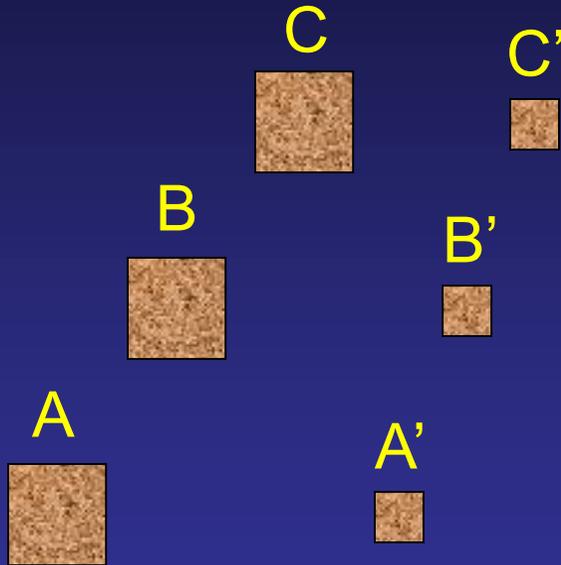


Le immigrazioni sono in rosso, le estinzioni in azzurro.

Regione sorgente

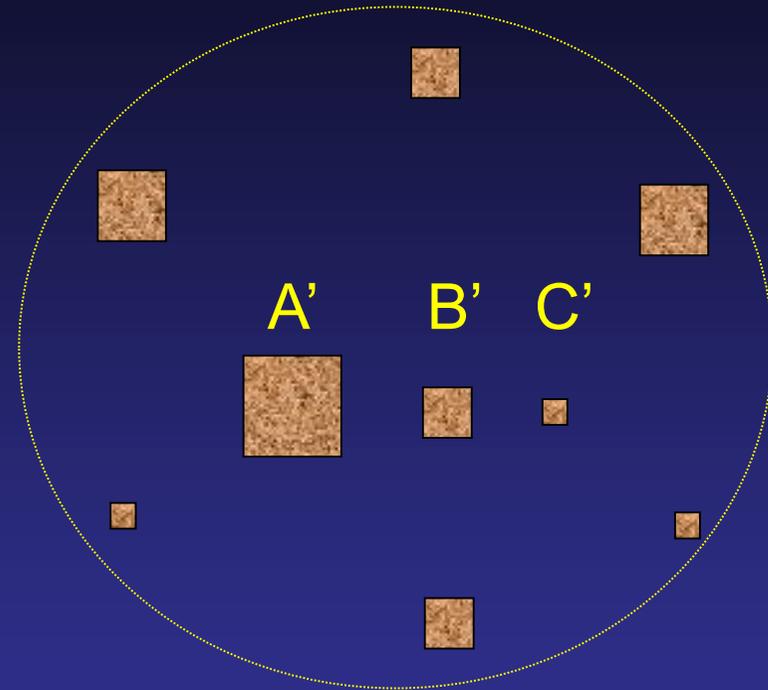
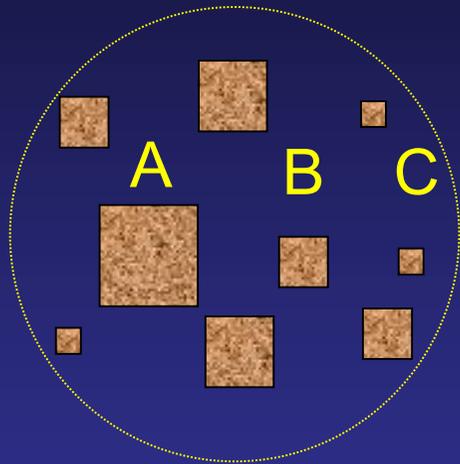
Con area costante, cambia la distanza tra isole e continente

Il numero di specie decresce con la distanza più rapidamente nelle *piccole isole*.



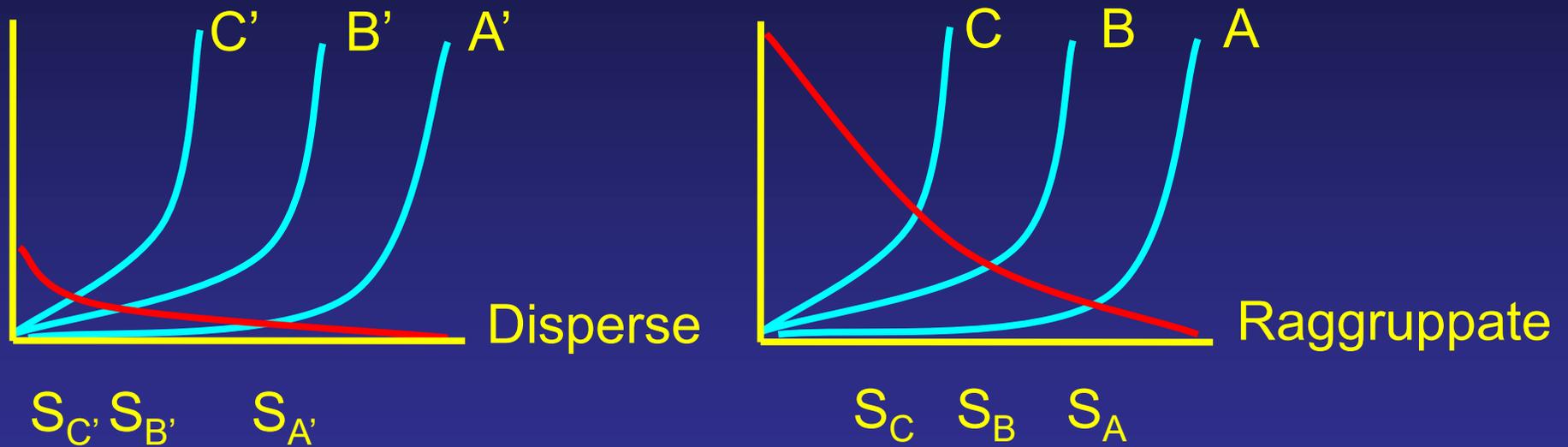
Regione sorgente

L'effetto del raggruppamento delle isole...

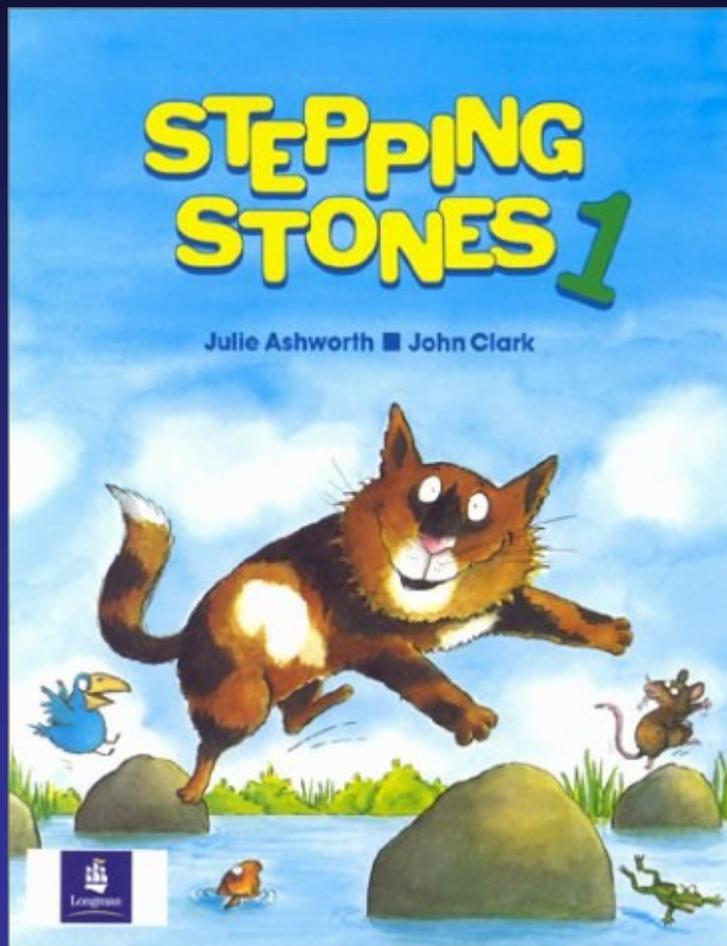


Regione sorgente

Il tasso di immigrazione cresce nelle isole raggruppate, perché sempre più funzionano come un'unica grande isola.

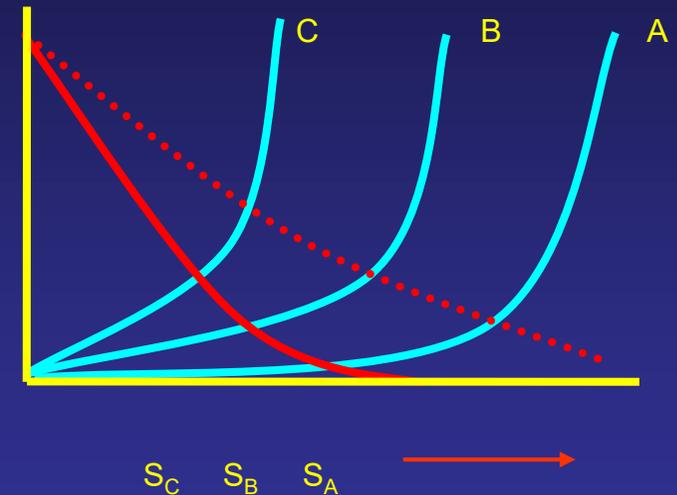
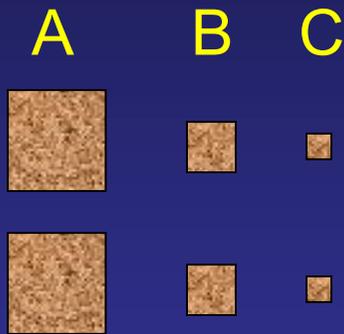


Gli “Scogli di Passaggio” (*Stepping Stones*)



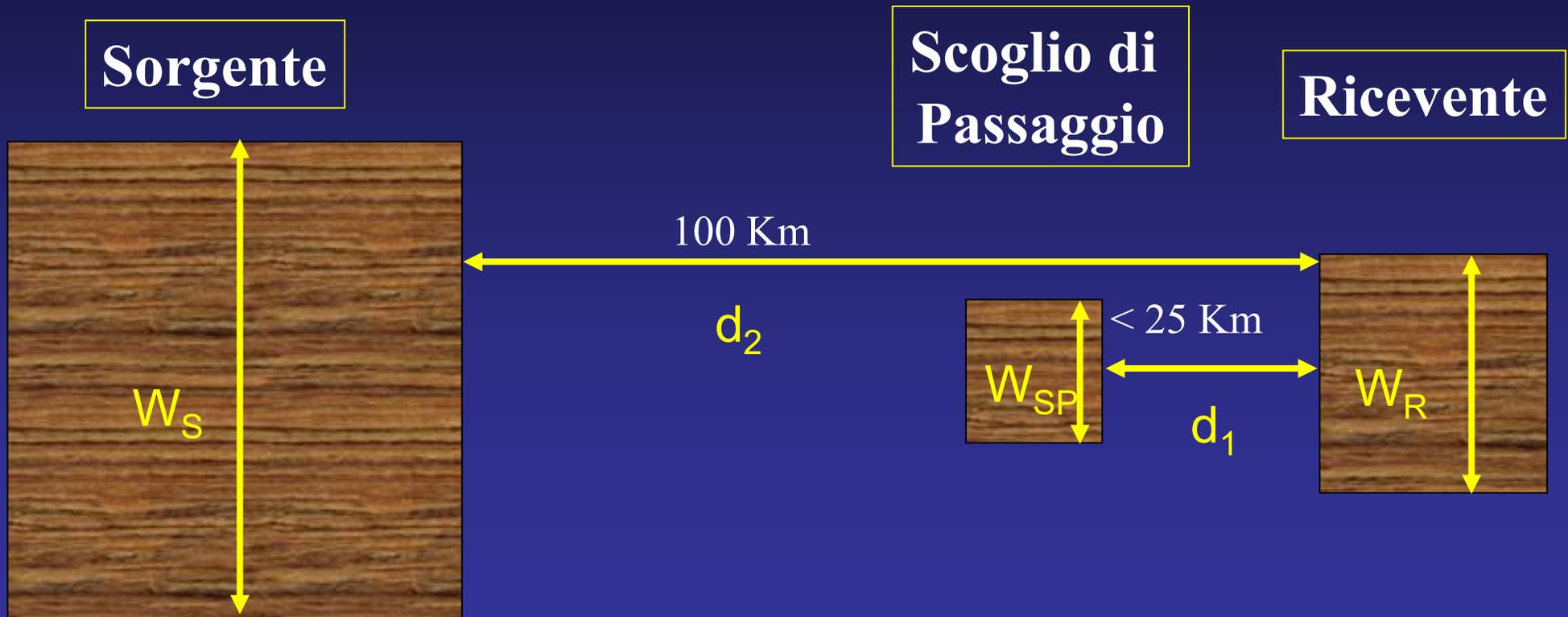
Per essere efficaci gli “Scogli di Passaggio” (S.P.) devono avere una dimensione ed una distanza tali da non influenzare l’effetto di riduzione dell’area.

Se gli S.P. sono vicini alla sorgente, anche se molto piccoli tolgono specie alle isole riceventi (linea rossa continua), invece le aumentano se lontani (linea rossa tratteggiata).

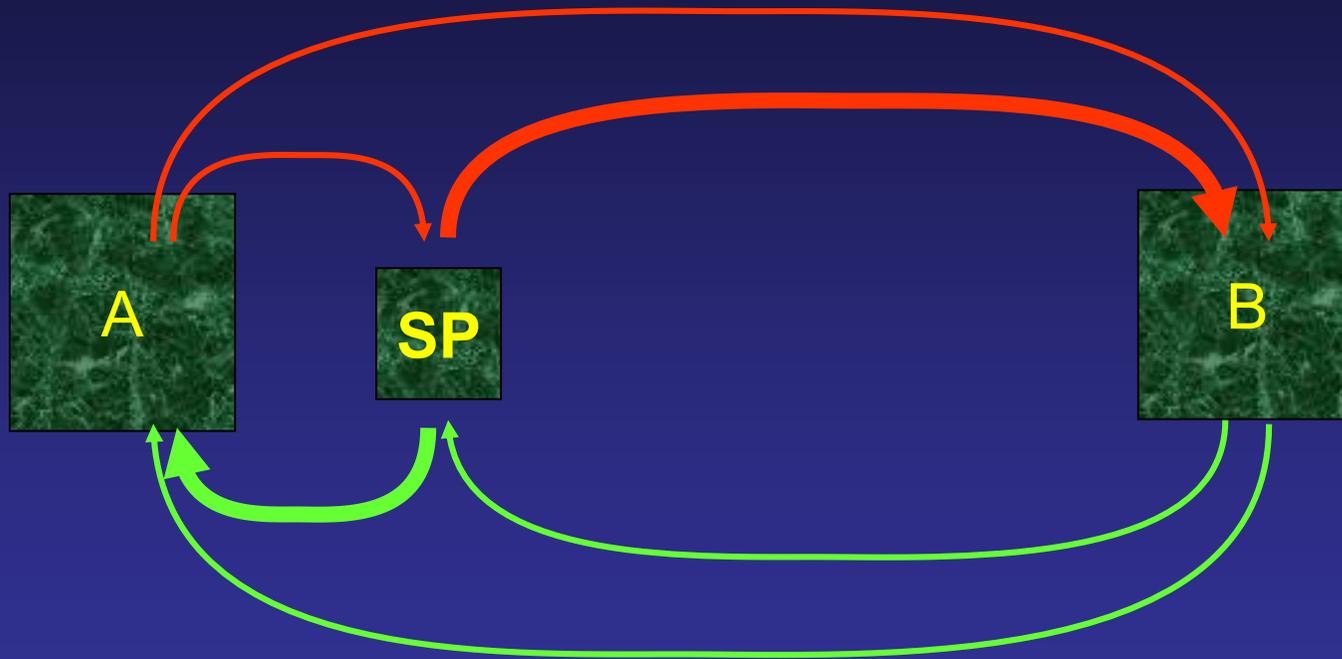


Regione sorgente

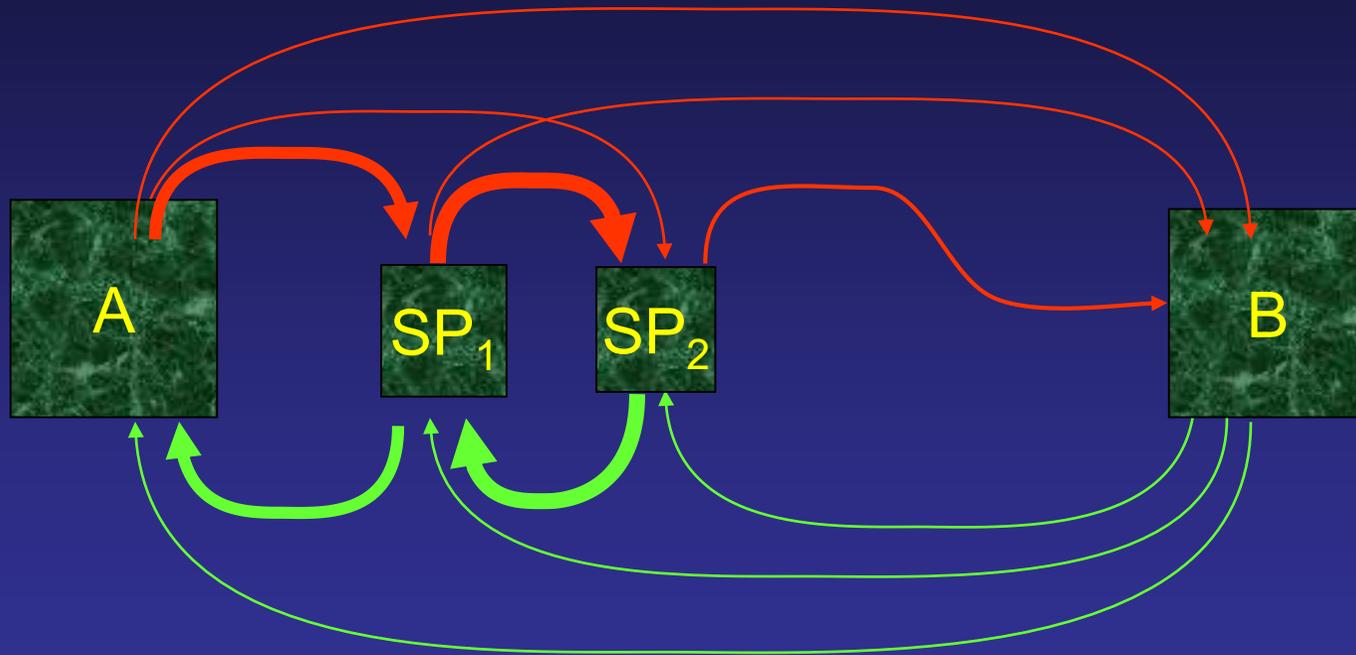
Uno “scoglio”, per funzionare come “passaggio”, deve essere ad una distanza dal “Ricevente” (d_1) che è inferiore ad $\frac{1}{4}$ della distanza tra “Sorgente” e “Ricevente” (d_2).



Quando lo S.P. è unico, contribuisce in eguale misura allo scambio di specie tra due isole (A e B) e nessuna delle due ne ha un vantaggio particolare.



Quando invece è presente un secondo S.P. (SP_2), che è più vicino all'isola A, allora quest'ultima “acquisisce un arcipelago” e ne ha un vantaggio rispetto alla B.



La teoria insulare ed il disegno di aree naturali protette

L'innovazione portata dalla teoria della biogeografia insulare nella conservazione della natura parte dalla considerazione che ogni area naturale protetta può essere considerata come un'isola di protezione circondata da un mare antropizzato di non-conservazione.

Si può quindi lavorare su di essa applicando la teoria di MacArthur & Wilson, soprattutto per quello che riguarda i tassi di immigrazione ed estinzione delle specie e le relazioni dinamiche tra il numero di specie presenti e l'estensione complessiva dell'area naturale protetta.

Un' *area naturale protetta*, quindi, si può trattare come un' *isola* in quanto:

- 1 - è di dimensioni minori rispetto al “continente” (cioè tutto ciò che la circonda e da cui provengono propaguli);
- 2 - è delimitata da confini precisi (la costa o eventuali limiti territoriali “naturali” o “artificiali”);
- 3 - le distanze dalla “sorgente” sono misurabili;
- 4 - in essa, in quanto sistema limitato, è possibile valutare sia le estinzioni che le immigrazioni (con opportune scale temporali);
- 5 - è più facile conoscere la “storia naturale” (ad esempio della vegetazione) rispetto ad un continente.

Argomenti sviluppati partendo dalla biogeografia insulare:

- 1 - Dinamica sorgente-ricevente (*source-sink*)
- 2 - Ecologia del rifornimento laterale (*supply-side ecology*)
- 3 - Dinamica del salto tra isole (*island jumping*)
- 4 - Metapopolazioni

Non bisogna, però, riporre assoluta fiducia nel modello predittivo derivabile dalla teoria della biogeografia insulare: sono in gioco tante di quelle variabili (cicliche od occasionali) da non far ritenere il modello sempre e comunque funzionante allo stesso modo.

Ad esempio, nonostante la maggior parte degli animali di grandi dimensioni abbia bisogno di superfici molto estese (ad es. un puma maschio ha un territorio di 450 km² e la femmina di 155 km², una coppia supera i 700 km²), il 98 % delle riserve naturali terrestri del mondo non supera i 10.000 km² di area.

Su superfici così limitate, la variabilità nelle predizioni è talmente grande da non poter consentire interpretazioni con precisione scientifica (almeno per i grandi mammiferi terrestri).

Si introduce così uno dei principali dibattiti in ambito della Conservazione, che riguarda la dimensione delle aree naturali protette: il problema “SLOSS” (*Single Large Or Several Small*).

In alcune aree del pianeta fortemente antropizzate (ad es. in Europa) il *Several Small* è inevitabile e le misure di conservazione di conseguenza devono necessariamente adattarsi.