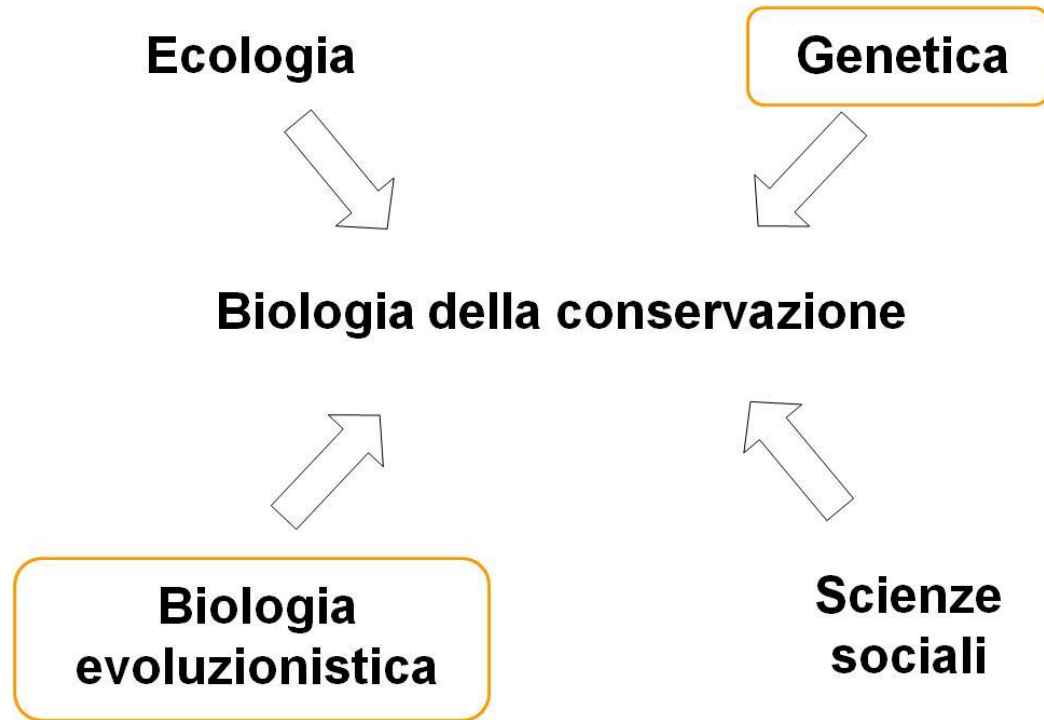


Evoluzione e conservazione

La conservazione delle specie e l'evoluzione biologica



- Le specie devono essere preservate come entità dinamiche, senza ridurre il loro potenziale adattivo e senza modificare le dinamiche evolutive
- La comprensione dei principi della biologia evolucionistica sono fondamentali, insieme ad altri, per raggiungere questo scopo
- In altre parole, conoscere la biologia evolucionistica dovrebbe essere alla base delle competenze necessarie per sviluppare strategie di gestione e conservazione delle specie
- In questa lezione cercheremo brevemente di capire perché, dando soprattutto enfasi agli aspetti genetico-evolucionistici importanti in biologia della conservazione

Evidenze indirette suggeriscono che la conservazione delle specie è urgente

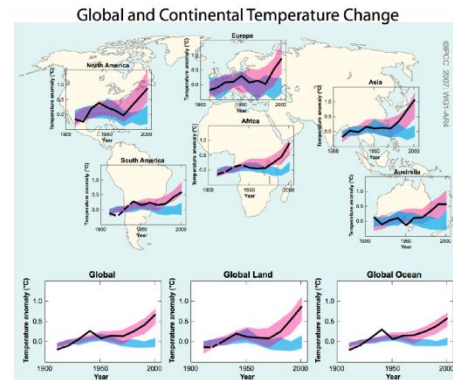


FIGURE SPM-4. Comparison of observed continental- and global-scale changes in surface temperature with results simulated by climate models using natural and anthropogenic forcings. Decadal averages of observations are shown for the period 1906–2005 (black line) plotted against the centre of the decade and relative to the corresponding average for 1901–1950. Lines are dashed where spatial coverage is less than 50%. Blue shaded bands show the 5–95% range for 19 simulations from 5 climate models using only the natural forcings due to solar activity and volcanoes. Red shaded bands show the 5–95% range for 58 simulations from 14 climate models using both natural and anthropogenic forcings. (FAQ 9.2, Figure 1)



Inquinamento, urbanizzazione, riscaldamento globale, deforestazione, sovrasfruttamento delle risorse naturali, traslocazioni incontrollate, introduzione di specie aliene invasive, ecc.

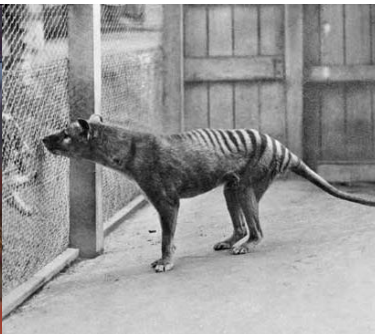
Evidenze dirette: le estinzioni negli ultimi secoli



Yamana, Terra del Fuoco



Dodo (1700)



Benjamin, l'ultimo
lupo della tasmania
(1936)



Bilby minore (1950)



Rana platipus (1980)

...e più di altre 700 estinzioni di specie animali documentate dal 1500

Evidenze dirette: la Red List della IUCN

Table 1: Numbers of threatened species by major groups of organisms (1996–2008)

	Estimated Number of described species	Number of species evaluated by 2008	Number of threatened species in 1996/98	Number of threatened species in 2000	Number of threatened species in 2002	Number of threatened species in 2003	Number of threatened species in 2004	Number of threatened species in 2006	Number of threatened species in 2007	Number of threatened species in 2008	Number threatened in 2008, as % of species described	Number threatened in 2008, as % of species evaluated**
Vertebrates												
Mammals	5,488	5,488	1,096	1,130	1,137	1,130	1,101	1,093	1,094	1,141	21%	21%
Birds	9,990	9,990	1,107	1,183	1,192	1,194	1,213	1,206	1,217	1,222	12%	12%
Reptiles	8,734	1,385	253	296	293	304	341	422	423	423	5%	31%
Amphibians*	6,347	6,260	124	146	157	157	1,770	1,811	1,808	1,905	30%	30%
Fishes	30,700	3,481	734	752	742	750	800	1,171	1,201	1,275	4%	37%
Subtotal	61,259	26,604	3,314	3,507	3,521	3,524	5,188	5,622	5,742	5,966	10%	22%
Invertebrates												
Insects	950,000	1,259	537	555	557	553	559	623	623	626	0%	50%
Molluscs	81,000	2,212	920	938	939	967	974	975	978	978	1%	44%
Crustaceans	40,000	1,735	407	408	409	409	429	459	460	606	2%	35%
Corals	2,175	856	1	1	1	1	1	1	4	235	11%	27%
Arachnids	98,000	32	11	11	11	11	11	11	11	18	0%	56%
Velvet Worms	165	11	6	6	6	9	9	9	9	9	5%	82%
Horseshoe Crabs	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%
Others	61,040	52	9	9	9	9	9	24	24	24	0%	46%
Subtotal	1,232,384	6,161	1,891	1,928	1,932	1,959	1,992	2,102	2,109	2,496	0.20%	41%
Plants												
Mosses	16,000	95	---	80	80	80	80	80	80	82	1%	86%
Ferns and allies	12,838	211	---	---	---	111	140	139	139	139	1%	66%
Gymnosperms	910	142	142	141	142	304	305	306	321	323	33%	35%
Dicotyledons	199,350	9,624	4,929	5,099	5,202	5,788	7,025	7,086	7,121	7,122	4%	74%
Monocotyledons	59,300	1,155	257	291	290	511	771	779	778	782	1%	68%
Green Algae	3,962	2	---	---	---	---	---	---	0	0	0%	0%
Red Algae	6,076	58	---	---	---	---	---	---	9	9	0%	16%
Subtotal	298,506	12,055	5,328	5,611	5,714	6,774	8,321	8,390	8,448	8,457	3%	70%
Others												
Lichens	17,000	2	---	---	---	2	2	2	2	2	0%	100%
Mushrooms	30,000	1	---	---	---	---	---	1	1	1	0%	100%
Brown Algae	3,040	15	---	---	---	---	---	---	6	6	0%	40%
Subtotal	50,040	18	---	---	---	2	2	3	9	9	0.02%	50%
TOTAL	1,642,189	44,838	10,533	11,046	11,167	12,259	15,503	16,117	16,308	16,928	1%	38%

NUMERO DI SPECIE A RISCHIO

	n. sp.	%
Mammiferi	1142	21
Uccelli	1223	12
Rettili	469	5 - 28
Anfibi	1895	29
Pesci	1414	5 - 32
Invertebrati	2639	0 - 35
Piante	8500	3 - 70

Rischi per le varietà di specie domestiche



Asinara



Cinta Senese



Girgentana



Maremmana



Varietà vegetali

Cosa succede quando la dimensione di una popolazione si riduce?

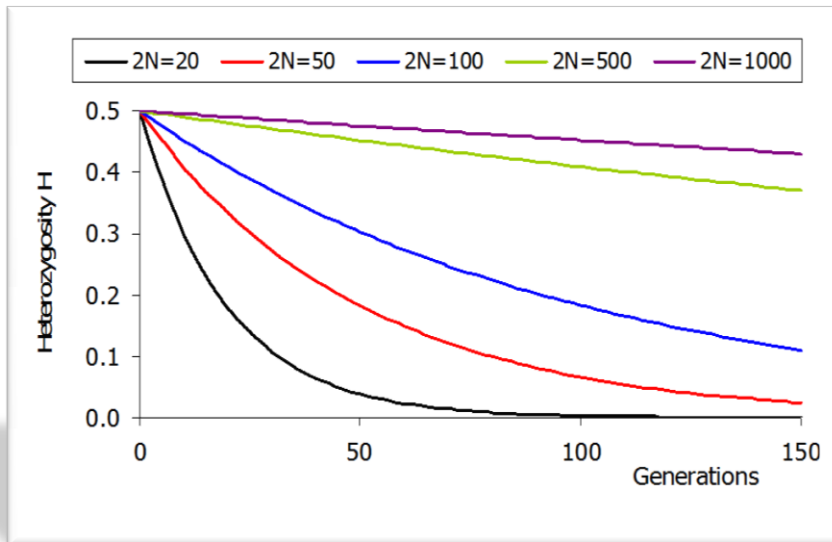
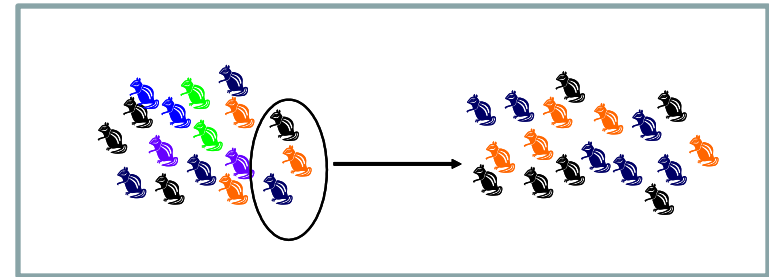
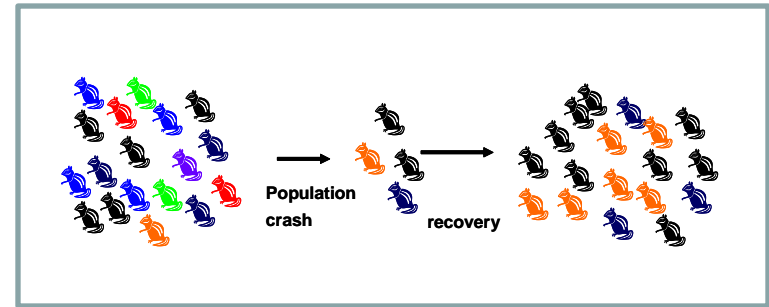
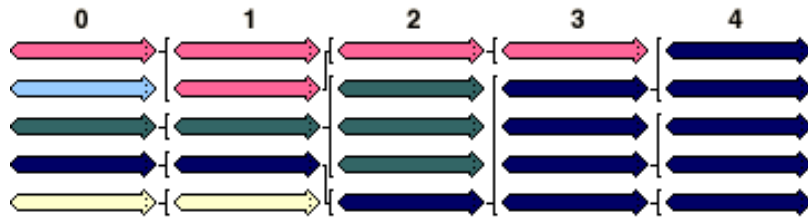
La variabilità genetica si riduce, e quindi

- 1. Rischio di inincrocio
 - Mutazioni deleterie recessive vengono espresse (inbreeding depression)
- 2. Ridotto potenziale evolutivo
 - Fondamentale la variabilità quando cambia l'ambiente
- 3. Selezione naturale poco efficiente
 - Se la deriva genetica è forte, la probabilità di fissazione di un allele vantaggioso si abbassa
- 4. Accumulo mutazioni deleterie
 - Se la deriva genetica è forte, la probabilità di fissazione di un allele svantaggioso aumenta

Da notare, 1: la variabilità genetica può essere bassa anche se la dimensione censita di individui è elevata, per esempio dopo un forte collo di bottiglia seguito da una crescita demografica (per esempio dovuta a programmi di sostegno): la numerosità di individui può non sempre essere un buon indice di “salute” di una specie

Da notare, 2: non sempre la bassa variabilità genetica è preoccupante: alcune specie sono normalmente costituite da numeri ridotti di individui o oscillano ciclicamente in numerosità (per esempio in funzione delle oscillazioni climatiche o dei predatori/prede)

La deriva genetica: riduce la variabilità soprattutto nelle piccole popolazioni



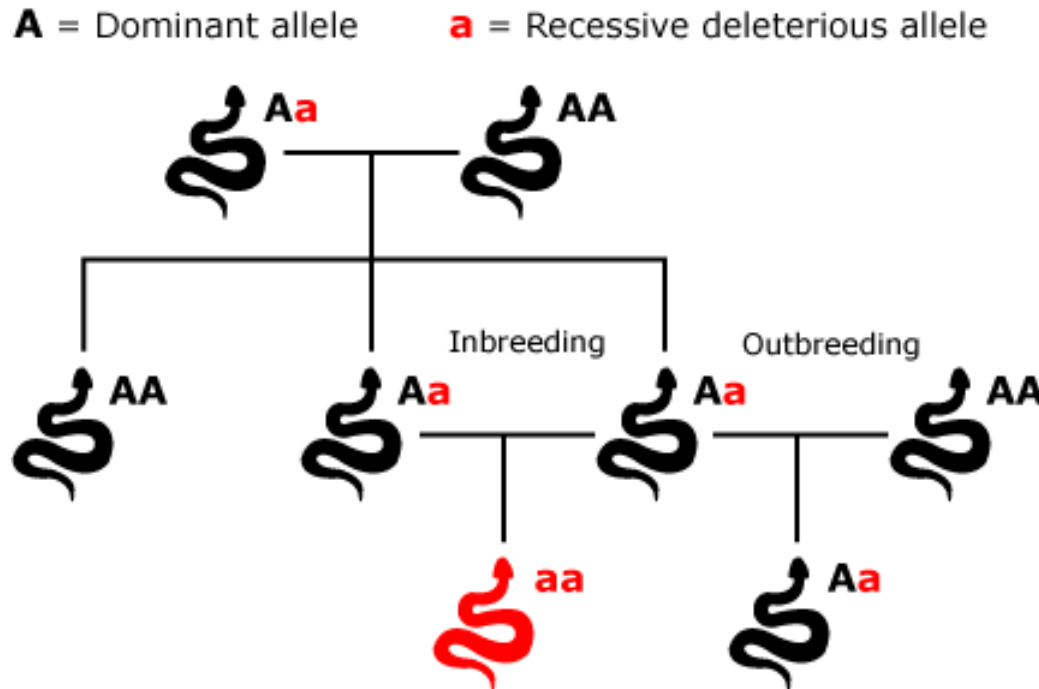
$$H(t+1) = \left(1 - \frac{1}{2N}\right) H(t)$$

$$H(t) = \left(1 - \frac{1}{2N}\right)^t H(0)$$

$$H(t) \approx e^{-\frac{t}{2N}} H(0)$$

1. Cos'è l'inincrocio e la depressione da inincrocio?

- L'inincrocio si verifica quando individui imparentati si riproducono producendo prole
- Le due copie di un gene nella prole hanno una maggiore probabilità di essere identiche per discesa rispetto ad una popolazione dove l'accoppiamento è casuale
- Gli alleli deleteri recessivi hanno maggiori probabilità di manifestarsi: depressione da inincrocio
- In piccole popolazioni, evitare l'accoppiamento tra parenti è impossibile



1. La depressione da inincrocio in natura



Alta frequenza di deformità, ridotto numero di uova



Alta mortalità invernale



Alta mortalità, sviluppo rallentato



Disfunzioni testicolari



Alta mortalità, bassa probabilità di schiusa delle uova

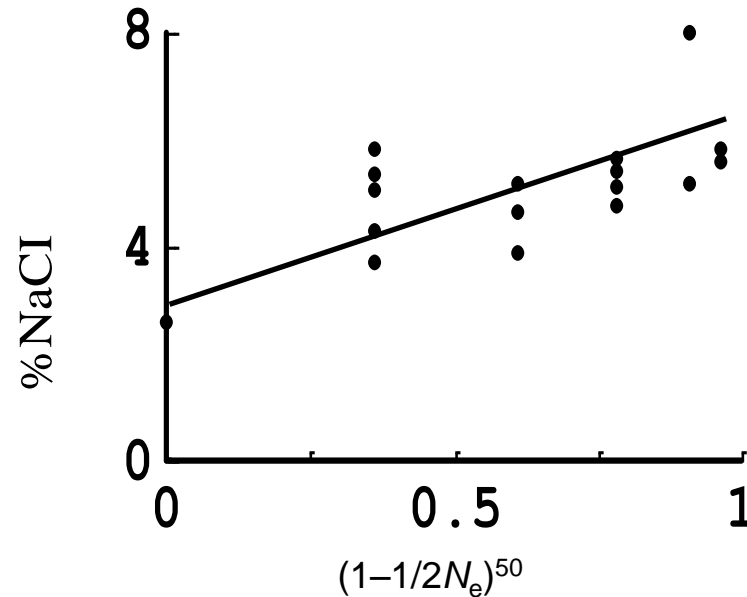
Esempi di effetti negativi dovuti a inincrocio in piccole popolazioni naturali.

Attenzione: *la frammentazione degli habitat porta a piccole popolazioni con bassa variabilità e quindi alti rischi!*

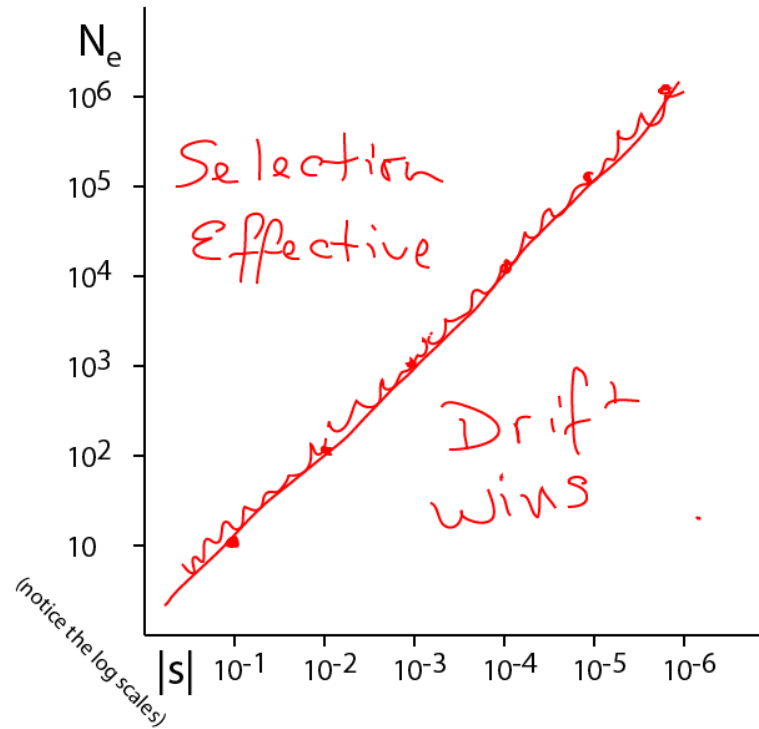
2. Deriva genetica e potenziale evolutivo in laboratorio

Relazione tra dimensione effettiva (N_e = numero effettivo di individui) e potenziale evolutivo in drosofila analizzata in laboratorio. Popolazioni con diversa dimensione effettiva ed estratte tutte inizialmente dalla stessa grande popolazione di partenza sono state allevate per 50 generazioni. Poi, sono state sottoposte a diverse concentrazioni di NaCl fino all'estinzione. Popolazioni che avevano subito in maniera minore l'effetto della deriva riuscivano ad adattarsi a concentrazioni maggiori di NaCl.

Invece di riportare i risultati in funzione della dimensione effettiva N_e , sono riportati in funzione di H_{50}/H_0 , ossia della frazione di variabilità genetica media mantenuta dopo 50 generazioni ($H_{50}/H_0 = [1 - 1/(2N_e)]^{50}$)



3. 4. Deriva genetica e selezione naturale



La selezione è poco efficace in piccole popolazioni (il caso prevale). In questi casi:

- Mutazioni vantaggiose si estinguono più dell'atteso
- Mutazioni deleterie si accumulano più dell'atteso

Ma l'adattamento per selezione naturale a nuovi ambienti creati dalle attività umane può essere abbastanza rapido da prevenire l'estinzione?

La domanda è: quanto "aiuto" possiamo aspettarci dall'evoluzione, visto che molti habitat non torneranno mai naturali?

SE ESISTE

1. VARIABILITA' GENETICA (GLI INDIVIDUI NON SONO TUTTI UGUALI GENETICAMENTE)
2. UNA FORZA SELETTIVA PER CUI ALCUNI INDIVIDUI SONO PIU' ADATTI DI ALTRI E LASCIANO PIU' DISCENDENTI (A LORO VOLTA "MIGLIORI" GENETICAMENTE)

ALLORA L'EVOLUZIONE E' COSTANTEMENTE IN ATTO

E SE
LE GENERAZIONI SONO BREVI
E/O
LA FORZA SELETTIVA E' FORTE

ALLORA I PROCESSI EVOLUTIVI SI POSSONO OSSERVARE ANCHE IN TEMPI RAPIDI (= CONTEMPORARY EVOLUTION)

Possiamo dire qualcosa di più sulla contemporary evolution e i suoi rischi?



I tempi di generazione sono quelli che sono
(non sono cambiati recentemente)

Lo stesso si può dire per l'ereditabilità



La forza della selezione (misurata con il coefficiente selettivo, o il differenziale di selezione) è aumentata di molto negli ultimi 2-300 anni in molte specie, perché le loro condizioni ambientali sono state spesso modificate radicalmente

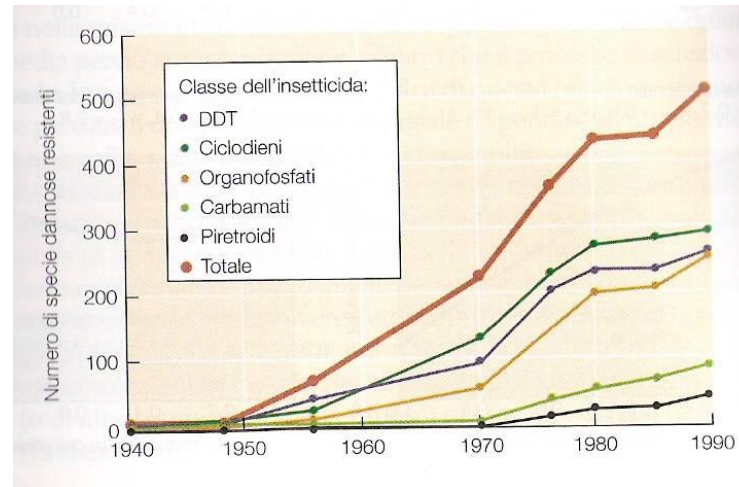
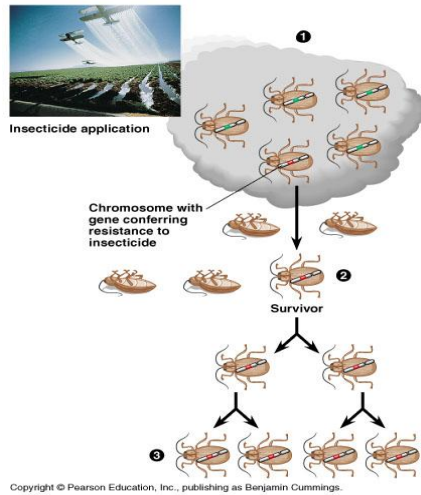
Quindi, teoricamente, ci aspettiamo che ci siano molti processi evolutivi in corso osservabili. E' veramente così? E quali sono le conseguenze?

Lo studio del processo evolutivo in corso in molte specie in seguito alle modificazioni ambientali indotte dall'uomo è nella sua infanzia, ma vediamo qualche esempio importante

Le attività umane: una forte pressione selettiva sui nostri “nemici”

Effetti dei pesticidi : gli insetti parassiti si adattano

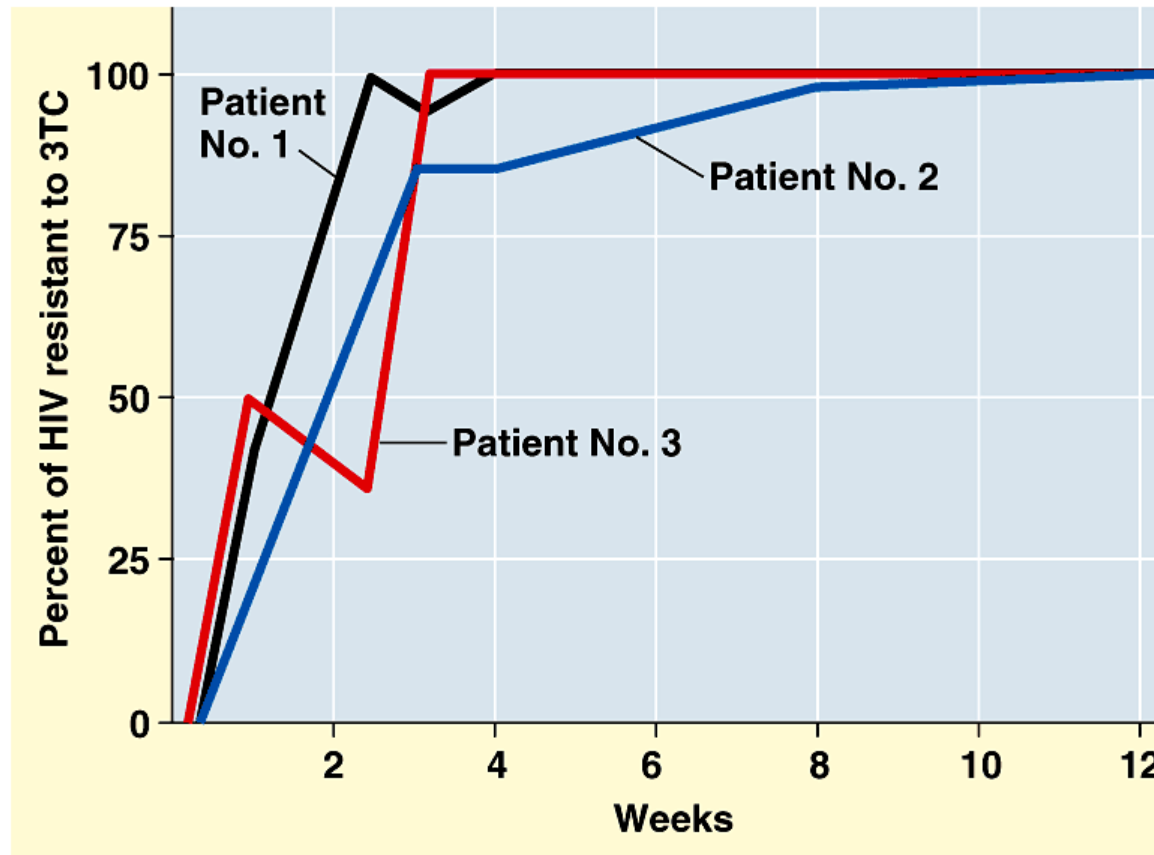
- Con quali conseguenze? Come è meglio fare la lotta agli insetti?



Le attività umane: una forte pressione selettiva sui nostri “nemici”

Effetti dei farmaci : i patogeni si adattano

- Con quali conseguenze? Come è meglio usare i farmaci



Le attività umane: una forte pressione selettiva sulla fauna selvatica

Effetti «evolutivi» della caccia

- la variabilità si riduce, e quindi anche il potenziale evolutivo
- nuove “forme” si diffondono

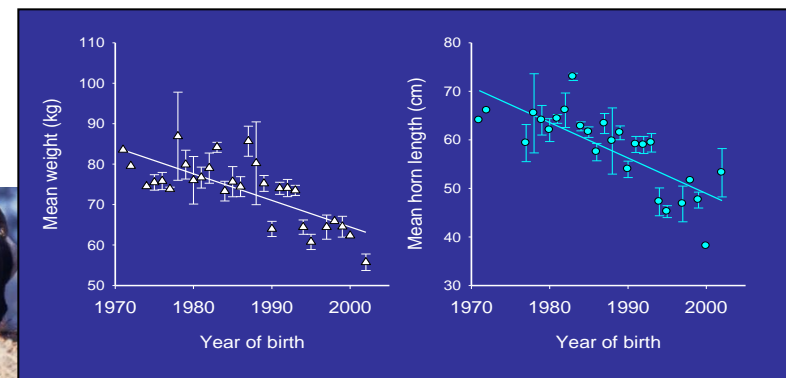
LUPO

estinto sull'Alpi agli inizi del '900, 100 lupi nell'Appennino;
colonizzazione in atto dal 1980; alta somiglianza genetica tra tutti i lupi italiani



MUFLONE CANADESE

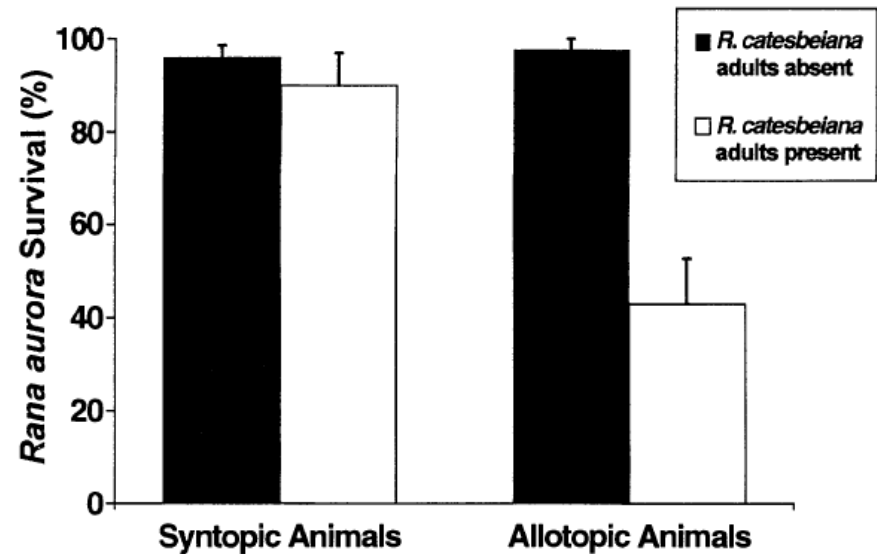
Caccia selettiva ha favorito la diffusione di animali più piccoli e con corna più piccole



Le attività umane: una forte pressione selettiva sulla fauna selvatica

Effetti dell'introduzione di specie aliene

- nuovi predatori favoriscono l'evoluzione di meccanismi di difesa



Animali provenienti da laghi con rana toro

Animali provenienti da laghi senza rana toro

Le attività umane: una forte pressione selettiva sulla fauna selvatica

Effetti della pesca di predatori sulle prede

Animali evolvono caratteri diversi in poche generazioni.

Cosa succede quando si reintroducono i predatori?



Animali immessi un ambiente privo di predatori

Carattere	Anni necessari per l'evoluzione di differenze significative (circa 2 generazioni all'anno)
Colorazione	2.5
Età e dimensione alla maturità (aumenta)	4
Fuga dal predatore (riduce)	20

Le attività umane: una forte pressione selettiva diffusa

Tre possibilità se cambia il clima, come nel caso del global warming:

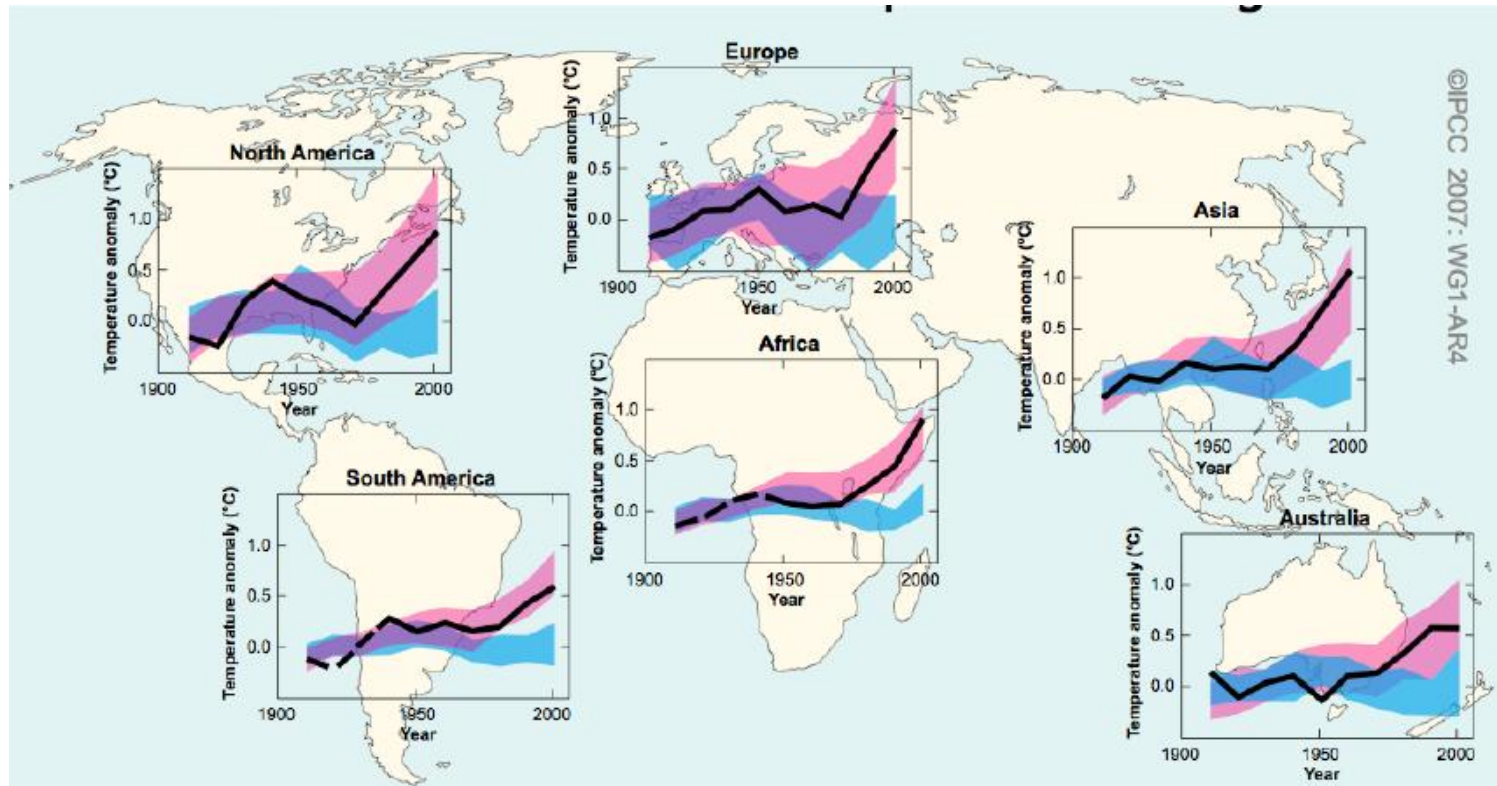
1. Migrare

2. Ambientarsi (risposta fisiologica)

Maggior produzione di globuli rossi in alta quota, foglie più spesse in climi più caldi, ecc.

3. Evolvere

- Unico modo perché la specie sopravviva a lungo termine

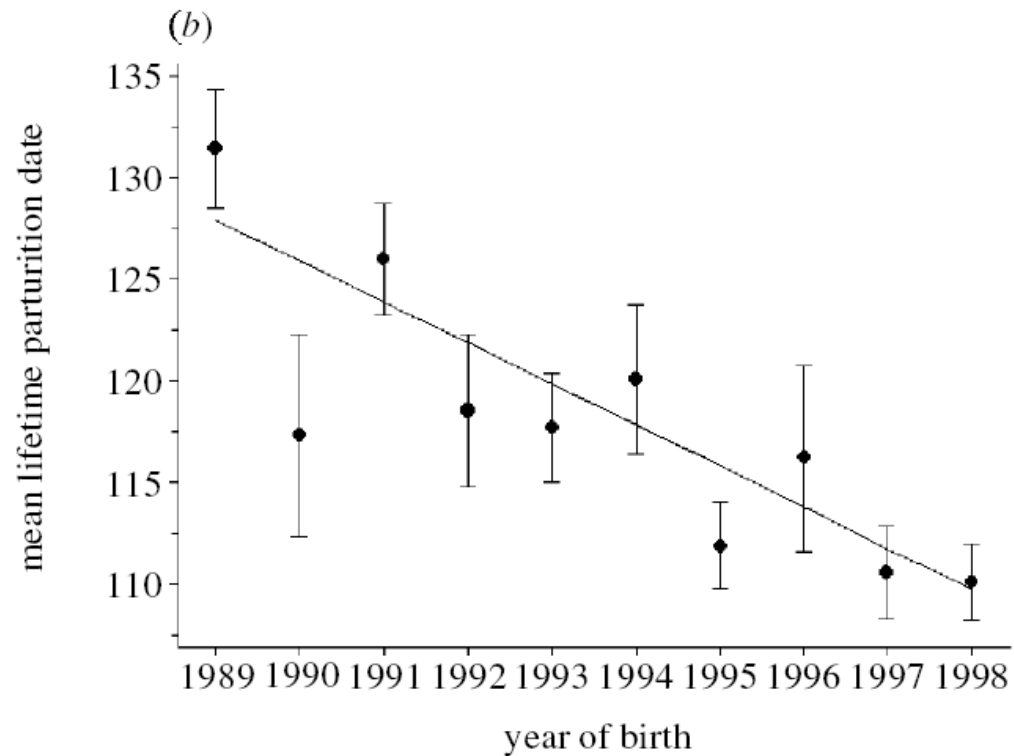


Le attività umane: una forte pressione selettiva sulla fauna selvatica



Un esempio: scoiattoli hanno anticipato il parto di circa 18 giorni in 3 generazioni (10 anni).

Lo studio delle figlie e delle nipoti indica che il processo è genetico (le figlie di chi anticipa di più, anticipano di più).



Tirando un po' le somme sull'evoluzione ai giorni nostri...

MOLTE ATTIVITA' UMANE DETERMINANO

- 1. EVOLUZIONE RAPIDA IN SPECIE CHE VORREMMO NON EVOLVESSERO (BATTERI, INSETTI DANNOSI,ECC.). NON POSSIAMO NON CONSIDERARE QUESTO PROCESSO EVOLUTIVO IN CORSO**
- 2. PROBABILE RIDUZIONE DI BIODIVERSITA' "MACROSCOPICA", VISTO CHE ORGANISMI CON LUNGI TEMPI DI GENERAZIONE EVOLVONO PIU' LENTAMENTE**

In realtà, sono molti i fattori importanti per fare qualche previsione sull'evoluzione di una specie

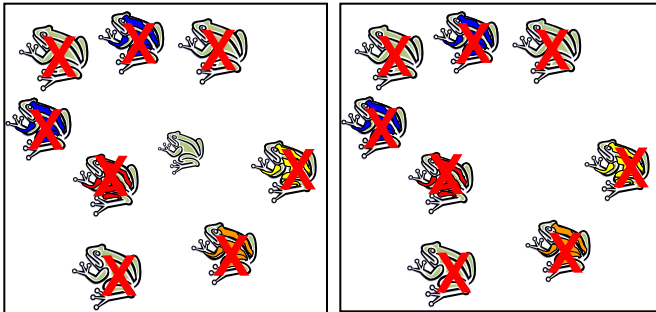
Alcuni fattori importanti per prevedere il destino di una specie



Tempi di generazione, densità, area geografica

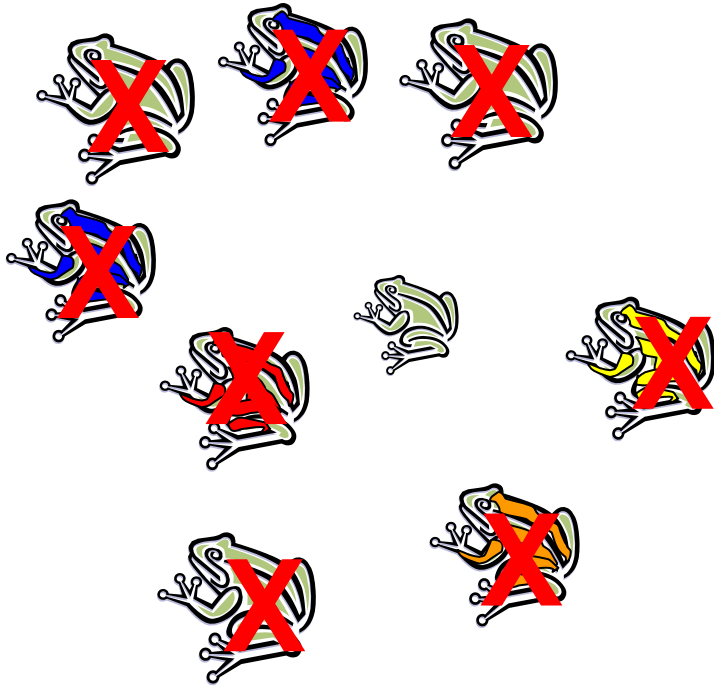


Plasticità fenotipica



Esiste già variabilità per il carattere vantaggioso?

...e non bisogna dimenticare che l'adattamento ha sempre un costo.

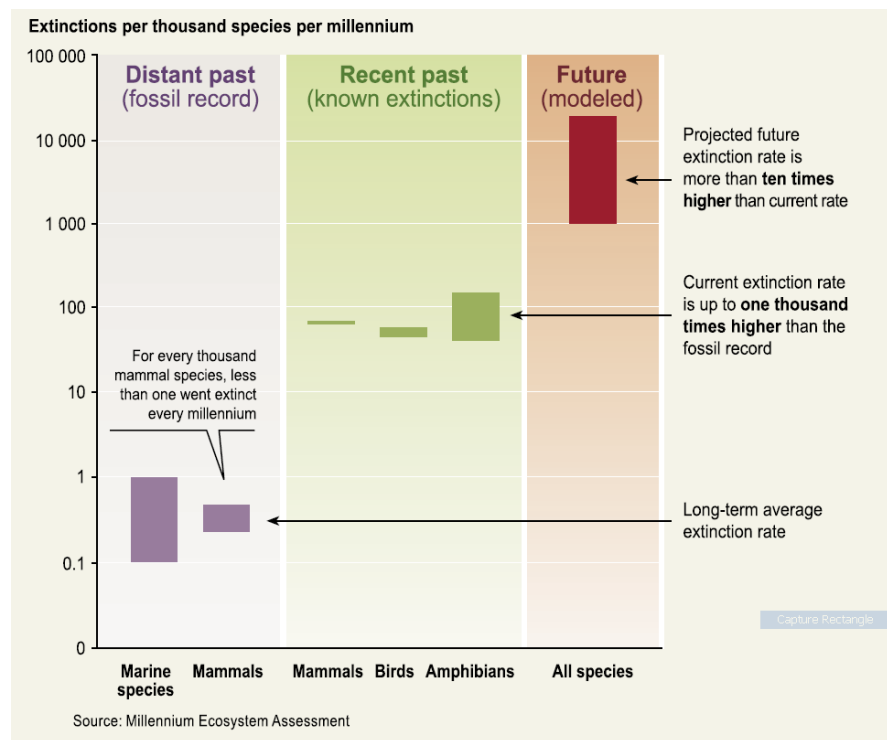


- Pochi sopravvissuti, alto rischio stocastico di estinzione
- Pochi sopravvissuti, forte deriva almeno per un certo numero di generazioni e rischi genetici
- Carattere evoluto può avere molte controindicazioni a più lungo termine
- Riduco diversità = riduco potenziale adattativo

Questi costi sono sostenibili?

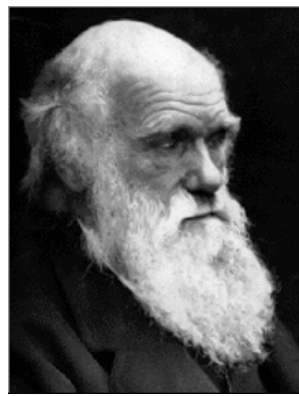
I costi della selezione

PURTROPPO SIA DATI EMPIRICI CHE MODELLI MATEMATICI
INDICANO CHE I COSTI SONO INSOSTENIBILI,
SOPRATTUTTO PER SPECIE CON PICCOLE NUMEROSITA'
E TEMPI DI GENERAZIONE NON BREVISSIMI

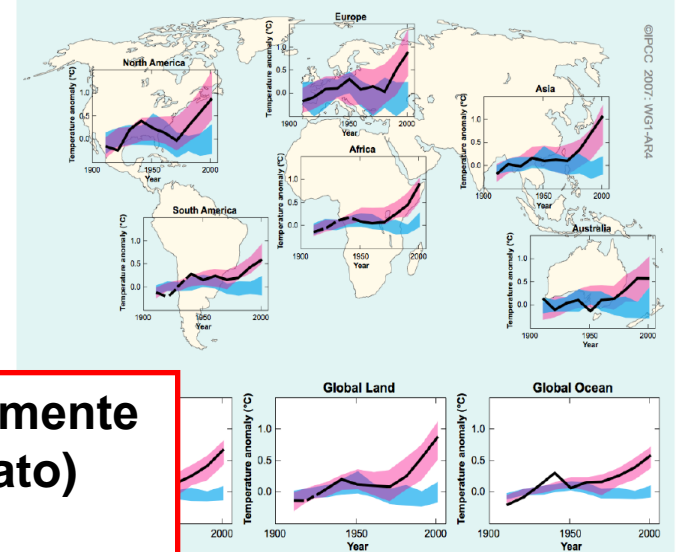


In breve

- Le attività umane hanno un impatto sul processo evolutivo
 - le traiettorie evolutive sono state alterate
 - l'adattamento può non essere sufficientemente rapido in molte specie
- Le strategie di conservazione delle specie devono considerare il fatto che c'è un processo evolutivo in corso
- L'evoluzione non si può gestire, ma si possono scegliere le strategie conservazionistiche che, per esempio
 - massimizzano l'opportunità di evoluzione adattativa
 - p.e., fare molta attenzione alla dimensione di popolazione e alla variabilità genetica
 - p.e., favorire gli spostamenti con corridoi
 - riducono i rischi associati alle specie aliene
 - p.e., studiando le relazioni evolutive con le specie native
 - difendono i processi evolutivi in corso
 - molta attenzione a quello che sta succedendo in aree degradate o modificate dall'uomo
 - attenzione a processi di speciazione in corso
 - prestano grande attenzione quando si reintroducono le specie
 - pochi anni senza una specie possono portare a modifiche evolutive ad altre specie



Global and Continental Temperature Change



...e comunque è importante monitorare attentamente questo grande esperimento (non programmato) di evoluzione biologica in corso

