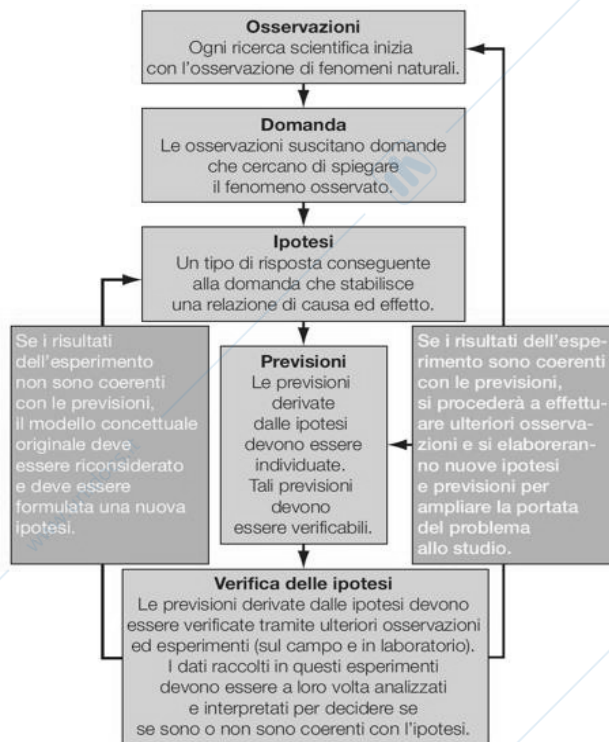


## DEMOECOLOGIA

### - INTRODUZIONE



**Figura 1.4** Una semplice rappresentazione del metodo scientifico.

### METODO SCIENTIFICO

Ricerca scientifica → risposta a delle domande che ci portano a formulare ipotesi.

Verificare ipotesi vuole dire effettuare esperimenti (non necessariamente in laboratorio).

I risultati di una ricerca devono essere resi pubblici.

OSSERVAZIONI da cui nascono delle DOMANDE per poi formulare delle IPOTESI di lavoro.

Dalle IPOTESI nascono le PREVISIONI.

Dopodichè si effettuano esperimenti e si verifica che i risultati siano in linea con le previsioni fatte e derivate dalle ipotesi.

Ogni risultato i permette di iniziare un nuova analisi.

### DIFFERENZA TRA ARTICOLI SCIENTIFICI E DIVULGAZIONE SCIENTIFICA.

Gli articoli di divulgazione scientifica hanno una

struttura più discorsiva e hanno un target più generale e ampio e non specializzato.

ARTICOLI SCIENTIFICI → soggetti a “PEER REVIEW”, revisione tra PARI. Cioè sono validati da altri ricercatori specializzati del settore. Quindi l'articolo è pubblicato solo e soltanto se è considerato valido.

Sono in inglese.

Hanno un IMPACT FACTOR (IF) un indice specifico di ogni rivista. Indice della qualità e importanza della ricerca, si basa sul numero di citazioni dei due anni precedenti all'anno di pubblicazione.

Articoli scientifici sono il modo in cui il processo scientifico diventa di dominio pubblico. Servono a formare i giovani ricercatori, ma sono anche utili per quantificare la produzione scientifica di ricercatori e istituzioni.

ANVUR → Corpo del ministero che valuta la produzione scientifica delle università in Italia in base al numero di articoli scientifici indicizzati in un catalogo riferito a a pubblicazioni PEER REVIEW (ISI)

Numero di citazioni. (es. H-index → numero di pubblicazioni citate almeno h volte, che quantifica sia la quantità (n° di pubblicazioni) che la qualità (n° di citazioni) della produzione scientifica)

Motori di ricerca liberi per riviste e autori:

- Google Scholar: <https://scholar.google.it/>
- ResearchGate: <https://www.researchgate.net>

Motori di ricerca accessibili tramite risorse on-line dell'Università o altri network:

Scopus: [www.scopus.com](http://www.scopus.com)  
 Web of Science: [www.webofknowledge.com](http://www.webofknowledge.com)  
 Journal Citation Reports (metriche riviste incl. Impact Factor):  
<https://jcr.incites.thomsonreuters.com/JCRJournalHomeAction.action>

## STRUTTURA ARTICOLO SCIENTIFICO

- IMRD → Introduzione, metodi, risultati e conclusioni + lista delle referenze ( le citazioni degli articoli utilizzati.)
- IRDM / IRD+SM → in riviste più generali, lavori più corti e audience vasta. INTRODUZIONE, RISULTATO E DISCUSSIONE, tutti i metodi e materiali aggiuntivi ( es, grafici) si trovano in fondo all'articolo.
- M & R → grafici, figure e tabelle.
- FORMATTAZIONE → TIMES NEW ROMAN 12, SPAZI DOPPI, MARGINE 2.5 cm, NUMERI DI LINEA.
- REFERENZE → in fondo agli articoli e gestibile a software dedicato ( Mendeley, Zotero).

## COSA FA DI UNA RELAZIONE UN ARTICOLO PUBBLICABILE

- INTRO → Tema ben identificato, deve presentare un qualcosa di originale.

## AREA DI STUDIO IN TANZANIA

Tanzania → area centro sud. Montagne con foresta pluviale importante per biodiversità, regione ARCO ORIENTALE della Tanzania ( fa parte di uno 36 hotspot di biodiversità al mondo). PARTICOLARITA' MONTI UDZUNGWA → alta densità di vertebrati endemici (specie localizzate solo lì) , diverse aree protette. Interessante per studi ecologici.

## ASPETTI FONDAMENTALI IN UNA POPOLAZIONE:

ECOLOGIA → analisi scientifica della interazione tra organismi e il loro ambiente. Nell'ambito dell'ecologia vi è un campo molto importante che studia le variazioni nell'abbondanza e distribuzione delle specie o popolazioni.

POPOLAZIONE → gruppo di organismi della stessa specie che occupano un definito spazio in un definito tempo.

AUTOECOLOGIA → ecologia dell'individuo.

SINECOLOGIA → studio della comunità.

DEMOECOLOGIA → approccio di dinamica della popolazione. Sintesi tra sinecologia e autoecologia. Stima statistica di abbondanza, grossa base matematica. STUDIO RECENTE.

## PROPRIETÀ POPOLAZIONI:

- Individui condividono stesse condizioni ambientali
- Individui condividono stesse risorse
- Individui interagiscono tra loro : competizione, predazione, mutualismo etc...

Le popolazioni sono UNITÀ EVOLUTIVE ( individui che divergono da popolazione possono essere soggette a evoluzione dare vita a specie diverse)

Le popolazioni sono anche UNITÀ DI CONSERVAZIONE:

es: ORSO BRUNO

A livello globale ha una distribuzione.

IUCN (Unione Internazionale per la Conservazione della Natura) → classifica specie in base lo stato conservazione di una specie e quindi il rischio di conservazione.

**LC = Least Concern    VU=Vulnerable    EN=Endangered    CR=Critically Endangered**

Conservazione Orso Bruno

Globale → LC (Least Concern = Non Minacciato)

Europa → LC (Least Concern = Non Minacciato)

Mediterraneo → VU (Vulnerable = Minacciato-Vulnerabile)

Italia → CR (Critically Endangered = Pericolo Critico) Solo presente con 2 sottospecie (es. Orso Bruno marsicano = Appennino (ridotta 50 individui ca.) e quella appenninica).

In alcune zone del mediterraneo (es. Maghreb si è estinto)

**OBIETTIVI DEMOECOLOGIA:**

- STATO → distribuzione, abbondanza, densità..
- STRUTTURA → demografia: classi di età e sesso
- Variazioni nello spazio e nel tempo → DINAMICA DI POPOLAZIONE
- Fattori di cambiamento (ambientali, antropogenici, interazioni biotiche etc..)
- Predirne andamenti e cambiamenti futuri.

**APPLICAZIONI DELLA DEMOECOLOGIA**

Determinare e predirre gli effetti dei cambiamenti antropogenici sulla persistenza delle popolazioni.

Ciò ci permette di proporre e valutare misure di conservazione/prevenzione per evitrne l'estinzione.

- Effetti di prelievo di popolazione (es. pesca, caccia, taglio alberi) e formulare delle strategia sostenibili di prelievo
- Effetti di cambiamenti di habitat
- Impstare piani di protezione e gestione
- Valuatre efficacia di aree protette (es parchi e paesaggi)

Demoeologia ha forte rilevanza e è alla base della disciplina della biologia di conservazione.

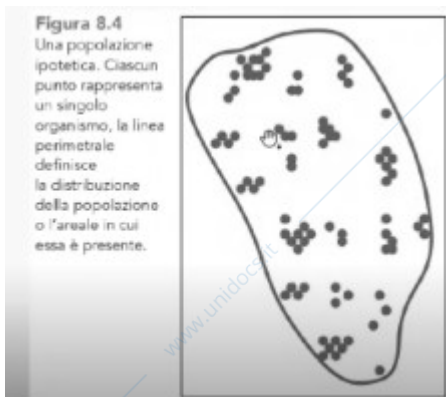
**BIOLOGIA DI CONSERVAZIONE** → disciplina recente, si occupa di valuatre e prevenire l'estinzione di specie e preservazre la biodiversità.

**VARIABILI DI STATO DELLE POPOLAZIONI**

Variabili di stato → metrica di presenza o consistenza delle popolazioni, che informa sullo stato di una popolazione e che rimisurandola permette di valutare variazioni nel tempo e nello spazio.

### 1. DISTRIBUZIONE

Confine spaziale all'interno del quale risiedono tutti individui di una popolazione.



Se si determina distribuzione di tutte le popolazioni di una specie si parla di **AREALE** o **RANGE GEOGRAFICO** della specie.

es. LUPO

Caso 1 → areale di ditribuzione in tutta europa

Caso 2 → areale di distribuzione nelle Alpi. Immagine, Alpi sono state divise in quadranti, ROSSO (area campionata) e sovrapposti a quadranti rossi vi sono informazioni puntuali sul branco (verde) o coppia o singoli individui (giallo) etc.

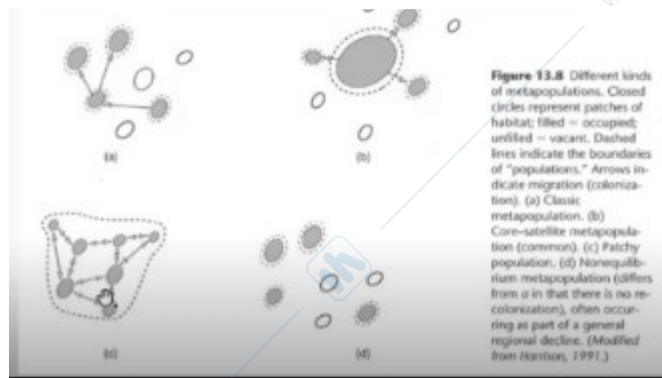
Accezione importante della distribuzione → SPECIE ENDEMICHE. Es. Rospo Kihansy Spray Toad ( estintoda 10 anni) è specie iper-endemica, costituita da una sola popolazione e areale molto ristretto. Quando scoperto era il vertebrato con l'areale più piccola al mondo. Scoperta durante lo studio di valutazione di impatto ambientale per costruzione di una diga nella zona meridionale dei monti Udzungwa, è stato visto nella zona di "SPRAY" cioè "spruzzi" della cascata viveva una singola popolazione di rospo molto piccolo ( grandezza di un'unghia). Con la costruzione della diga si è verificato un drastico crollo delle popolazioni di questo particolare rospo. Non vi è stato piano di ripristino per habitat.

ATLANTE DI DISTRIBUZIONE → Quando individuiamo un areale di popolazione o intera specie in celle dove viene registrata la presenza o assenza di individui tramite rilevamenti sul campo.

Distribuzione è molto connessa alla scala spaziale ( globale, locale, regionale etc) che andiamo ad analizzare.

META-POPOLAZIONI → insieme di popolazioni locali ( area o regione definita, non intero areale) connesse tramite movimenti di individui. Tale dinamica ( source-sink) è rilevante per lo studio della struttura e dinamica delle singole popolazioni.

Ci sono diversi tipi di META-POPOLAZIONI :



- 1 CLASSICA → movimento tra patch mentre altri non sono occupati. Movimenti unidirezionali
- 2 CORE(in inglese) → una popolazione più grande e popolazioni satelliti più piccole
- 3 PATCHY → tutti i frammenti di habitat sono occupati e vi è scambio bidirezionale tra tutti

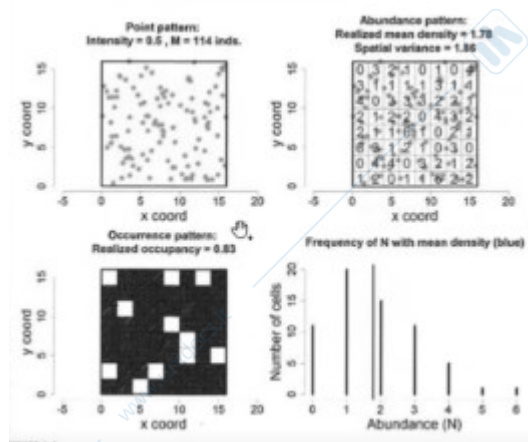
questi habitat. Quasi singola popolazione divisa in habitat discreti.

- 4 NON EQUILIBRIO → non vi è scambio tra popolazioni.

## 2. ABBONDANZA

Numero di individui che formano una popolazione in una determinata area in un determinato periodo di tempo.

Distribuzione e abbondanza entrambi espressione di uno stesso fenomeno stocastico , ovvero un fenomeno casuale chiamato PATTERN A PUNTI. Partiamo da una situazione in cui individui sono campionati in area quadrata con dimensione spaziale con coordinate



longitudinale e latitudinali, con punti distribuiti in maniera random. Da questa distribuzione a punti possiamo derivare sia di occorrenza che abbondanza con stesso processo.

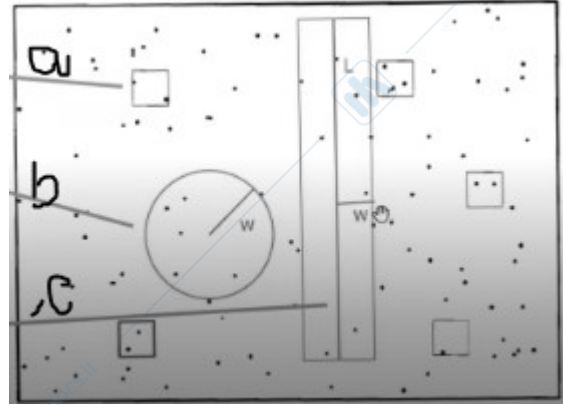
- 1 Come per atlanti dividiamo area in quadrati , e contiamo individui all'interno di questi quadrati. Possiamo avere abbondanza totale se sommiamo tutti i valori.
- 2 Se invece di contare gli individui, noi semplicemente classifichiamo celle con e senza individui. PATTERN DI OCCORRENZA ( di distribuzione)

- 3 Un grafico di distribuzione di valori di abbondanza precedenti, che ha andamento tipico detto DISTRUZIONE DI POISSON. Distribuzione che viene fuori è distribuzione limite.

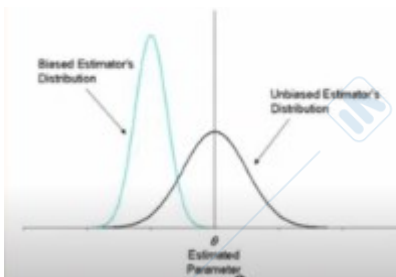
Come si studia abbondanza → Censimento è difficile. Non è facile contare tutti gli individui. Perciò si CAMPIONA. Si prendono aree campione, considerarle rappresentative dell'insieme e usare queste aree per STIMARE l'abbondanza nell'area.

Tipi di CAMPIONAMENTO :

- 4 PLOT QUADRATI → si utilizzano vari quadrati, e sono utili in caso di individui sessili o piante. Area abbastanza confinata.
- 5 PUNTI DI RILEVAZIONE → definire raggio di ipotetico cerchio, uccelli, mammiferi tramite foto-trappole.
- 6 TRANSETTI LINEARI → Linee che possono essere rotte o sentieri o strada di prateria ad esempio.



Il campionamento va considerato come procedimento stocastico, perchè si cerca di ottenere dati sulla variabilità della natura (es. abbondanza) che riteniamo rappresentativi di una variabile di stato che in realtà non conosciamo. Più aree si campionano, più campioni abbiamo e più dati otteniamo, più i valori saranno rappresentativi del processo che vogliamo conoscere. Ovvero otterremo una inferenza migliore, che quindi dipende dalla variabilità e precisione del campione stesso.



In questo grafico abbiamo rappresentazione di curva gaussiana che è centrata su punto TETA che è chiamato PARAMETRO STIMATO, che assumiamo essere valore di abbondanza. E' una stima di abbondanza e rappresenta la più alta probabilità che i valori trovati siano rappresentativi della realtà. Quella centrata rappresenta una stima giusta, mentre quella laterale è

una stima sbagliata perchè non centrata sul parametro, che però è una stima più precisa (è più stretta infatti) rispetto alla precedente centrata.

Conseguenza → il campionamento è fondamentale che sia robusto. Deve essere perciò il più possibile preciso.

Il nostro raccogliere dati è accumulare realizzazioni empiriche di valori che in realtà non conosciamo.

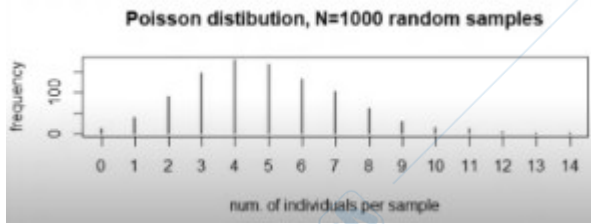
Campionando implicitamente ci facciamo una domanda → dato un valore osservato di "c" (la variabile campionata- conteggi di lepri in numero "i" di siti) quale è la distribuzione da cui questo valore deriva (= VERO numero di lepri C per campione  $C=n^\circ$  reale)?

Possiamo utilizzare la DISTRIBUZIONE DI POISSON :  $C \sim \text{Poisson}(\lambda_i)$

Ciò che significa? Significa che serie di conteggi positivi avranno un max intorno al valore reale e poi diminuiscono, C è approssimazione di distribuzione di Poisson determinato da un parametro  $\lambda_i$  = conteggio di singolo campione.

C è una variabile RANDOM (di cui campioniamo i valori c) che assumiamo avere una distribuzione di Poisson con parametro  $\lambda_i$  (numero atteso) che la determina e che dobbiamo stimare per conoscere il conteggio C.

Possiamo fare delle simulazioni per vedere come funziona campionamento.



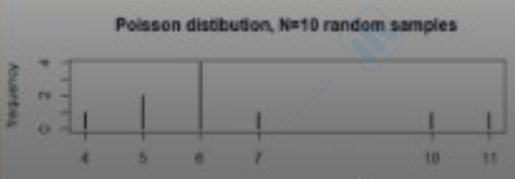
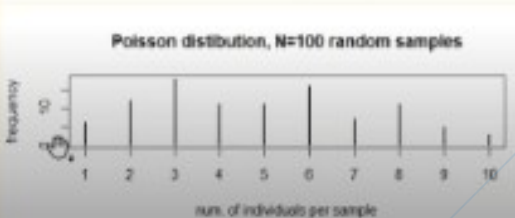
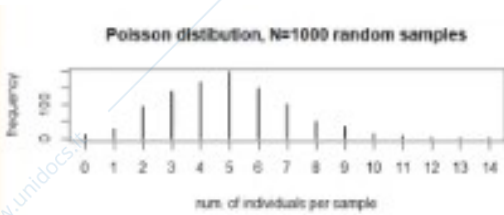
Assumiamo che la distribuzione sia quella di Poisson, e con un programma apposito possiamo dire che se io campiono mille volte in cui io setto arbitrariamente il mio  $\lambda_i = 5$ .

Otengo una tipica andatura di Poisson.

Nella realtà si campiona per trovare  $\lambda_i$ .

Ora vediamo cosa succede a diminuire i campionamenti.

Più diminuisce il numero di campioni, più la distribuzione è blanda e variabile.



Ciò significa che i dati di campionamento non sono precisi.

Ciò è un rabadrie che il campionamento per essere accettabile deve essere robusto e costituito da molte repliche.

**PRINCIPI DEL CAMPIONAMENTO:**

Un campione robusto necessita di :

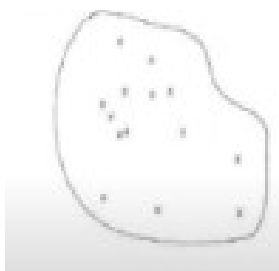
- 1 **RANDOMIZZAZIONE** → ovvero campioni rappresentativo della variabilità all'interno dell'area. Non posso andare a amettere campione i aree prescelte o tutte in area senza considerare l'intera variabilità. Ad esempio se vado a studiare la distribuzione delle lepri non posso andare a scegliere zone campione solo laddove so che passeranno le lepri etc.
- 2 **REPLICAZIONE** → non possono campionare pochi campionamenti. Minomo

20 spesso circa 50.

**DISEGNO DI CAMPIONAMENTO:**

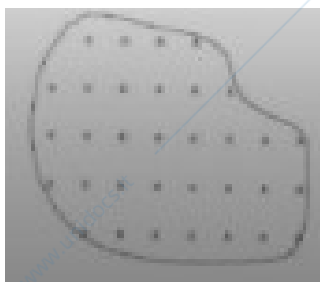
Ovvero come vado ad distribuire i campioni all'interno dell'area di studio.

1



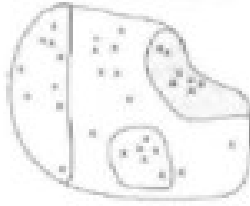
**RANDOM** → campioni distribuiti a caso. Assumo di poter cattura tutta variabilità dell'area.

2



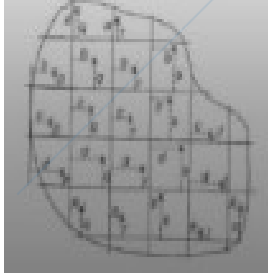
**SISTEMATICO** → stabilisco griglia regolare con determinato intervallo tra i vari punti. Così sono sicuro di ricoprire tutta l'area. **UNIFORME**

3



**RANDOM STRATIFICATO ( o opportunistico) →** caso in cui abbiamo più habitat diversi e sappiamo che una specie è più comune in un habitat rispetto più che ad un altro. Distribuisco perciò i campioni in modo proporzionato in base alle mie conoscenze.

4

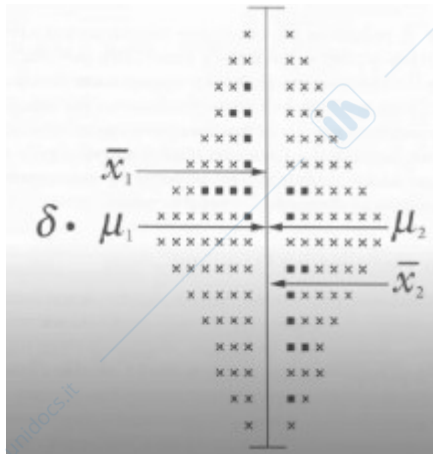


**SISTEMATICO STRATIFICATO →** All'interno degli habitat vado a disporre i campioni in maniera sistematica.

Non sbagliamoci con campioni oppostunistici → basato su conoscenze a priori. Non proporzionale, non robusto. **CAMPIONE ERRATO.**

Adesso vediamo due rischi associati con un campionamento errato.

**5 ILLUSIONE DELLE DIFFERENZE**



Schema in cui sono presenti delle crocette ( valori reali di distribuzione) e quadrati ( valori campionati) Stiamo osservando due distribuzioni. Le distribuzioni reali medie sono identiche, le quali sono rappresentate con  $\mu_1$  e  $\mu_2$ .

Per motivi casuali campioniamo i valori in modo che

CAMP 1 ha una media  $X_1$  e CAMP2 ha media  $X_2$ .

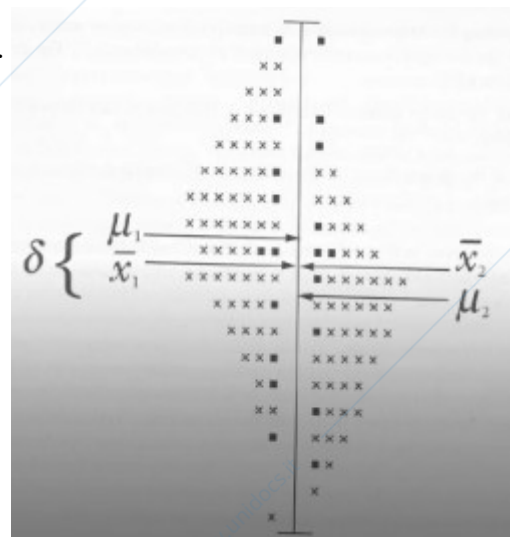
Se ci atteniamo a questi valori, troveremo delle medie diverse e quindi conclusioni errate sulla reale differenza dei campioni.

Le distribuzioni dei valori reali sono uguali ma i campioni sono diversi.

**6 ILLUSIONE DELLE SOMIGLIANZE.**

In questo caso invece abbiamo la situazione inversa.

$\mu_1$  e  $\mu_2$  non sono in convergenti, ma a noi risultano  $X_1$  e  $X_2$  che coincidono.



La procedura di campionamento implica perciò due assunti fondamentali:

- 1 CAMPIONI DEVONO ESSERE ROBUSTI.
- 2 TUTTI GLI INDIVIDUI NEI CAMPIONI DEVONO ESSERE CONTATI.

Ciò è realistico solo se si parla di organismi sessili, ma normalmente non si riesce a contare tutti gli individui all'interno del campione. In caso di organismi mobili fare ciò non è possibile, non riflette reale abbondanze è una sottostima.

Introduciamo perciò un concetto fondamentale che è quello della RILEVABILITÀ ( $p$ )

$$N \sim c/p$$

dove  $c$  = conteggi

$p$  = probabilità di rilevamento (0-1)

$N$  = processo di stato

In teoria qualsiasi variabile di stato dovrebbe tener conto di  $p$ .

In pratica per stimare l'abbondanza consideriamo due processi:

- PROCESSO DI STATO ( $N$ )
- PROCESSO DI OSSERVAZIONE ( $p$ )

Il processo è condizionale al processo di stato. Il modo e la quantità di individui contati dipendono da quanti in realtà ce ne sono.

### PROCESSO DI OSSERVAZIONE

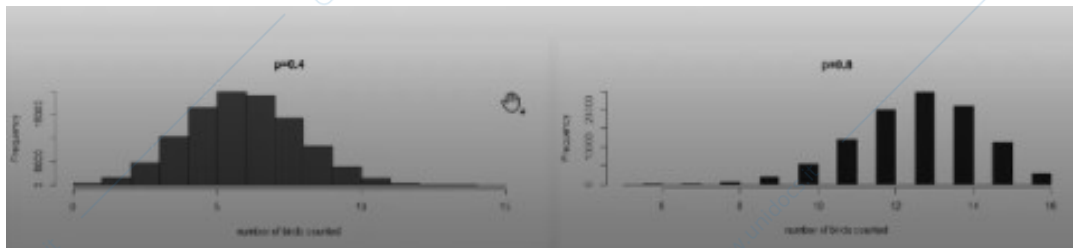
$p = 1 \rightarrow$  Molto raro. Significa che avete contato tutti gli individui.

Molto spesso  $p < 1$ .

Es. Conto 20 animali ma sono che ne vedo mediamente solo il 50%, il mio  $N$  stimato è pertanto  $20/0,5 = 40$ .

RILEVABILITÀ è un processo stocastico, che ha che vedere con modalità con cui contattiamo individui popolazione.

ES.



Poniamo che voglia contare uccelli in un gabbia da una finestra di osservazione.

Faccio diversi censimenti. So che ho  $N=16$  individui in gabbia.

Faccio censimento, ma già so che non riuscirò ad ogni conteggio a contare tutti e 16 gli individui. Problemi di rilevabilità.

In tabella abbiamo rappresentati 2 casi limite.

Assumiamo che i conteggi abbiano una distribuzione statistica detta "BINOMIALE", ovvero sotto due "p"  $p=0,4$  e  $p=0,8$ .  $\rightarrow$  sta a significare che mediamente vedo il 40%/80% degli individui.

Vengono fatti 10000 censimenti. Trovo due diverse  $N$ .

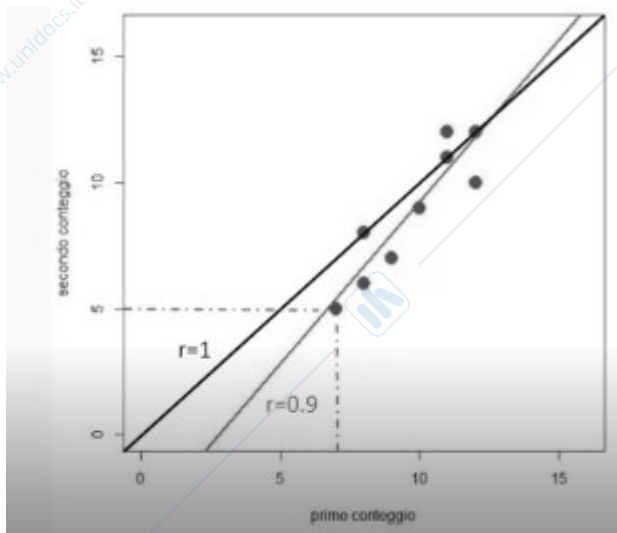
### COME SI STIMA "p" :

e' necessario stimare  $p$  per correggere i conteggi e ottenere una stima di  $N$  corretta.

Essendo un evento stocastico, è soggetto a stima.

Stima di  $p$  implica avere info da più conteggi ( REPLICAZIONE), un approccio semplice è quello di condurne 2 in sequenza e analizzarne le differenze tra coppie di conteggi.

La relazione bivariata tra conteggi  $x$  e  $y$  determina un fattore  $p$  di correzione dei conteggi.



Se  $p=1$  i conteggi  $x$  e  $y$  dovrebbero essere sulla retta di uguaglianza (quella che parte da 0) (correlazione  $r=1$ ). Ma dato che i conteggi della seconda volta sono diversi dalla prima, risulta che  $p < 1$  per un fattore del 10% ( $r=1$  vs  $r=0,9$ )

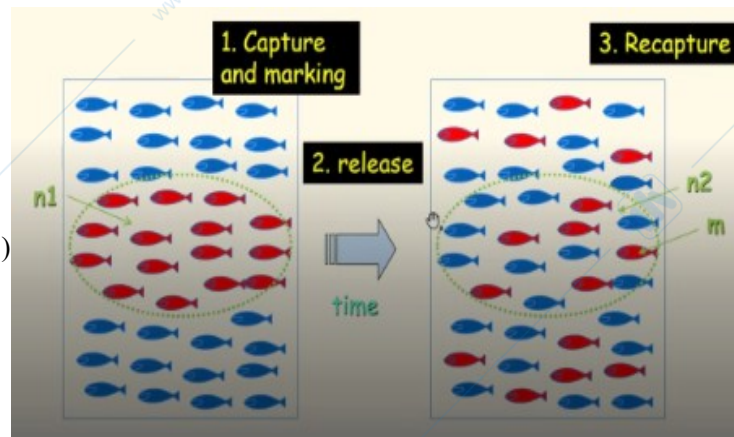
### METODI DI STIMA DI ABBONDANZA:

3 Cattura-Marcatura-Ricattura (CMR) → Metodo che si basa sulla cattura (anche fotografica) di  $n_1$  individui, loro marcatura e ricattura di  $n_2$  individui.

Tale replicazione del campionamento fornisce info sulla  $p$ . Dalla proporzione di individui marcati alla ricattura ( $m$ ) sul totale individui ricatturati ( $n_2$ ) si stima l'abbondanza  $N$ .

$$N = \frac{n_2 n_1}{m} \quad \text{STIMA DI}$$

LINCOLN/PETERSEN



Il CMR opera come campionamento su punti, avendo info da più punti posso fare inferenza sul numero totale di individui presenti in un'area campionata.

Se divido il numero di individui  $N$  presente nell'area campionata per l'area campionata ottengo la densità media.

$N/\text{area} = \text{densità}$

Come si determina area campionata → es. studio con fototrappole. Utilizzo di BUFFERS attorno alle macchine, dei cerchi con dato raggio, che sono stimate appropriate per il movimento degli individui da studiare.

Un altro metodo è quello di costruire un cono convesso attorno a queste macchine

- E' un metodo complesso perchè richiede marcatura di un sufficiente campione statistico di individui ( $n$ ) per stimare  $N$  con precisione.
- Metodo invasivo quando gli animali sono effettivamente catturati e marcati
- Il foto-trappolaggio (vedi slide foto-trappolaggio) è ristretto ad animali naturalmente marcati (es. felini)

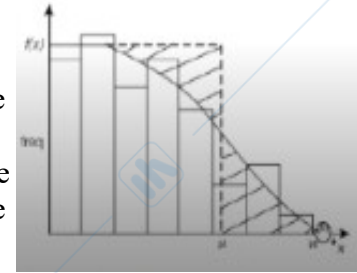
4 Conteggi a distanza lungo i transetti (distance sampling) → Si applica a specie avvistabili a distanza percorrendo un transetto lineare, contando gli individui e

misurando la distanza perpendicolare tra il transetto e l'individui ( gruppo di individui)

Chiaramente possibilità di avvistare individui diminuirà tanto più gli individui sono distanti.

Ciò si formalizza con una funzione di RILEVABILITÀ che è funzionale a due processi:

1. La rilevabilità degli individui ( $p$ ) necessaria a correggere i conteggi
2. L'area effettivamente campionata, che serve a estrapolare i conteggi sull'area più vasta di interesse, per stimare  $N$  e derivare la densità.



p.s.- Notare che la curva di funzione va a diminuire con la distanza. Ovvero il numero di individui ( $n$ ) diminuisce all'aumentare della distanza dal transetto.

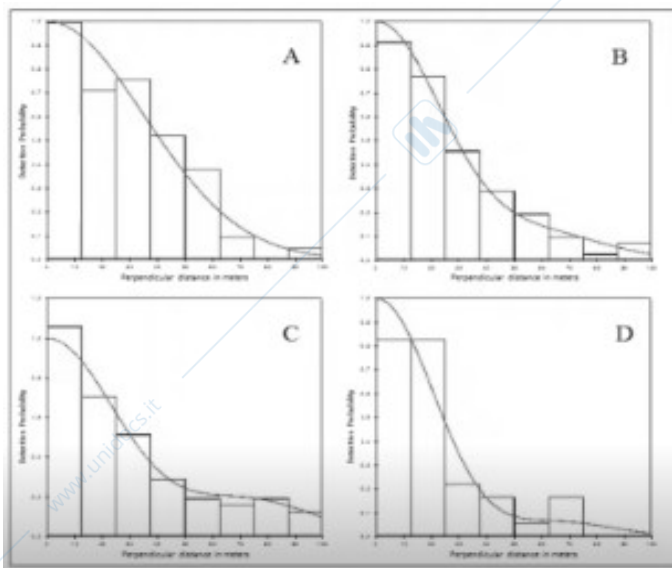
es. Tanzania → 150 kmq. Tramite GIS sono stati posti dei transetti per il campionamento.

Distanziati 1 km l'uno dall'altro. Conta di primati. Campionamento sistematico.

Griglia diffusa di transetti di 2km spazati 1 km.

Transetti percorsi 1-2 volte da 2 osservatori che registrano (1) osservazioni di gruppi di primati (2) distanza tra transetto e il gruppo avvistato e (3) dati accessori (num. Individui nel gruppo, comportamento, etc.)

Come si analizzano questi risultati?



Possiamo stimare la “detection function”, frequenza di numero di gruppi di primari rispetto alla distanza dal transetto.

Tendenzialmente forma è come la teorica, ma la forma cambia in base alla foresta.

Perché ci sono aspetti diversi che vanno a ridurre la possibilità di avvistare i gruppi, come ad esempio la morfologia del territorio oppure anche in comportamento degli individui (es. D è una foresta sottoposta a bracconaggio perciò animali sono più restii a farsi vedere).

### 3. DENSITÀ

Derivato di abbondanza. Numero di individui espresso come rapporto  $n$  relazione all'area considerata.

### 4. INDICI DI ABBONDANZA (conteggi, tassi di incontro o “cattura”)

TASSO DI INCONTRO → numero di gruppi visti per km senza considerare distanza.

Espresso in rapporto tra il conteggio e lo sforzo di campionamento ( km percorsi) è un indice di abbondanza.

È un tasso che possiamo mettere in relazione con l'abbondanza, ad esempio con la densità media o con la popolazione totale ( $N$ )

Questi indici sono molto importanti per vari motivi:

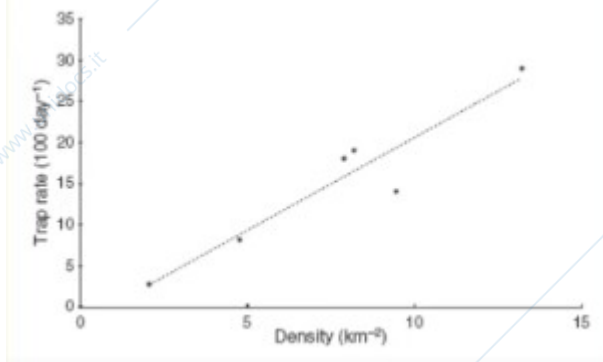
- 1 Non sempre è possibile conoscere e stimare l'abbondanza.
- 2 Molto difficile e costoso, a volte, stimare l'abbondanza.
- 3 A volte semplicemente non è necessario conoscere l'abbondanza, quindi il numero totale

degli individui di una popolazione. Ad esempio ci può bastare avere una variabile di stato e osservare nel tempo le sue variazioni.

Utilizziamo allora degli indici o proxy di abbondanza che possiamo monitorare nel tempo e nello spazio.

Usando un indice, assumiamo una relazione monotonica con la vera abbondanza ovvero in teoria l'indice dovrebbe dare informazioni secondo una relazione che conosciamo o possiamo conoscere su quella che è la vera abbondanza.

E' importante calibrare un indice perché è probabile che l'indice vari nel tempo e nello spazio, in relazione a come gli individui vengono rilevati (es. differenza di habitat, differenza di morfologia terreno, differenza comportamento individui).



#### ESEMPIO 1

In questo caso abbiamo un esempio di calibrazione di indice di abbondanza.

Studio di antilope.

Sono stati posti dei transetti e usato fototrappolaggio. Foto antilope molto comune, transetti lineari perché molto facilmente avvistabili.

Lungo transetti sono state poste delle fototrappole, per confrontare tasso di

incontro di fototrappole con la densità da transetto.

TRAP RATE → numero di fotografie, numero di eventi di passaggio di individui su fototrappole riferito allo sforzo di campionamento (n° di giorni di campionamento)

Trap rate è stato messo in relazione con la densità stimata tramite il "distance smapling".

Così abbiamo potuto ottenere una calibrazione molto chiara.

E' lineare e precisa.

Ciò è importante perché ci dà la possibilità, che in caso di ritorno nell'area di studio per ulteriori informazioni, e non ho modo o tempo di fare dei transetti (richiede sforzo e repliche), posso direttamente usare fototrappole so che il tasso di incontro di fototrappole mi permette di stimare, fare inferenza su qual è l'abbondanza di queste popolazioni.

#### ESEMPIO 2

Primati dei Monti Udzungwa.

Abbiamo transetti in 2 foreste (1 foresta nel parco nazionale e 1 fuori dal parco nazionale)

Contiamo i primati lungo transetti (non è programma intenso di censimento, programma nel cui tempo uso pochi transetti ma li percorro nel tempo molte volte per monitorare la popolazione)

Numero di gruppi per km quadrato per ogni anno.

Risultati: Mettiamo a confronto i dati dei grafici delle due foreste, FORESTA 1 e FORESTA 2.

FORESTA 2 → possiamo notare che rispetto al grafico di FORESTA 1, il trend di quelle specie mirate dai bracconieri cioè il tasso di incontro va molto a diminuire negli anni. Quasi a 0.

Non ho info sulla “vera” abbondanza, ma grazie al “tasso di incontro” ho un'idea di quella che può essere l'abbondanza.

#### ASPETTI DA CONSIDERARE:

Anche se non ho calibrazione di indice, perchè non sempre è facile, un tasso di incontro può essere sempre considerata una buona variabile di stato.

LIMITI INDICI → non sono informativi di  $N$ , perchè non consideriamo la rilevabilità.

#### 5. OCCUPANCY (occorrenza)

Proporzione stimata di area o siti occupata da una popolazione tenendo di conto della imperfezione di RILEVABILITA', ovvero che non tutti gli individui di una specie verranno rilevati.

Quindi non si basa su “rilevato” o “non rilevato”, ma bensì abbiamo una mappa in cui rappresentiamo la probabilità di presenza.

La differenza tra occupancy e indice di abbondanza è che la occupancy non richiede calibrazione in quanto è corretta per la rilevabilità. E' già calibrato in un certo senso, può essere già utilizzato per popolazioni di specie diverse.

Abbondanza e occupancy → cose in comune → devono essere entrambe riferite a scala spaziale. Abbiamo bisogno di area definita. SCALA-DIPENDENTI

Tra  $N$  e la probabilità di presenza di specie c'è una relazione positiva.

Più le celle sono occupate e maggiore è la  $N$  di aree. Non è un valore abbondanza ma probabilità di presenza.

Per  $N$  molto basse (es. specie monogame e territoriali) è possibile che coincidano con la occupancy.

#### VANTAGGI RISPETTO STIMA DI $N$ :

- 1 Bastano dati di presenza/assenza invece che dati individuali.
- 2 Può essere stimata con diversi metodi (es fototrappolaggio)

Abbiamo 3 casi:

1. Rilevata  
Non rilevata → occupancy ci permette di ottenere altri due casi da questo risultato
2. Popolazione ASSENTE
3. Popolazione PRESENTE ma NON rilevata. (problema di rilevabilità)



Come per altri approcci, la ripetizione di rilevamenti di presenza/assenza in una serie di siti fornisce le informazioni che servono (tramite appropriati modelli statistici) di stimare “ $p$ ” e quindi stimare la probabilità di presenza data una matrice di 1 (pop. rilevata) e 0 (non rilevata).  
ESEMPIO → Rilievi di presenza/assenza con fototrappole (20 siti x 9 “occasioni di campionamento” → diverse repliche di campionamento nel tempo), ciascuna rappresentata da 5gg di campionamento. (sta a significare che ogni periodo di campionamento dura 5 giorni)

## IL FOTOTRAPPOLAGGIO:

Metodo di grande sviluppo negli ultimi anni, oimo esempio per rilevare la fauna che si presta a molti tipi diversi di analisi.

Semplicemente la fototrappola è una macchina fotografica collegata ad un sensore capace di rilevare la differenza di temperatura e il movimento ( heat-in-motion) di un oggetto rispetto all'ambiente.

Ad oggi vengono utilizzate macchine fotografiche digitali collegate appunto ad un sensore infrarosso sensibile al calore in movimento e scatta foto con flash integrato.

Dagli anni 2000 soprattutto nell'ultima decade , si è avuto un incremento di pubblicazioni e progetti di studi con ausilio di fototrappole.

### SPECIFICHE TECNICHE:

- Sensibilità di sensore → possibilità di rilevare animali anche al di sotto di 100 g
- Trigger speed → velocità di scatto nel momento i cui animale entra nel campo di azione dello scatto; di 1-2 sec nei modelli meno performanti a 0.1-0.2 sec
- Flash:
  - bianco → alto consumo di energia, foto a colori notturne
  - infrarossi “no-glow” → IR di LED senza bagliore. Basso consumo e nessun disturbo, foto in BW
- Autonomia → migliaia di foto e mesi di autonomia
- Foto multiple e video
- Invio di foto diretto (GSM, satellite)

### 3 CAUSE PRINCIPALI DELL' EVOLUZIONE DEL FOTOTRAPPOLAGGIO:

1. Produzione commerciale delle foto-trappole in USA e Cina ( perlopiù per uso da parte di cacciatori)
2. Avanzamento tecnologico dele fototrappole e gestione dati
3. Sviluppo di metodi analitici (CMR) per applicazioni in ecologia quantitativa

Il fototrappolaggio è stato utilizzato ad esempio per studiare il comportamento degli orsi in Trentino nelle Dolomiti di Trenta. Hanno abitudine di marcare gli alberi, la provincia di Trento circonda alberi con filo spinato per poter raccogliere dei campioni genetici e poter identificare gli individui per poi poter stimare la popolazione.

### VANTAGGI ED EFFICIENZA

- Metodo non invasivo (specialmente con flash IR no-glow)
- Automatico ed autonomo, utile per standardizzare l'uso dato che la fonte di errore è limitata al posizionamento.
- Il dato di base (=foto) è un recordo oggettivo di presenza ( e identità) della specie (a volte degli individui)
- Ora e giorno di scatto, e comportamento, come informazioni critiche aggiuntive
- Aumentata autonomia, ammontare di dati raccolti e semplificazione della gestione con software dedicati ( nclusa la AI per riconoscimnto automatico specie/individui)

**UTILIZZI:**

- **USO OPPORTUNISTICO**  
I siti possono essere scelti opportunisticamente per massimizzare la chance di rilevare una o più specie, senza requisiti particolari in termini di design e sforzo di comportamento. → **INVENTARI FAUNISTICI.**
- **STUDIO DI DISTRIBUZIONE DI SPECIE**  
In molti casi in aree nuove alla ricerca siamo riusciti ad ottenere dei nuovi record, estensioni di areale.
- **SCOPERTA DI NUOVE SPECIE**  
es. **TOPORAGNO ELEFANTE** in Tanzania(2008)
- **COMPREDERE E RECORDARE COMPORAMENTI ANIMALI** (es. interazioni fra più specie, predazione)
- **FOTOGRAFARE BRACCONIERI.**

**USI SISTEMATICI**

Esempio della rete **TEAM** (Tropical Ecology, Assessment and Monitoring)

Siti di studi su fascia tropicale, con utilizzo di fototrappolaggio comune con possibilità di confronto di dati.

Campionamento sistematico → 60 siti (1-2 km<sup>2</sup>), campionati per 30 gg ogni anno (stessa stagione) in blocchi consecutive di 20-30 siti. **CAMPIONAMENTO ROBUSTO.**

C'è molto lavoro di **STOCCAGGIO** e **GESTIONE DEI DATI**. Server centralizzati e possibilità di utilizzo dati di tutta comunità scientifica.

Un'altra fase importante della gestione di dati è l'**ANNOTAZIONE DELLE IMMAGINI**, tramite software dedicate che permette facilmente di segnare ed annotare specie nella foto, giorno, ora e posizionamento macchina,

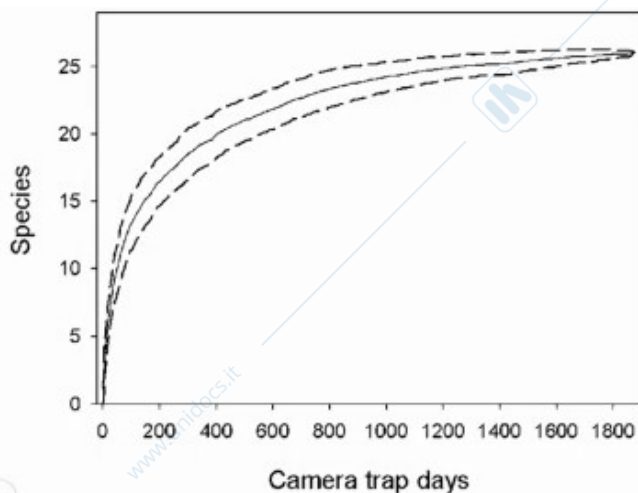
**GOOGLE** sta lavorando ad un modo per poter riconoscere la specie direttamente dall'immagine della fototrappola, cioè tramite **PATTERN RECOGNITION** e **MACHINE LEARNING** per l'identificazione automatica delle specie.

Come si procede?

Prima di tutto si fa lista di specie.

es. **CHECKLIST DI MAMMIFERI** (medio-grandi) → dal sito **TEAM** in Udzungwa ( 60 siti per 30 gg), con 26-28 species rilevate. (indicatore minimo di specie).

Altro aspetto interessante quando si fa **CHECKLIST DI SPECIE** è la **CURVA DI ACCUMULO**:



Questa curva va a verificare la completezza del campione. In questo esempio 1000 giorni-macchina necessari per rilevare la maggior parte delle specie (non tutte).

Numero specie con sforzo di campionamento.

**CAMERA TRAP DAYS** → numero di macchine per il totale di giorni che queste hanno campionato.

Curva randomizzata, curva che viene replicata molte volte per avere sorta di valore medio.  
 Forma tipica di buon CURVA DI ACCUMULO. I primigiorni di campionamento rapidamente si fotografano molte specie, quelle più comuni, ma questa curva via via che specie sono più rare più difficili da rilevare, la curva si attenua e va a tendere ad un plateau. Siamo abbastanza confidenti di aver fotografato la maggior parte delle specie, ma non tutte chiaramente. Abbiamo sempre problema di RILEVABILITA'.

Conteggio minimo di specie nell'area.

### LISTA SPECIE E INDICI

1. NUMERO DI EVENTI → immagini per intervallo temporale es. 1h
2. RAI (Relative Abundance Index) → eventi per sforzo di campionamento (giorni-macchina appunto come visto prima) E' più semplice da usare perchè è normalizzato con lo sforzo di campionamento è una metrica che può essere confrontata tra siti con campionamento diverso o anche tra specie diverse o aree diverse. METRICA NORMALIZZATA.  
 Essendo un indice di abbondanza sta a significare che più una specie ha indice alto più specie è comune nell'area.
3. NAIVE OCCUPANCY → numero siti positivi alla presenza totale siti. METRICA INDIPENDENTE. (percentuale) Metrica di distribuzione minima della specie, non confondere con vera OCCUPANCY. Non considera siti positivi ad una specie ma la specie non è stata rilevata.

### ABBONDANZA E OCCORRENZA

Da indici di abbondanza a variabile di stato che sia corretta per la rilevabilità.  
 Abbiamo 2 opzioni:

1. CMR → Quando animali sono marcati  
 Es. 1998 fatto in India da Karanth e Nichols.  
 Per primi hanno usato foto di tigri fotografate in serie di siti in parco in India per stimare la densità.  
 Metodo complesso. Stima di contattabilità(p) molto bassa, specie difficili da rilevare.  
 Contattabilità usata per correggere conteggi e ottenere un numero con sua variazione di N nell'area.  
 Si può poi stimare area campionata con utilizzo di buffer attorno fototrappola. E da qui si può derivare la densità.
2. OCCUPANCY → Animali non identificabili ( che sono la maggioranza)  
 si costruiscono matrici di specie contattata e specie non contattata e si passiamo da conteggio grezzo di occupancy (naive occupancy) ad una occupancy stimata, perchè il secondo parametro tiene di conto della contattabilità.  
 es. Scimmia di Monti Undzugwa  
 Scimmia molto difficile da contattare con i transetti( Cioè a vista), perchè è specie che vive su terreno, molto elusiva, molto veloce, molto scaltra. Con fototrappole possiamo contattarle è la quarta specie più comune tra le specie fototrappolate.

### APPROCCI DI UTILIZZO DELLA OCCUPANCY

- Studio di modelli dinamici di occupancy. Sviluppo dinamico di una popolazione nel tempo.
- STUDI MULTI-AREA DI POPOLAZIONE E COMUNITA' → Studi che comprendono intero pool di specie che sono state campionate e non una unica specie.

### Variabili quantificate

- Ricchezza di specie

Andiamo ad approfondire l'ampiamiento di studio a più specie.

Esempio.

Abbiamo due foreste :

- Foresta protetta → **ALTA RICCHEZZA DI SPECIE.** ( non parliamo solo di specie rilevate, ma con questi modelli di occupancy andiamo a stimare il modo con cui le specie sono rilevabili, utilizzando la rilevabilità delle specie per stimare quante specie in realtà possiamo aspettarci di trovare)
- Foresta non protetta → **RICCHEZZA DI SPECIE Più BASSA.** I grandi mammiferi ( elefante, bufalo, leopardo) estinti per la caccia indiscriminata.

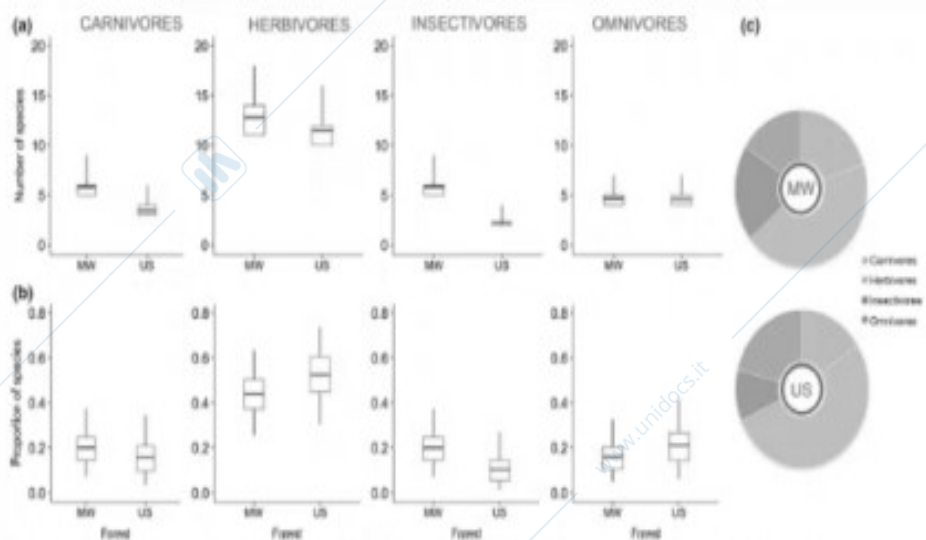
Ricchezza di specie è un parametro di biodiversità importante.

- Composizione funzionale

Studio della struttura della comunità in **GRUPPI TROFICI**. Gruppi di specie molto diversi da un punto di vista tassonomico ma accumulati da stessa dieta.

Permette di confrontare comunità diverse. Vedere se effetto avuto sulla ricchezza di specie nelle due foreste ha avuto effetto anche sulla struttura trofica della comunità.

- Foresta protetta →
- Foresta non protetta → diminuzione di specie insettivori e carnivori. (dieta più specializzata) Aumento di erbivori e onnivori.



- Occupancy delle popolazione

Confronto delle occupancy stimata tra le due popolazioni persenti nelle due differenti foreste.