



APAT

Agenzia per la protezione
dell'ambiente e per i servizi tecnici

Workshop tematico:

Biodiversità dei suoli italiani:
indicatori ed applicazioni verso
una normativa nazionale

Simone Fattorini

Rarità e conservazione degli insetti: proposte metodologiche ed applicazioni pratiche

simone_fattorini@virgilio.it



Dipartimento Difesa della Natura
Servizio Tutela della Biodiversità
Settore Bioindicatori ed Ecotossicologia



L'importanza del concetto di rarità in biologia della conservazione risiede nel legame tra rarità e rischio di estinzione, poiché si assume che tanto più una specie è rara tanto maggiore è la sua vulnerabilità, cioè il rischio di un declino della sua consistenza numerica e, quindi, della scomparsa, locale ("estirpazione") o totale ("estinzione").

Rarità ed estinzione

Fattori predisponenti all'estinzione sono ad esempio:

- areale molto ristretto/frammentato
- nicchia ecologica molto ristretta
- popolazione/i piccola/e
- numero di popolazioni esiguo
- popolazioni in declino numerico
- bassa densità di popolazione
- ampio home range
- grande massa corporea
- lunga durata della vita
- scarsa vagilità
- migrazioni stagionali
- bassa variabilità genetica
- associazione con ambienti stabili/ben conservati
- associazione con ambienti di estinzione limitata
- fenologia ristretta
- raccolta/persecuzione/eradicazione

La maggior parte di questi fattori rappresentano forme di **rarietà**.

Rarità rispetto alle dimensioni dell'areale

- **areale molto ristretto**
- **areale molto frammentato**

***Rarità rispetto all'ambiente
(specializzazione ecologica):***

- **nicchia ecologica molto ristretta**
- **associazione con ambienti stabili/ben conservati**
- **associazione con ambienti di estensione limitata**
- **fenologia ristretta, scarsa vagilità, migrazioni stagionali (bassa capacità di sfruttamento dell'ambiente)**

Rarità rispetto alle dimensioni della popolazione

- **popolazione/i piccola/e**
- **numero di popolazioni esiguo**
- **popolazioni in declino numerico**
- **bassa densità di popolazione**
- **bassa variabilità genetica**
- **(ampio home range, grande massa corporea, lunga durata della vita)**

È quindi evidente che quello di rarità è un concetto multidimensionale, poiché una specie può essere classificata come più o meno rara a seconda di quali parametri si prendano in considerazione (*areale, ambiente, popolazione*), che a loro volta possono riferirsi a tratti biologici molto diversi (ad esempio, la rarità rispetto all'ambiente può riferirsi ad aspetti bionomici molto diversi); infine, esistono diverse possibili modalità di definizione teorica e di quantificazione pratica di tali tratti.

Applicazioni a piante e vertebrati

A partire dagli ormai classici lavori di Rabinowitz (1981; Rabinowitz *et al.*, 1986), l'uso del concetto di rarità è quindi al argomento di lunghe controversie teoriche e applicative.

Facendo riferimento alla flora britannica, Rabinowitz proponeva di caratterizzare le specie rispetto a tre attributi fondamentali: l'estensione dell'area geografica occupata, l'ampiezza della nicchia ecologica e la dimensione delle popolazioni.

Questo approccio è stato poi applicato, in varie occasioni, a gruppi di vertebrati in varie regioni del mondo (Kattan, 1992 per gli uccelli delle Ande; Manne & Pimm, 2001 per i passeriformi americani; Dobson & Yu, 1993 e Arita *et al.*, 1997 e per mammiferi neotropicali).

Finora, invece, non è stata mai tentata una applicazione agli insetti.

**Le ragioni di questo ritardo sono
fondamentalmente:**

***una diversa impostazione di base alla
conservazione degli invertebrati (improntata alla
conservazione degli ambienti e non indirizzata
direttamente alle specie)***

***una (presunta?) impossibilità di ottenere misure
di rarità analoghe e a quelle utilizzate per i
vertebrati o le piante***

Si pone la necessità di disporre di definizioni chiare e criteri applicativi rigorosi per caratterizzare la rarità delle specie.

Ottenere misure di nicchia ecologica e densità delle popolazioni degli insetti analoghe a quelle utilizzate per i vertebrati o le piante è in effetti possibile solo in rarissime condizioni.

Un approccio che sia realmente percorribile dovrà invece essere fondato su dati ordinariamente accessibili, come l'indicazione della località e la data di raccolta.

Sulla base di queste informazioni è infatti possibile adottare degli indici che, pur con una serie di limitazioni, possono fornire misure di rarità semplici ed attendibili.

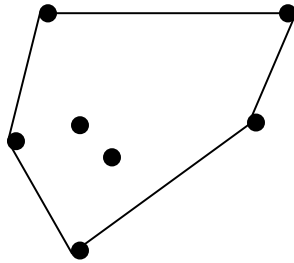
La rarità geografica potrà essere misurata come ampiezza dell'areale o dell'area di occupazione.

L'ampiezza dell'areale (*extent of occurrence*) può essere misurata come area della superficie del minimo poligono convesso che racchiude tutte le stazioni note.

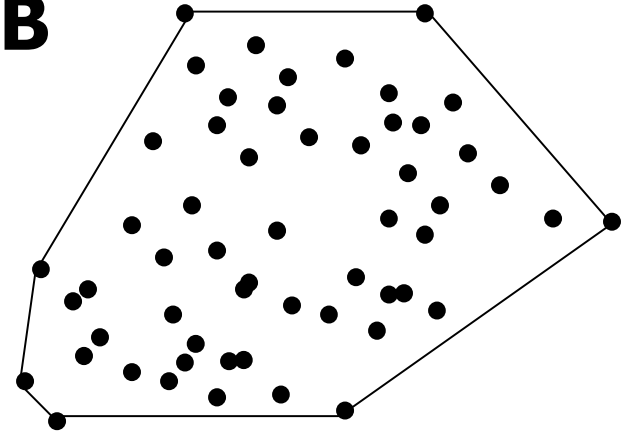
L'area di occupazione (*area of occupancy*) come numero di unità geografiche operative occupate da una data specie sul numero totale di unità del sistema considerato, mentre l'unità geografica scelta (cella di un reticolo, località di raccolta, unità ambientale, ecc.) varierà a seconda del gruppo e della scala temporale e spaziale adottate.

Ampiezza dell'areale

A

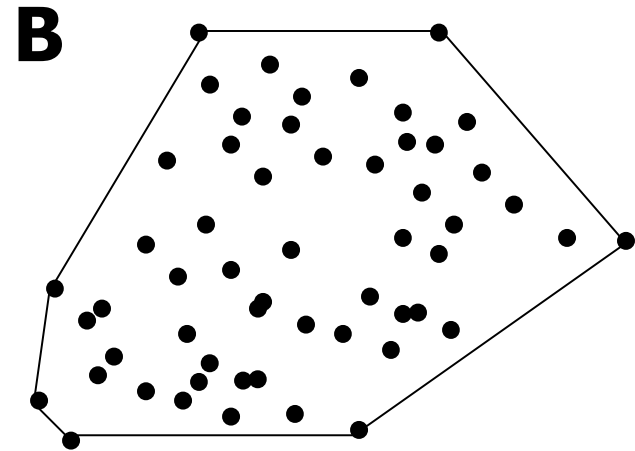
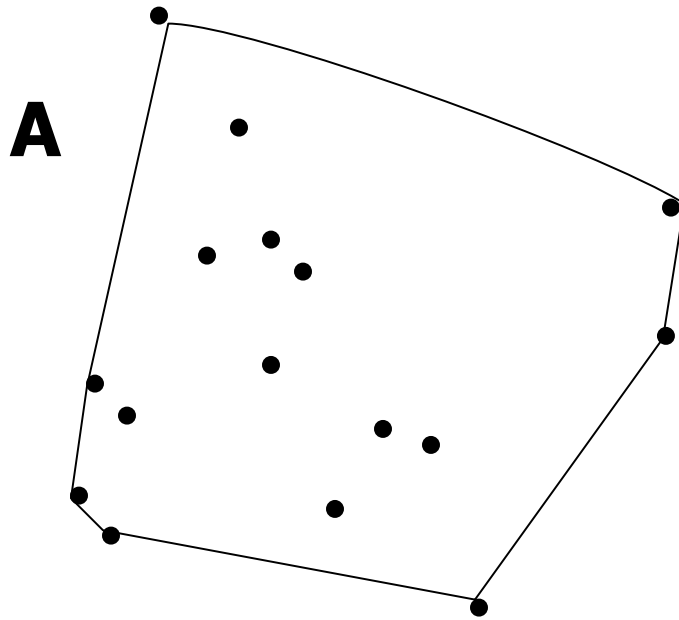


B



La specie **A** ha un areale (poligono) più piccolo di **B** ed ha meno stazioni. **È più rara.**
È facile quantificare la differenza calcolando la superficie dei poligoni.

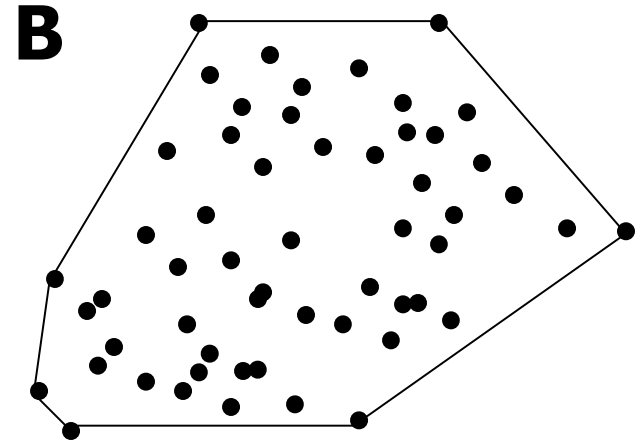
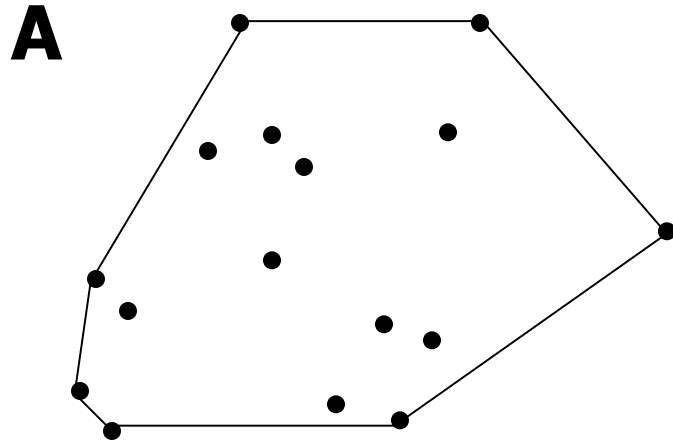
Ampiezza dell'areale



A ha meno stazioni di **B**, ma un poligono più grande.
Qual è la più rara?

B è più rara in termini di areale, ma meno rara in termini di area occupata

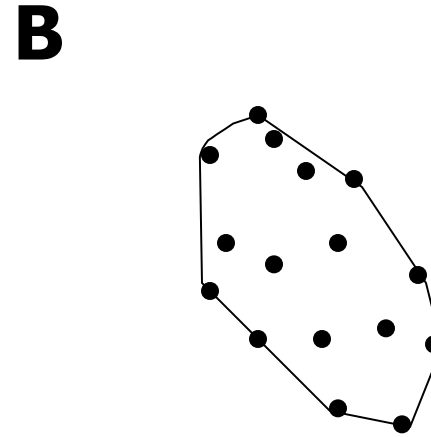
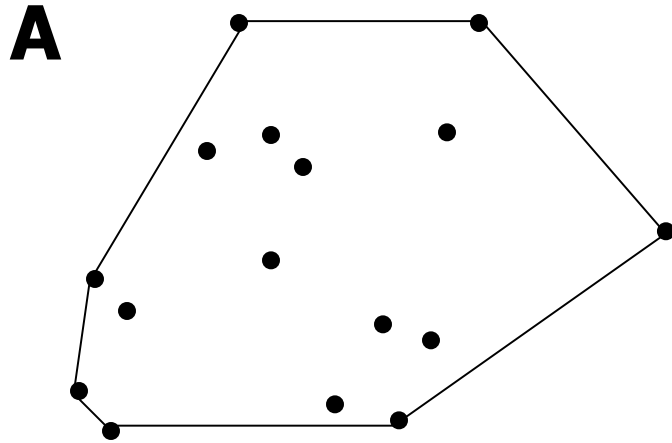
Ampiezza dell'areale



A e **B** hanno lo stesso areale in termini di poligono, ma diverso numero di stazioni.

Sono ugualmente rare in termini di areale, ma non in termini di area occupata.

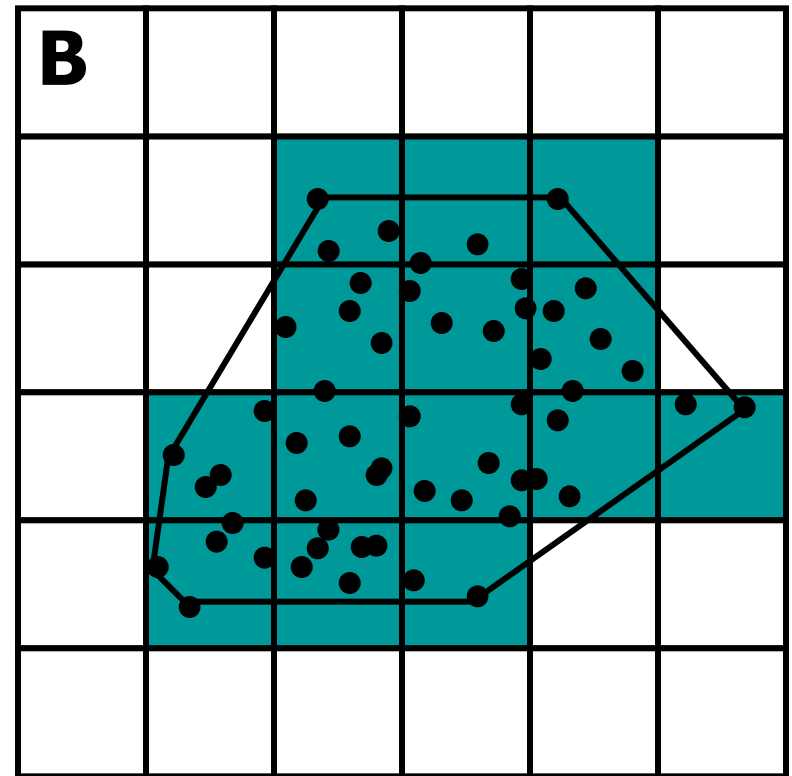
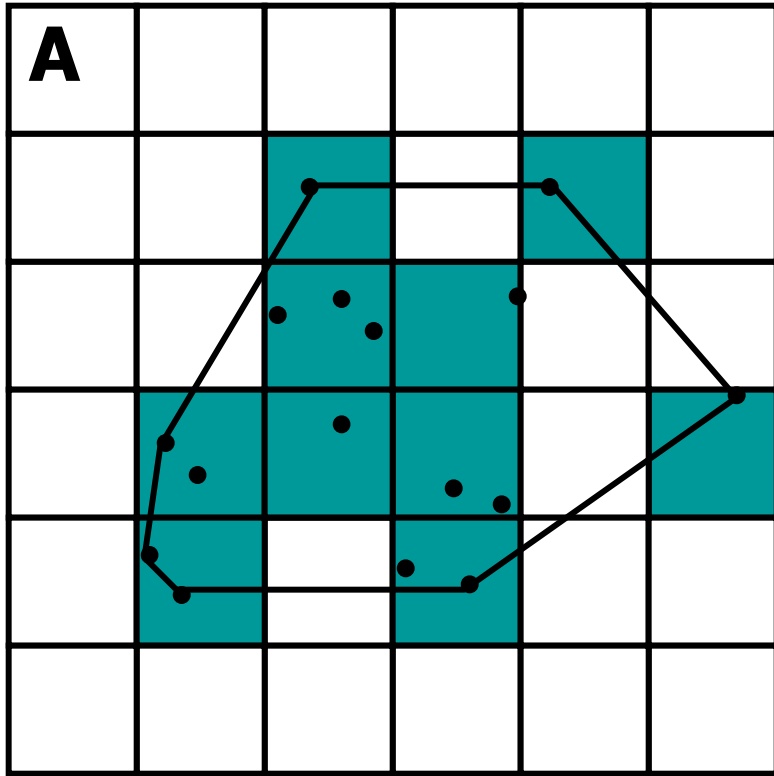
Ampiezza dell'areale



A e **B** hanno lo stesso numero di stazioni, ma diverso areale.

Sono ugualmente rare in termini di area occupata, ma non in termini di areale.

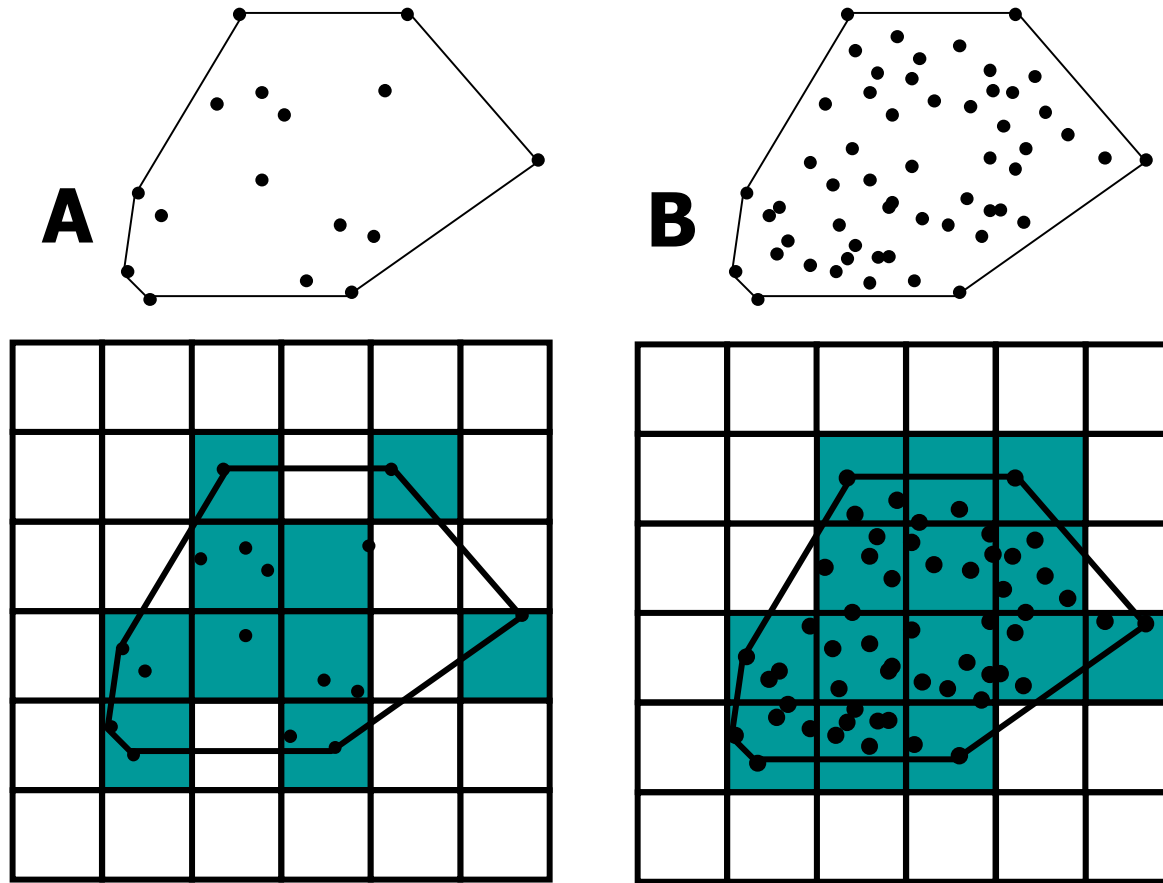
Ampiezza dell'area di occupazione



Utilizzando il reticolo, **B** mostra un maggior numero di celle occupate (è più comune in termini di area di occupazione).

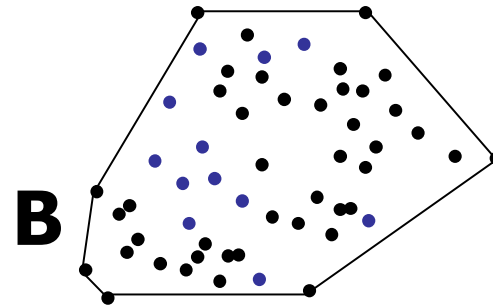
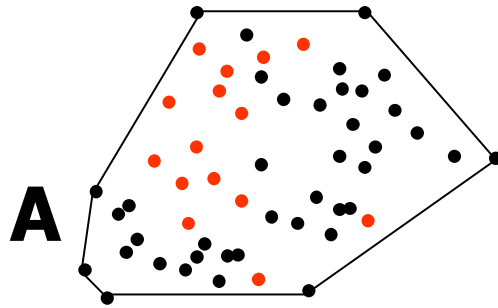
Area di occupazione maggiore.

Ampiezza dell'area di occupazione

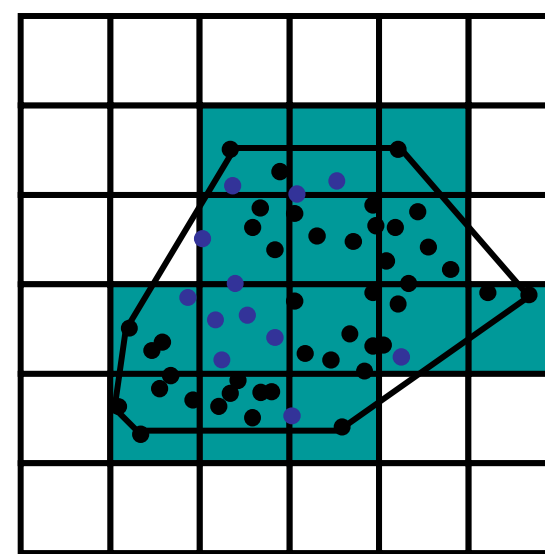
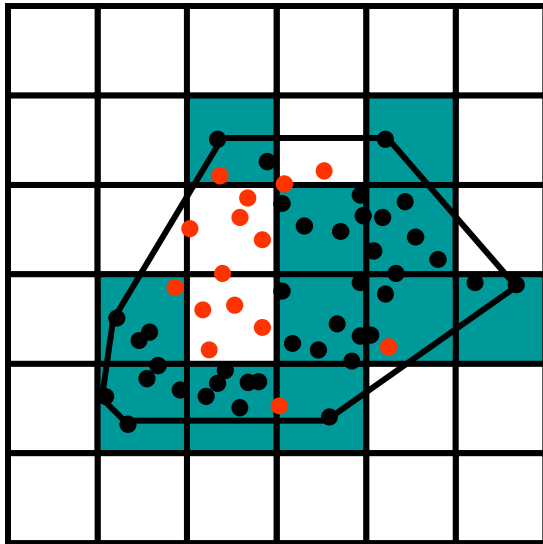


Le due specie hanno la stessa area di distribuzione ma diversa area di occupazione. Cosa scegliere?

Ampiezza dell'area di occupazione



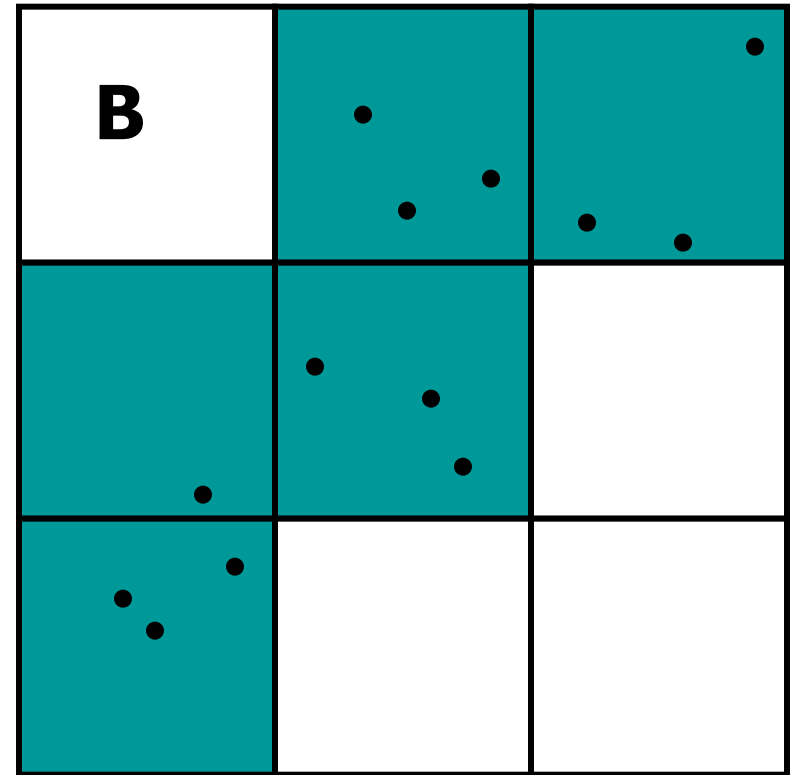
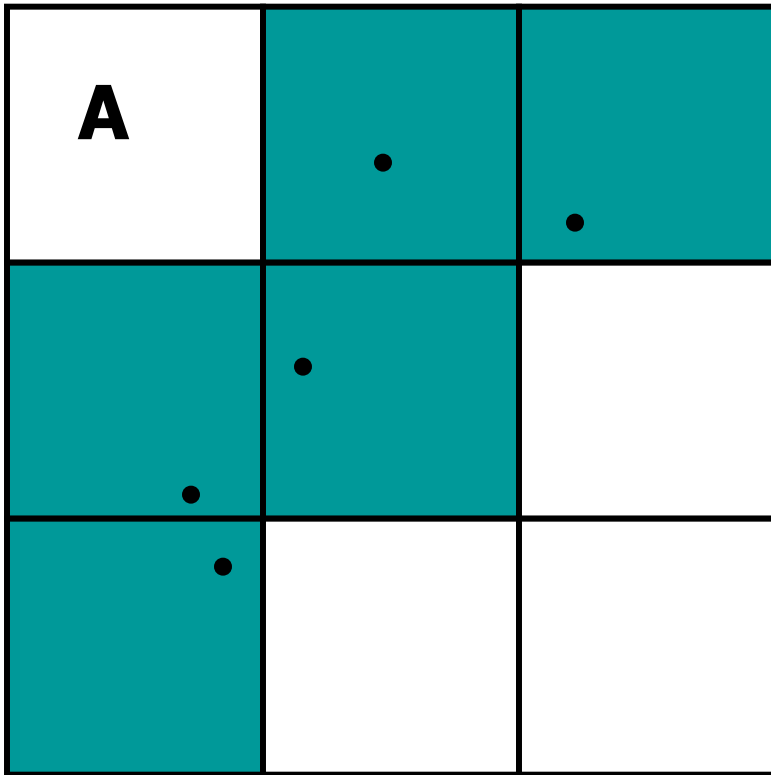
●
Siti in cui la
specie A è
presente
ma in cui
non è stata
campionata



●
Siti in cui
A e B
convivono,
ma in cui
solo B
è stata
campionata

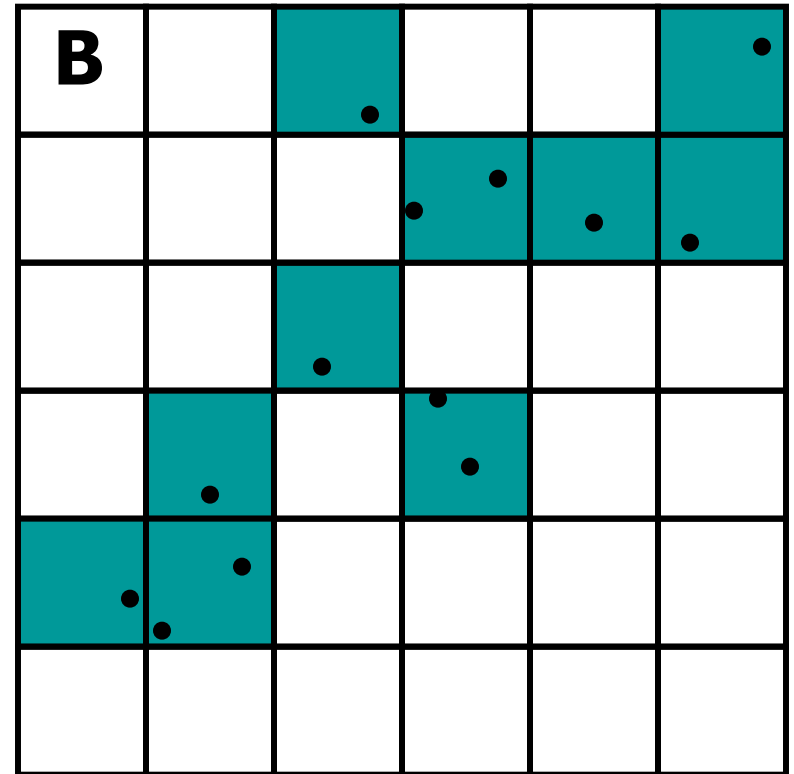
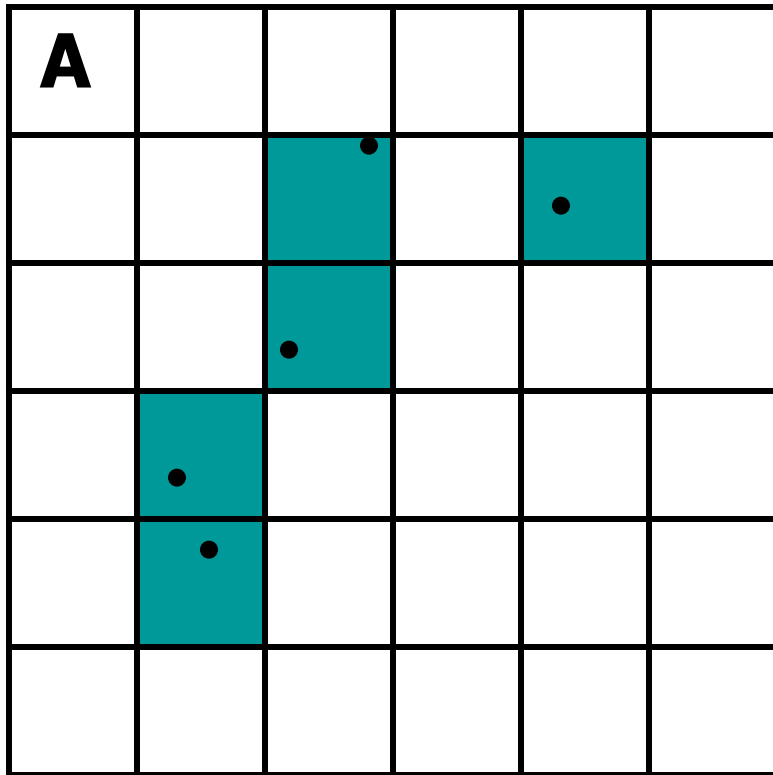
Due specie potrebbero avere diversa area di occupazione a causa di un difetto di ricerca.

Ampiezza dell'area di occupazione



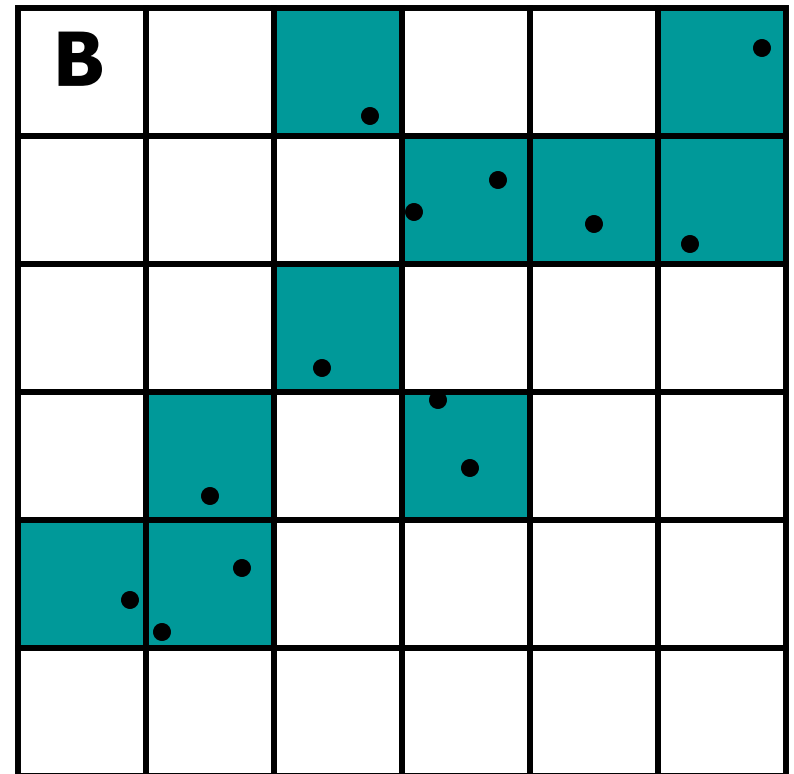
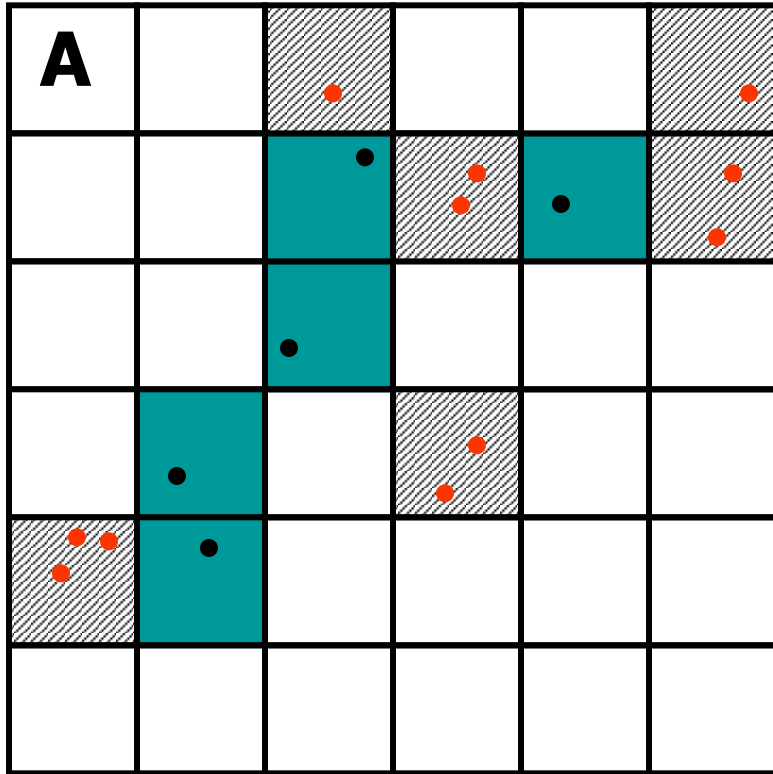
La grandezza delle maglie del reticolo influisce sulla quantificazione dell'area occupata. A questa maglia, le due specie **A** e **B** hanno la stessa area di occupazione.
Ma B ha più stazioni.

Ampiezza dell'area di occupazione



Se si usa una maglia più fina, la specie **B** ha chiaramente una area di occupazione maggiore.

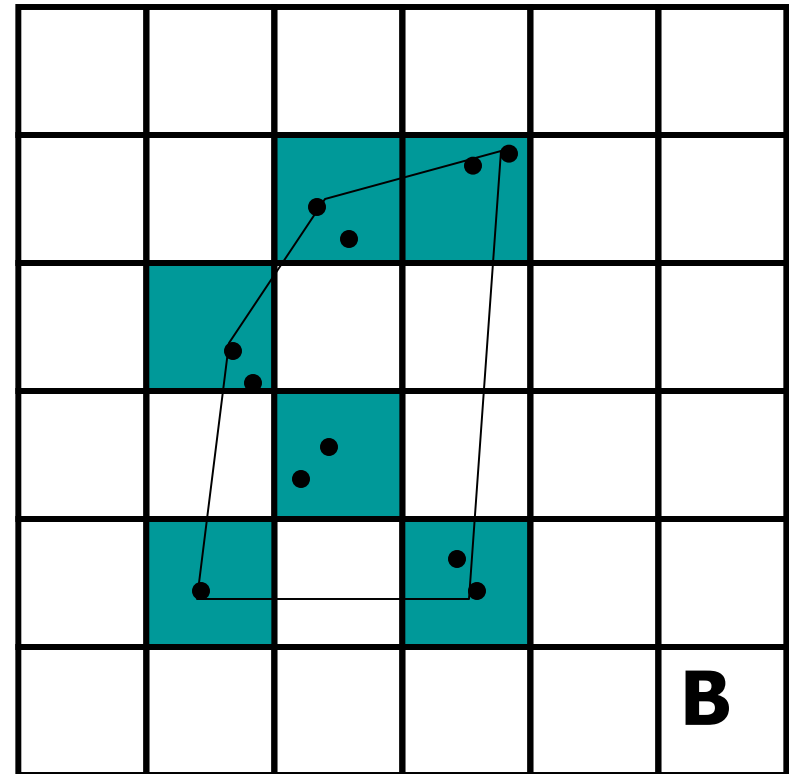
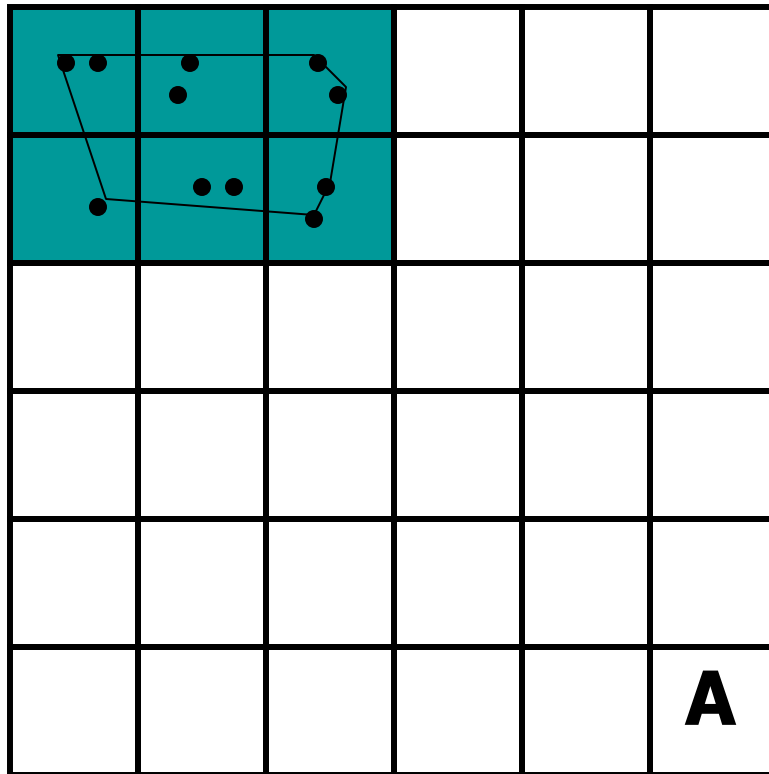
Ampiezza dell'area di occupazione



- Siti in cui la specie A è presente ma in cui non è stata campionata

La differenza, però potrebbe essere dovuta a difetto di raccolta. Più la maglia è fitta, più accurato deve essere stato il campionamento. In questo caso, la specie può sembrare più rara solo perché sottocampionata.

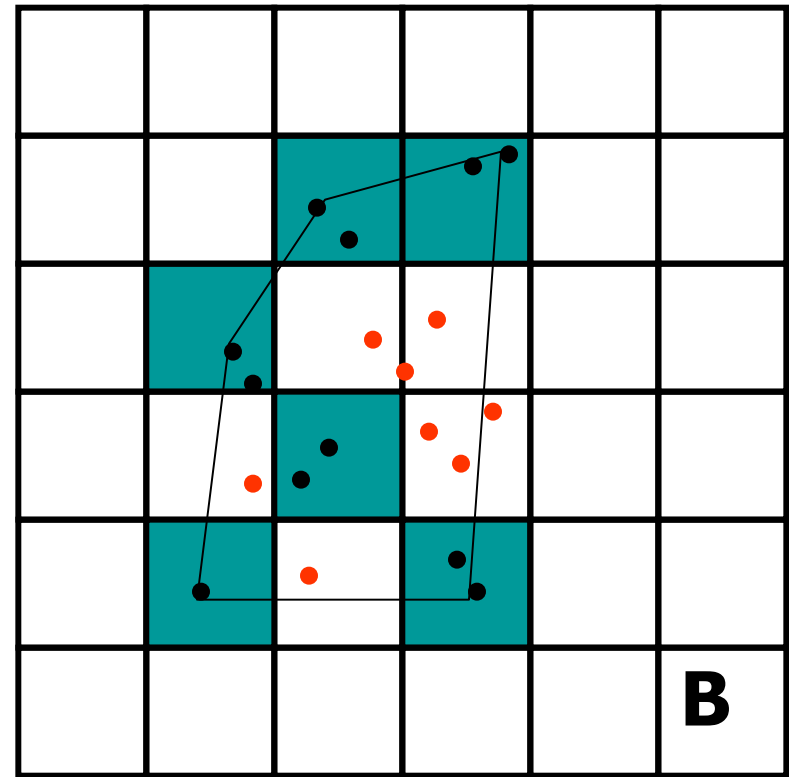
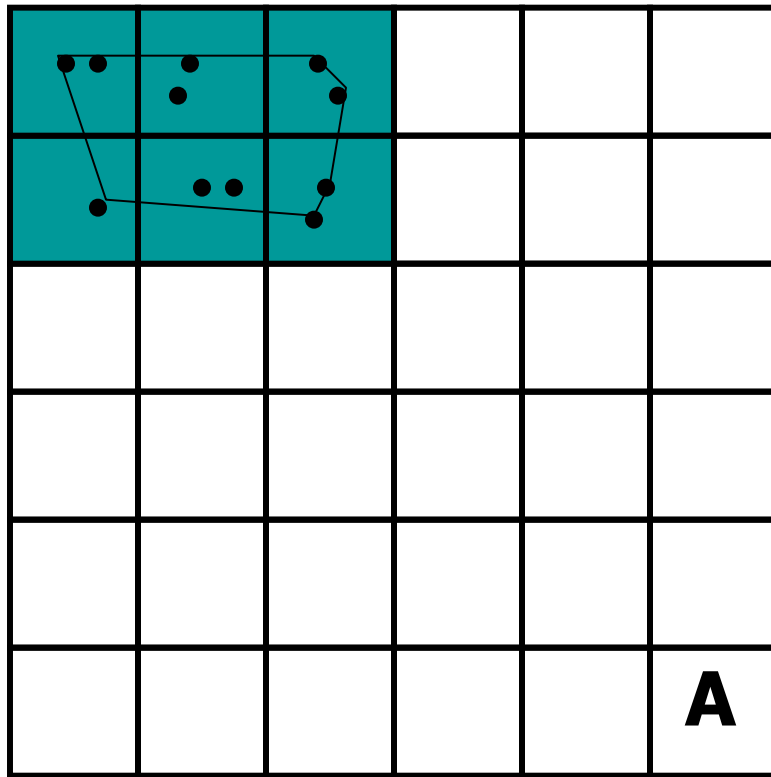
Ampiezza dell'area di occupazione



Queste due specie hanno uguale area di occupazione, ma la distribuzione delle maglie occupate è diversa.

La specie **B** è più "diffusa"
(ed infatti ha un poligono maggiore).

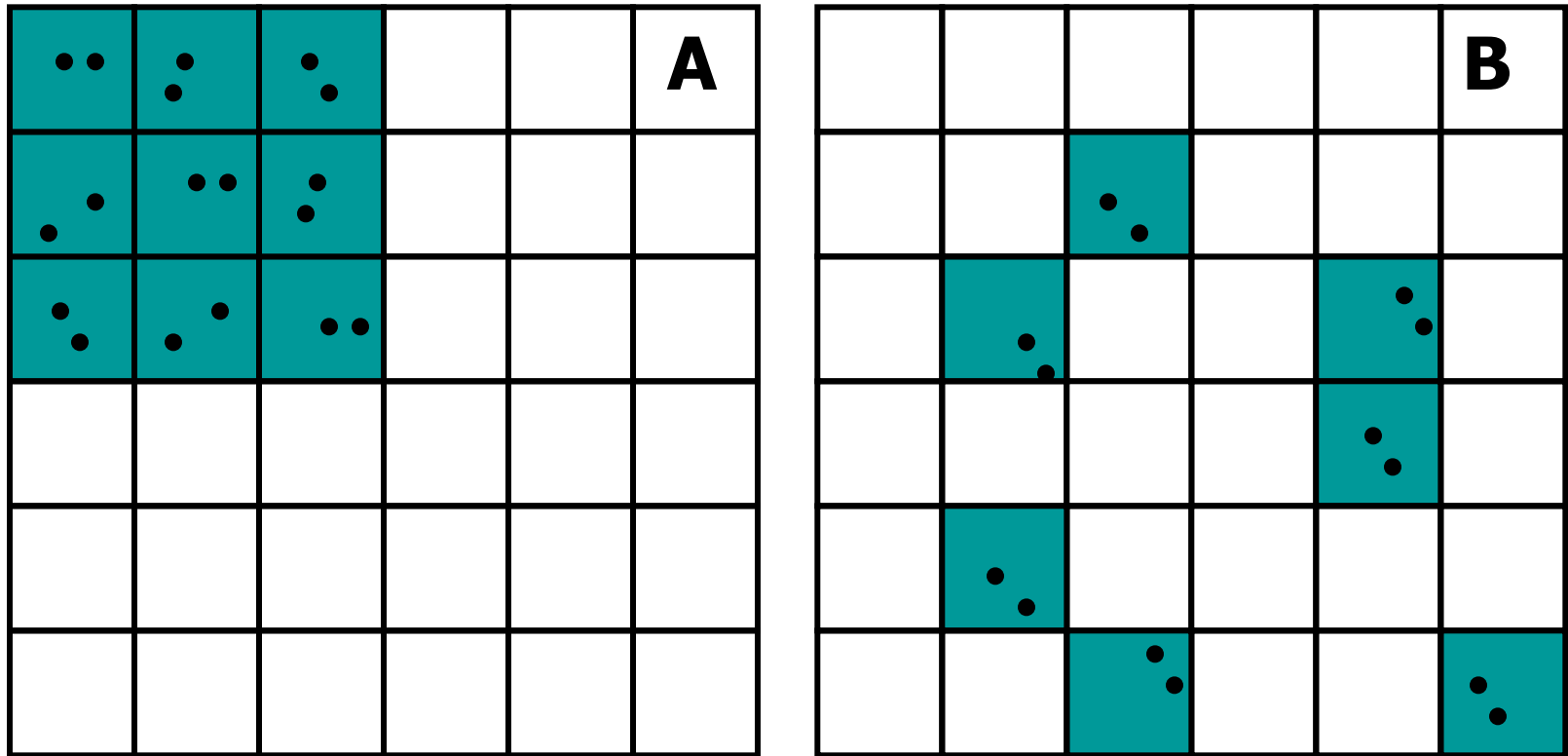
Ampiezza dell'area di occupazione



Questa situazione può suggerire che la specie B sia stata campionata meno accuratamente, ma può anche essere una condizione naturale; es. **B** può essere legata a piccoli biotopi sparpagliati (pozze), mentre **A** ad un unico grande biotopo (lago).

- Siti in cui la specie B è presente ma in cui non è stata campionata

Ampiezza dell'area di occupazione



La specie **B** ha un'area di occupazione persino minore, ma è più "diffusa".

Rarità ecologica

Più difficile risulta misurare **l'ampiezza ecologica** di una specie, ma una appropriata lettura biogeografia del dato di cartellino potrà permettere la costruzione di indici adeguati.

Efficaci misure indirette dell'ampiezza di nicchia possono essere ricavate sovrapponendo la distribuzione delle località a mappe geografiche o ambientali. Una specie avrà infatti una nicchia tanto più ampia quanto più ampiamente sarà diffusa rispetto alla diversità ambientale caratterizzata da una o più di queste mappe.

Esempi:

- *altimetriche*
- *climatiche*
- *bioclimatiche*
- *fitosociologiche*
- *pedologiche*
- *di uso del suolo*
- *del tipo di habitat*

Problemi

- Come tracciare l'areale sulla mappa?
- Considerare solo il numero di tipologie diverse?
- Pesare ciascuna tipologia in cui la specie si trova in base alla porzione (%) occupata (es. n. di stazioni o area di occupazione ricadente in una tipologia)?
- Pesare ciascuna tipologia in base allo spazio da essa occupata nell'area di studio?
- Pesare sia in base all'area che la specie occupa nell'area di studio sia in base all'area occupata dalla specie in una tipologia?

Rarità ecologica

Un'altra possibile misura può essere ricavata dalla fenologia, poiché tanto più estesa è la fenologia di una specie tanto più ampia è la sua capacità di sfruttare condizioni ambientali diverse.

Problemi

- la stessa specie mostra modelli fenologici diversi in aree diverse (analisi locali vs analisi globali)
- la stessa specie mostra modelli fenologici diversi in anni diversi (unificare anni diversi)
- due specie possono avere fenologie della stessa estensione ma con andamenti quantitativi molto diversi (soglia?)
- la diversità delle tecniche di raccolta, di analisi e rappresentazione può influire sulla ricostruzione della fenologia e portare a risultati difformi (es. numero di esemplari/mese; records/mese; stazioni/mese) (considerare archi temporali lunghi e dati abbondanti)

Rarità numerica

Esistono molti modi di misurare la "densità" di una popolazione:

- **dati quantitativi da raccolte standardizzate**

pitfall traps (insetti del suolo)

trappole luminose (lepidotteri notturni)

sfalcio/battitura (insetti floricoli, fitofili)

pescate (insetti acquatici)

setacciatura (insetti della sabbia/lettiera)

osservazioni lungo transetti (lepidotteri diurni)

analisi di diete (da predatori non selettivi)

trappole Malaise e cromatotropiche (ditteri)

trappole aeree (insetti arboricoli)

ecc. ecc.

- dati da marcaggio-ricattura (ortotteri cavernicoli, lepidotteri diurni, coleotteri del suolo)

Questi possono però essere usualmente applicati solo ad aree circoscritte e per archi temporali brevi (campionamenti annuali, o al massimo di qualche anno).

Rarità numerica

Inoltre da questi dati si possono ottenere misure molto diverse, a seconda dell'indice utilizzato:

-Dominanza (% con cui le singole specie sono presenti in una comunità: dominanti, influenti, recedenti)

-Abbondanza

- numero di individui per superficie o volume
- numero medio di individui per campione
- numero di individui per numero di campioni

- Frequenza

- numero di campioni in cui la specie è presente/n. totale di campioni
- % dei campioni in cui una specie è stata trovata
- $f = \sqrt{(n \cdot m)}$ dove n = n. di campioni, m = totale di individui della specie
- $f' = 1 - f$

I campioni possono essere: trappole, volumi, superfici, mesi, ecc.

Rarità numerica

La densità di popolazione potrà essere però misurata indirettamente come contattabilità, cioè come frequenza dei reperti.

Esempi:

numero di esemplari/anno*

records/anno

stazioni/anno

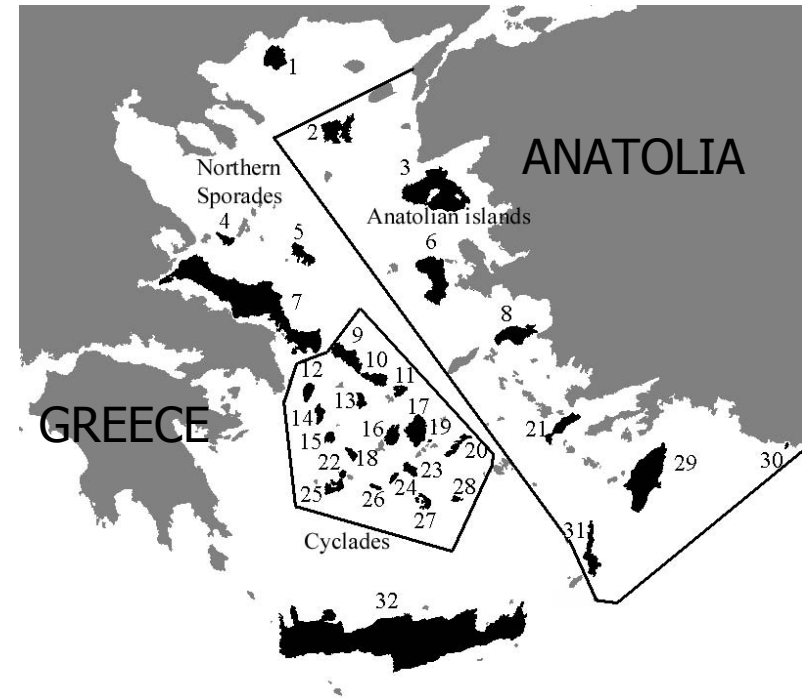
celle occupate/anno

* o altro arco temporale appropriato (esempio prima/dopo una data pivot di particolare significato biologico / conservazionistico)

Le misure di *contattabilità*, soprattutto se riferite ad archi temporali lunghi, danno misure di numerosità della popolazione più realistiche, sebbene più indirette, rispetto a campionamenti quantitativi, maggiormente influenzati da variazioni locali (le abbondanze/densità/frequenze osservate in un sito possono essere molto diverse rispetto a quelle di un sito anche molto prossimo e simile) e temporali (l'abbondanza di una specie può variare notevolmente negli anni).

Il caso dei Tenebrionidi dell'Egeo

Un'applicazione di tali procedure ai Coleotteri Tenebrionidi delle Isole dell'Egeo dimostra la praticità e la validità di misure di rarità geografica, ecologica e di numerosità delle popolazioni basate solo sulle località e date di raccolta (Fattorini, in stampa). Indici di rarità a livello di comunità, derivati da indici di rarità specifica di questo tipo, hanno infine prodotto nel caso dei tenebrionidi egeici risultati suggestivi e di notevole interesse biogeografico e conservazionistico (Fattorini, 2008).



Il caso dei Tenebrionidi dell'Egeo

Rarità geografica: numero di isole occupate/totale delle isole (ψ , Dennis et al. 2000; Fattorini, in stampa). Più una specie è ampiamente distribuita, maggiore è l'indice.

-L'indice non tiene conto di variazioni temporali (può essere un problema importante nel caso di metapopolazioni)

-L'indice non tiene conto della distanza tra isole

-Anche se l'area occupata ad una scala è in genere correlata all'areale completo (Gaston, 1994), l'indice non tiene conto della distribuzione al di fuori dell'area di studio.

-Alcune specie possono trovarsi su isole non considerate ed essere più ampiamente distribuite di quanto appaia

-I *singletones* ricevono lo stesso peso degli endemici *s.str.*

Il caso dei Tenebrionidi dell'Egeo

Rarità ecologica (*Potential habitat exploitation*).

Somma delle aree delle isole occupate/somma delle aree di tutte le isole studiate (ϵ , Fattorini, in stampa). L'area occupata da una specie è correlata alla specializzazione ecologica (cf. Hanski et al. 1993).

-Ma le specie non occupano TUTTA l'area delle isole in cui si trovano. Specie molto specializzate possono trovarsi solo sulle isole più grandi (e ricevere quindi alti ϵ) perché confinate a biotopi che si trovano solo sulle isole maggiori (cfr. Fattorini & Fowles, 2005), di cui quindi occupano una frazione molto piccola della superficie (es. specie associate a alberi di ambienti umidi, *Bolithophagus reticulatus*, *Diaclina fagi* e *Nalassus plebejus*). Le isole egee sono comunque abbastanza omogenee e solo poche specie potrebbero essere legate a biotopi "rari".

Altre classificazioni:

- euritope/stenotope (concorda con ϵ)
- area media occupata (concorda con ϵ)

Il caso dei Tenebrionidi dell'Egeo

Rarità numerica (*Contactability*).

Il tasso di "contatto" è proporzionale alla densità (Strayer, 1999). Dati di collezione dal 1870 al 2000. La contattabilità (δ , Fattorini, in stampa) è stimata come numero di decenni per le quali sono noti reperti sul totale delle decenni di "presente" (una specie è considerata "presente" dal 1870 fino all'ultima decade per al quale esiste almeno un reperto).

-Presuppone uno sforzo di raccolta costante nelle decenni

-Una specie può essere contattata raramente perché:

- Confinata a biotopi campionati raramente (es. specie subcorticole)
- Secretiva (es. specie mirmecofile o fossorie)

Considerare i reperti, non il numero di esemplari

Considerare archi temporali lunghi

Il caso dei Tenebrionidi dell'Egeo

Indice di rarità di Kattan.

Calcolare la mediana di ciascun indice e considerare "rare" rispetto a ciascuna dimensione le specie con i valori più bassi.

Costruire un modello ad otto celle:

1. 'piccolo areale - piccola nicchia ecologica - bassa contattabilità' (specie rare per tutte e tre le dimensioni)
2. 'piccolo areale - piccola nicchia ecologica - alta contattabilità'
3. 'piccolo areale - ampia nicchia ecologica - bassa contattabilità'
4. 'ampio areale - piccola nicchia ecologica - bassa contattabilità'
5. 'piccolo areale - ampia nicchia ecologica - alta contattabilità'
6. 'ampio areale - piccola nicchia ecologica - alta contattabilità'
7. 'ampio areale - ampia nicchia ecologica - bassa contattabilità'
8. 'ampio areale - ampia nicchia ecologica - alta contattabilità' (specie comuni per tutte e tre le dimensioni)

Le specie con areale ristretto sono più vulnerabili a livello globale, e specie con valenza ecologica ristretta sono più indipendentemente dalla loro abbondanza.

Il caso dei Tenebrionidi dell'Egeo

La rarità geografica, la rarità ecologica e l'indice di Kattan sono correlati positivamente con il numero di decenni precedenti la decade di estinzione.
La rarità influisce realmente sulla sopravvivenza.

La relazione inversa tra contattabilità e decenni di presenza può essere dovuta al gran numero di specie raccolte in anni recenti ma che si assume siano state sempre presenti.

Il caso dei Tenebrionidi dell'Egeo

Distribuzione geografica e *potential habitat exploitation* potrebbero essere interrelati solo perché le specie che si trovano su più isole risultano automaticamente occupare aree maggiori. Non è il caso del sistema studiato, dove ci sono specie distribuite su molte isole piccole (con larghi ψ e piccoli ε , come *Dailogantha hellenica*, *D. quadricollis obtusangula*, *Eutagenia smyrnensis*) e specie distribuite su poche grandi isole (con piccoli ψ e ampi ε , come *Blaps cretensis*, *B. oertzeni*, *Cossyphus tauricus*, *Cylindronotus cretensis*).

D. quadricollis



Il caso dei Tenebrionidi dell'Egeo

Le due misure potrebbero essere intrinsecamente collegate alla contattabilità, se l'area occupata da ciascuna specie determina la contattabilità (p. es., una specie distribuita su più isole potrebbe essere contattata più facilmente). Tuttavia, alcune specie possono essere distribuite su una o poche isole, ma essere abbondanti e, quindi, venir contattate molto facilmente (es. *Asida fairmairei*, *Dendarus foraminosus*, *Pimelia minos*, *Probaticus euboeicus*, *Tentyria grossa grossa*), mentre altre potrebbero essere distribuite su parecchie isole ma essere ovunque raramente contattate (e.g. *Akis elongata*, *Idastrandiella allardi*, *Nalassus plebejus*, *Probaticus tenebricosus*).

Il caso dei Tenebrionidi dell'Egeo

Da questi indici si possono derivare analoghi a livello di comunità:

- Rarità geografica (Ψ , Dennis *et al.* 2000).

$$\Psi = 1 - [(\sum_{i=1,j} \psi_i) / S_j]$$

dove $\psi_i = n_i / N$, per $i \dots j$ specie, S_j , e $n \leq N$ isole

- Rarità ecologica

$$E = 1 - [(\sum_{i=1,j} \varepsilon_i) / S_j]$$

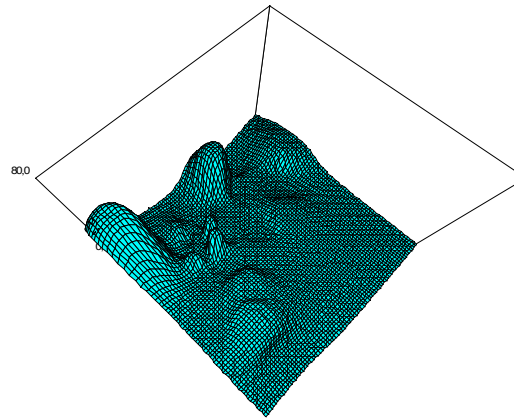
- Rarità di popolazione

$$\Delta = 1 - [(\sum_{i=1,j} \delta_i) / S_j]$$

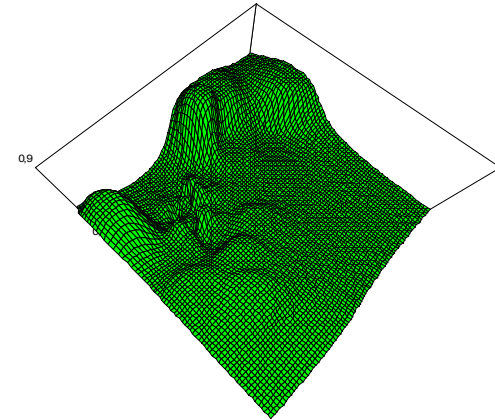
Il caso dei Tenebrionidi dell'Egeo

La loro rappresentazione rispetto alle coordinate geografiche mostra diversi modelli di variazione (Fattorini, 2008). La ricchezza di specie diminuisce al centro dell'arcipelago, mostrando i valori maggiori nelle isole periferiche, che sono in genere quelle più grandi (effetto area-specie; Fattorini, 2007c, 2007d) e che hanno mantenuto più a lungo i contatti con le masse continentali (Fattorini, 2002a). La rarità geografica incrementa anch'essa dal centro alla periferia. La rarità ecologica e la rarità di popolazione presentano i valori maggiori nelle isole centrali più isolate, mentre i valori minori si registrano nelle isole collocate vicino alla costa anatolica, così come in quelle che formano gruppi di isole strettamente aggregate. La vulnerabilità (cioè l'inverso dell'indice di Kattan) diminuisce nelle isole remote, che sono di norma anche le più piccole.

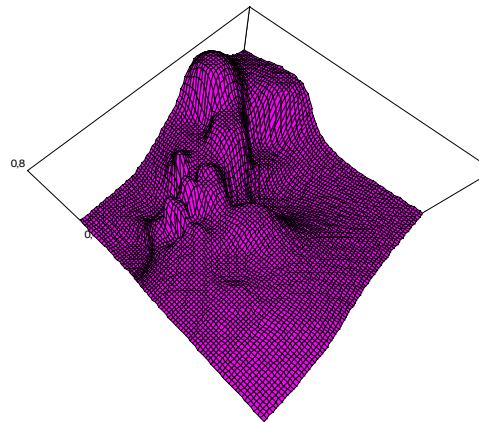
Richness



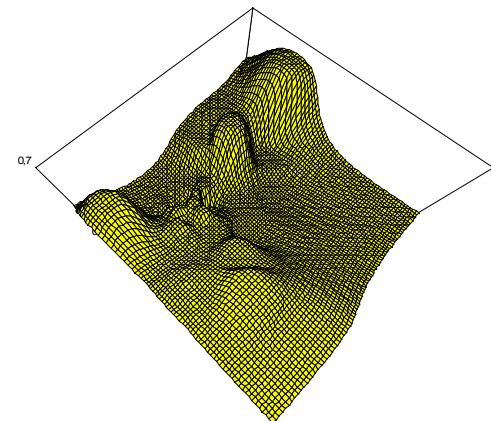
Psi



Epsilon



Delta



Il caso dei Tenebrionidi dell'Egeo

Tali risultati sono interpretati alla luce del carattere relittuale dei tenebrionidi dell'Egeo (Fattorini 2002a, 2002b, 2005, 2006b, 2006e). La maggior parte delle isole remote sono state connesse l'un l'altra e/o con i continenti vicini durante le regressioni pleistoceniche. I gruppi insulari pleistocenici possono essere considerati come grandi isole, che, con il ripristinarsi del livello marino, si sono frammentate in piccole isole, che hanno potuto conservare solo una frazione della fauna pleistocenica (*relaxation after saturation*). Al contrario, le isole che erano connesse al continente sono state meno colpite da questo fenomeno ed hanno potuto conservare faune più armoniche (Fattorini, 2006b, 2006e, 2007b). Le isole vicino la costa anatolica hanno potuto mantenere faune più "casuali" (Fattorini, 2007b), dominate da specie euritope, e che hanno anche areali più ampi e popolazioni più numerose.

Il caso dei Tenebrionidi dell'Egeo

Al contrario, le piccole isole remote sono state più fortemente affette da processi di isolamento ed estinzione, mantenendo o evolvendo specie ecologicamente specializzate e con piccole popolazioni. Ciò è confermato dal fatto che le specie o sottospecie endemiche di queste piccole isole appartengono a gruppi ampiamente distribuiti nell'arcipelago (es. *Dendarus*, *Stenosis*, *Colpotus* etc.). Possiamo immaginare che durante le regressioni pleistoceniche i loro antenati fossero ampiamente distribuiti nelle isole come specie comuni. Tali antenati sono stati capaci di sopravvivere alla "relaxation", ma, a causa dell'isolamento, hanno dato luogo alla formazione di popolazioni allopatriche evolutesi nei taxa oggi endemici delle singole isole remote (Fattorini, 2006d, 2006e, 2007a).

Nel complesso, i tenebrionidi egeici costituiscono una fauna minacciata ad alta rarità sotto diversi profili ed alcune isole appaiono particolarmente ricche di specie rare, risultando pertanto di notevole interesse conservazionistico per questo come per numerosi altri gruppi animali (Fattorini, 2006a, 2006e).

Bibliografia

- Arita, H., Figueroa, F., Frisch, A. Rodríguez, P. & Santos-del-Prado, K. 1997. Geographical range size and the conservation of Mexican mammals. *Conservation Biology*, 11, 92-100.
- Dennis, R.L.H., T.G. Shreeve, A. Olivier & J.G. Coutsis. 2000. Contemporary geography dominates butterfly diversity gradients within the Aegean archipelago (Lepidoptera: Papilionoidea, Hesperoidea). *J. Biogeogr.*, 27: 1365-1383.
- Dobson, F.S. & J. Yu. 1993. Rarity in Neotropical forest mammals revised. *Conserv. Biol.*, 7: 586-591.
- Fattorini, S. 2002a. Biogeography of the tenebrionid beetles (Coleoptera, Tenebrionidae) on the Aegean Islands (Greece). *J. Biogeogr.*, 29: 49-67.
- Fattorini, S. 2002a. A comparison of relict versus dynamic models for tenebrionid beetles of Aegean Islands (Greece) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Belgian J. Zool.*, 132: 55-64.
- Fattorini, S. 2005. A simple method to fit geometric series and broken stick models in community ecology and island biogeography. *Acta Oecol.*, 28: 199-205.
- Fattorini, S. 2006a. A new method to identify important conservation areas applied to the butterflies of the Aegean Islands (Greece). *Animal Conserv.*, 9: 75-83.

Bibliografia

- Fattorini, S. 2006b. Spatial patterns of diversity in the tenebrionid beetles (Coleoptera Tenebrionidae) of the Aegean Islands (Greece). *Evol. Ecol. Res.*, 8: 237-263.
- Fattorini, S. 2006c. Detecting biodiversity hotspots by species-area relationships: a case study of Mediterranean beetles. *Conserv. Biol.*, 20: 1169-1180.
- Fattorini, S. 2006d. Biogeography and conservation of endemic tenebrionid beetles (Coleoptera Tenebrionidae) on East Mediterranean islands. *Vie Milieu*, 56: 231-241.
- Fattorini, S. 2006e. Testing the latitudinal gradient: a narrow scale analysis of tenebrionid richness (Coleoptera, Tenebrionidae) in the Aegean archipelago (Greece). *Ital. J. Zool.*, 73 (3): 203-211.
- Fattorini, S. 2007 a. Levels of endemism are not necessarily biased by the co-presence of species with different range sizes: a case study of Vilenkin & Chikatunov's models. *J. Biogeogr.* 34:994-1007
- Fattorini, S. 2007b. Non-randomness in the species-area relationship: testing the underlying mechanisms. *Oikos*, 116:678-689.
- Fattorini, S. 2007c. To fit or not to fit? A poorly fitting procedure produces inconsistent results when the species-area relationship is used to locate hotspots. *Biodiv. Conserv.* 16: 2531-2538
- Fattorini, S. 2007d. Are planar areas adequate for the species-area relationship? *Ital. J. Zool.* 74: 259-264

Bibliografia

- Fattorini, S. 2008. How island geography and shape may influence species rarity and biodiversity loss in a relict fauna: a case study of Mediterranean beetles. *The Open Conservation Biology Journal*, 2: 11-20.
- Fattorini, S. in press. A multidimensional characterization of rarity applied to the Aegean tenebrionid beetles (Coleoptera Tenebrionidae). *Journal of Insect Conservation*.
- Fattorini, S. & A. Fowles. 2006. A biogeographical analysis of the tenebrionid beetles (Coleoptera, Tenebrionidae) of the island of Thasos in the context of the Aegean Islands (Greece). *J. Nat. Hist.*, 39 (46), 3919–3949.
- Gaston, K.J. 1994. *Rarity*. Chapman and Hall, Great Britain, London
- Hanski I., Kouki J. and Halkka A. 1993. Three explanations of the positive relationship between distribution and abundance of species. In: Ricklefs R. E. and Schluter D. (eds), *Species diversity in ecological communities. Historical and geographical perspectives*. Chicago: The University of Chicago Press, pp. 108-116.
- Kattan, G. 1992. Rarity and vulnerability: the birds of the Cordillera Central of Colombia. *Conserv. Biol.*, 6: 64-70.

Bibliografia

- Manne, L. L. & S. L. Pimm. 2001. Beyond eight forms of rarity: which species are threatened and which will be next? *Anim. Conserv.*, 4: 221-229.
- Rabinowitz, D.S. 1981. Seven forms of rarity, pp. 205-217. In: H. Synge (ed.). *The Biological aspects of rare plant conservation*. Wiley, Chichester, England.
- Rabinowitz, D., S. Cairns & T. Dillon. 1986. Seven forms of rarity and their frequency in the flora of the British Isles, pp. 182-204, In: M.E. Soulé (ed.) *Conservation Biology: the science of scarcity and diversity*. Sinauer Associates, Sunderland, MA.
- Strayer, D.L. 1999. Statistical power of presence-absence data to detect population declines. *Conserv. Biol.*, 13: 1034-1038.