

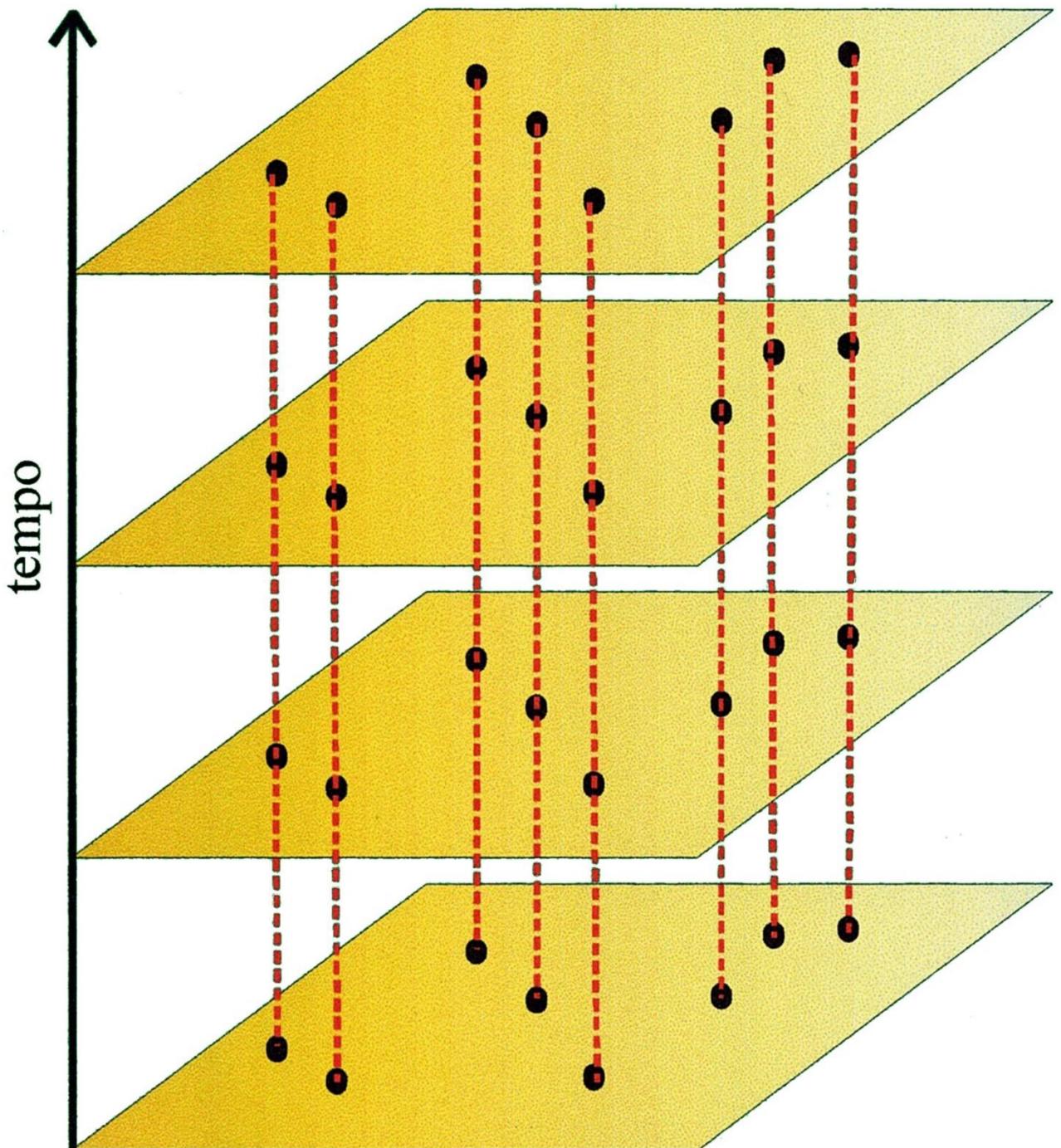


Corso di Zoologia.
(M-Z) 2021

11. Evoluzione



Creazionismo



Visione statica

$$A_0 \rightarrow A_0 \rightarrow A_0 \rightarrow A_0 \rightarrow \dots \rightarrow A_0 \rightarrow A_0$$

generazioni



Sondaggi

Gallup 2008 (USA)

1. L'uomo si è evoluto nel corso di milioni di anni da forme meno progredite di vita, ma Dio ha guidato il processo. (36%)
2. L'uomo si è evoluto nel corso di milioni di anni da forme meno progredite di vita, ma Dio non ha avuto parte nel processo. (14%)
3. Dio ha creato l'uomo, circa nella stessa forma di oggi, in un momento compreso negli ultimi diecimila anni. (44%).

Pew Forum 2008 (USA)

La vita sulla Terra...

1. Esisteva nella sua forma attuale fin dall'inizio del tempo. (42%)
2. Si è evoluta nel corso del tempo. (48%)
 - a. Si è evoluta per selezione naturale. (26%)
 - b. Si è evoluta sotto la guida di un essere supremo. (18%)
 - c. Si è evoluta, ma non so come. (4%)
3. Non lo so. (10%)

Horizon BBC (UK)

- a. La "teoria dell'evoluzione" dice che il genere umano si è evoluto nel corso di milioni di anni da forme meno sofisticate di vita. Dio non ha avuto parte nel processo. (48%)
- b. La "teoria creazionista" dice che Dio ha creato il genere umano circa nella stessa forma di oggi in un momento compreso nell'arco degli ultimi 10.000 anni. (22%)
- c. La "teoria del disegno intelligente" dice che certe caratteristiche degli esseri viventi si spiegano nella maniera migliore ammettendo l'intervento di un essere soprannaturale come Dio. (17%)
- d. Non lo so. (12%)

Eurobarometro 2005 (UE)

Risposte all'asserzione: "L'uomo, quale lo conosciamo oggi, si è evoluto da specie animali precedenti".

	Paese	Totale	Vero (%)	Falso (%)	Non so (%)
1	Islanda	500	85	7	8
10	Italia	1006	69	20	11
32	Turchia	1005	27	51	22

Risposte all'asserzione: "I primi uomini sono vissuti nella stessa epoca dei dinosauri".

	Paese	Totale	Vero (%)	Falso (%)	Non so (%)
1	Svezia	1023	9	87	4
23	Italia	1006	32	55	13
32	Turchia	1005	42	30	28



Cattive notizie

[≡ Sezioni](#)[Edizioni Locali](#)[Servizi](#)**CORRIERE DELLA SERA**[ABBONATI](#)[Accedi](#)

Sondaggio Eurobarometro: un italiano su tre crede che i primi uomini siano vissuti ai tempi dei dinosauri



di Orsola Riva



E' il risultato peggiore dei Ventisette: il 34% degli italiani non sa che gli enormi rettili preistorici si sono estinti milioni di anni prima della comparsa dell'uomo

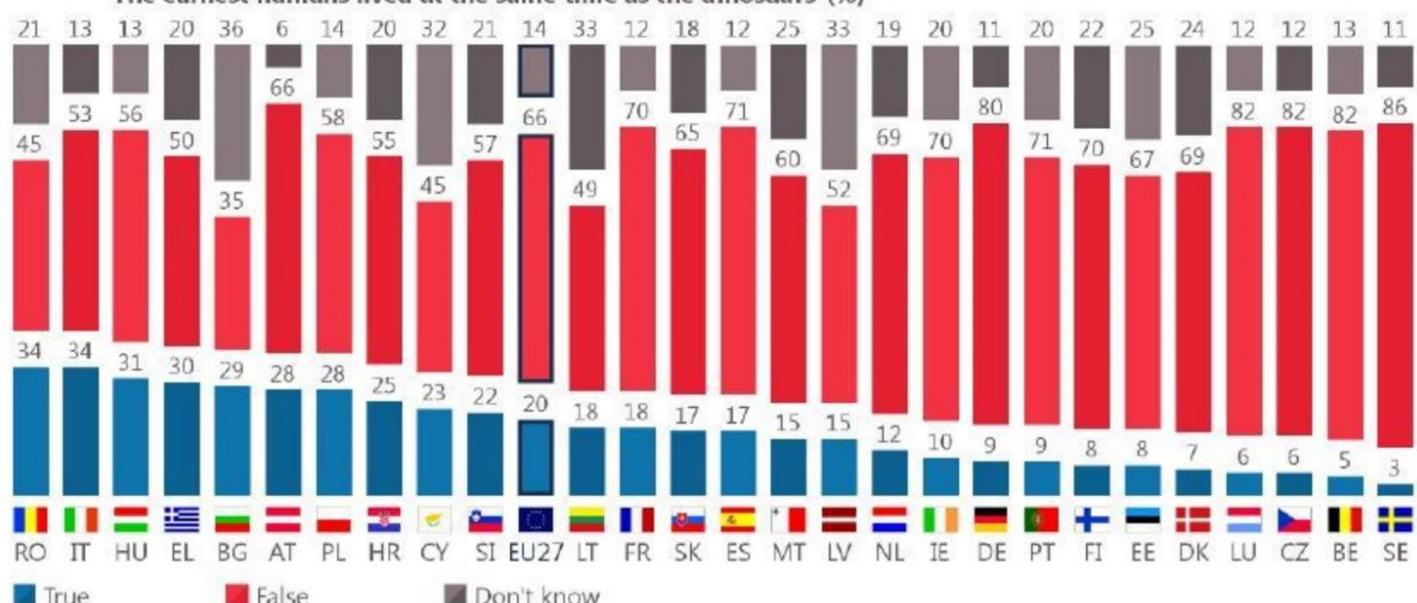


8



QA20.1 Finally, for each of the following statements, please indicate whether you believe them to be true or false. If you don't know, you can just indicate so.

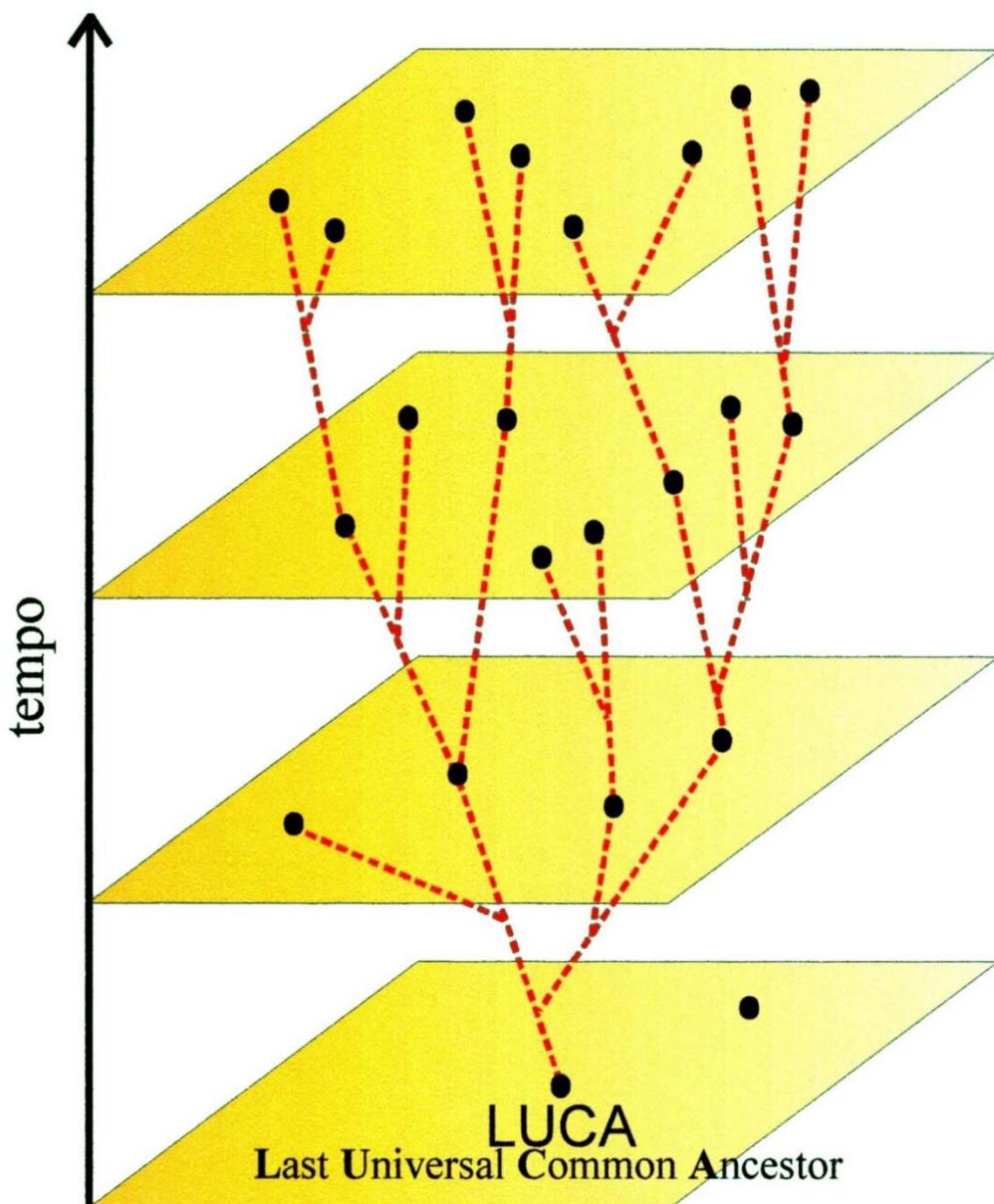
The earliest humans lived at the same time as the dinosaurs (%)



Come riportato dal Corriere della Sera del 3 novembre 2021, rispetto al 2005 le cose non sono affatto migliorate, anzi siamo riusciti perfino ad ottenere il risultato peggiore tra i paesi UE.



Evoluzionismo



Visione dinamica

$A_0 \rightarrow A'_0 \rightarrow A''_0 \rightarrow A'''_0 \rightarrow \dots \rightarrow A_1 \rightarrow A'_1$

generazioni

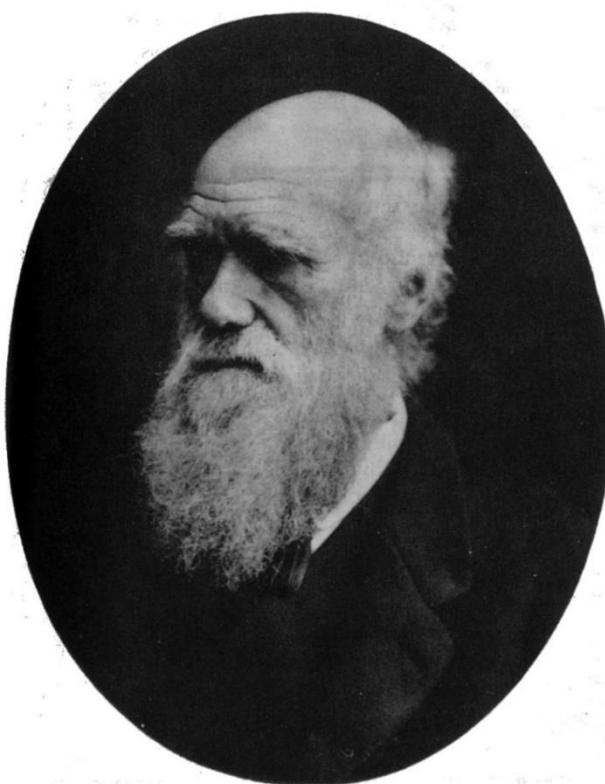
Ogni organismo vivente deriva da uno, o due, altri organismi. Gli organismi attuali differiscono da quelli che esistevano tempo fa. Gli organismi viventi cambiano, anche se lentamente, e quelli attuali derivano da organismi diversi. L'unità del mondo vivente fa ritenere che tutti gli organismi attuali derivino da un progenitore comune. È possibile ricostruire una filogenesi.



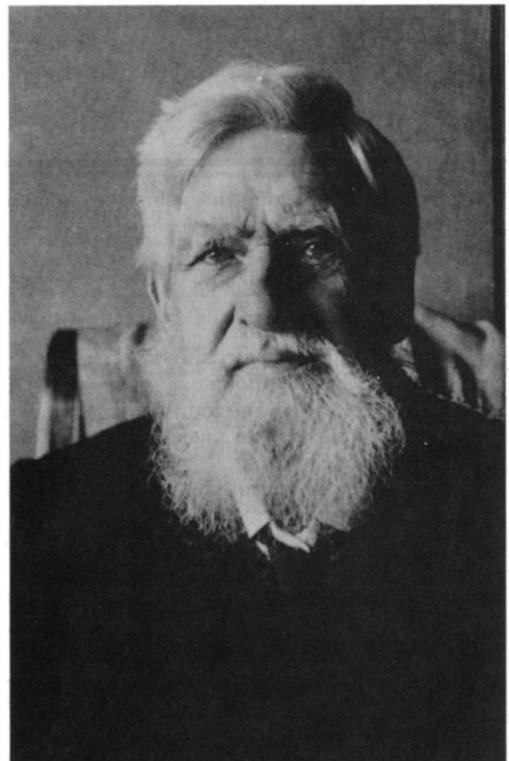
Darwin



Il viaggio del Beagle



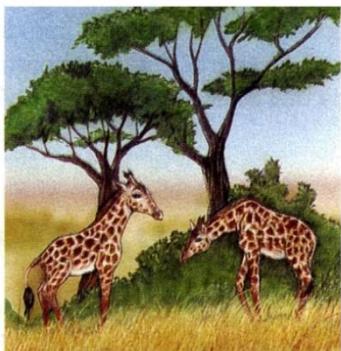
Charles Darwin



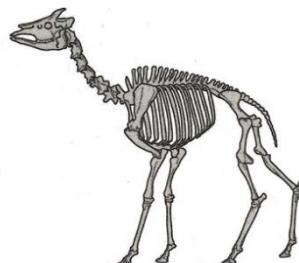
Alfred Russel Wallace

Se volessimo ricordare le date fondamentali della vita scientifica di **Darwin** potremmo limitarci al viaggio che intraprende con il Beagle (**1831-1836**) e all'anno in cui pubblica la sua teoria nel libro "On the Origin of Species by means of Natural Selection" (**1859**).

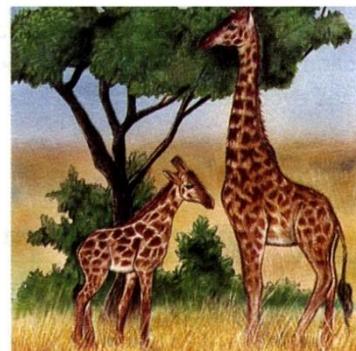
Lamarckismo



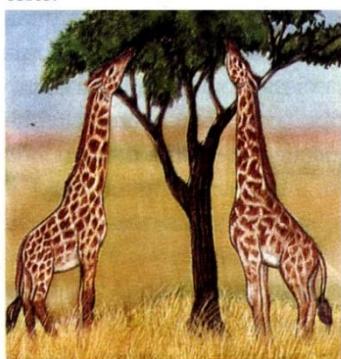
In passato le giraffe avevano il collo corto.



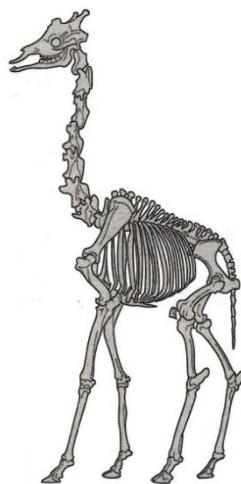
Okapi.



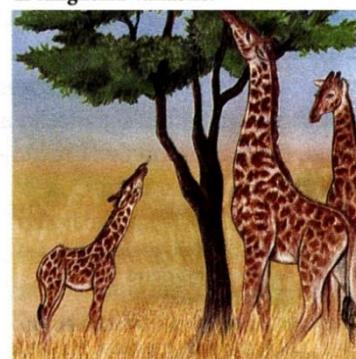
In passato le giraffe avevano il collo di lunghezza variabile.



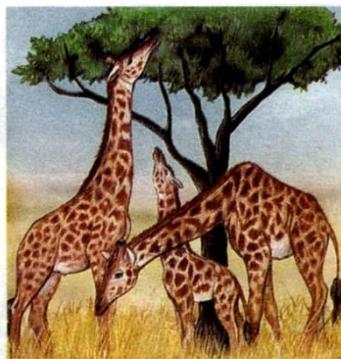
In seguito a cambiamenti climatici, le giraffe iniziarono a stirare il collo per raggiungere le foglie più alte degli alberi.



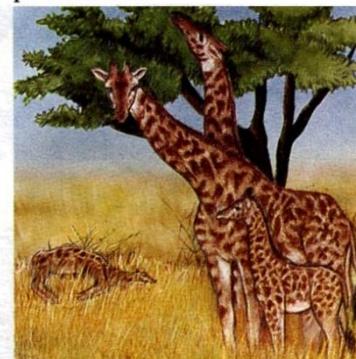
Giraffa.



In seguito a cambiamenti climatici, le giraffe con il collo più lungo riuscivano a cibarsi delle foglie degli alberi più alti; quelle con il collo più corto non potevano farlo.



Le giraffe acquisirono un collo più lungo in seguito all'allungamento e trasmisero questo carattere ai loro discendenti.



Le giraffe con il collo corto morivano; quelle con il collo lungo sopravvivevano e si riproducevano.

A differenza del **creazionismo**, sia il **lamarckismo** (ereditarietà dei caratteri acquisiti), sia l'**ortogenesi** (evoluzione regolare, finalistica e ineluttabile), sia il **mutazionismo** (saltazionismo o evoluzione per salti) sono teorie evoluzionistiche. A differenza del **darwinismo** però, negano o sminuiscono l'importanza della **selezione naturale**. Il mutazionismo, in particolare si contrappone al **gradualismo**. Sostanzialmente oggi tutti gli scienziati credono all'evoluzionismo, ma si dibatte sul ruolo della selezione naturale.



Modelli di crescita

Osservazione 1

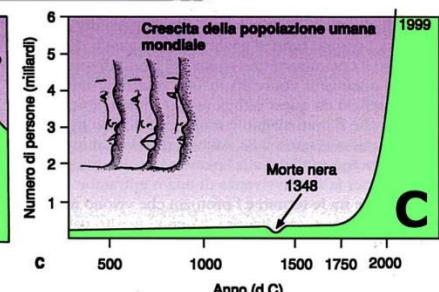
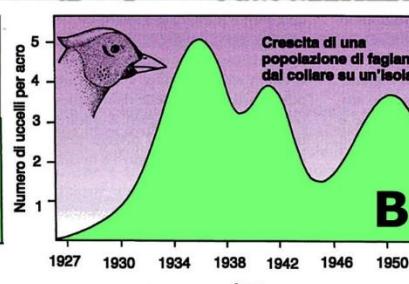
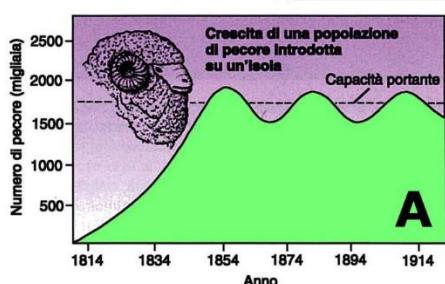
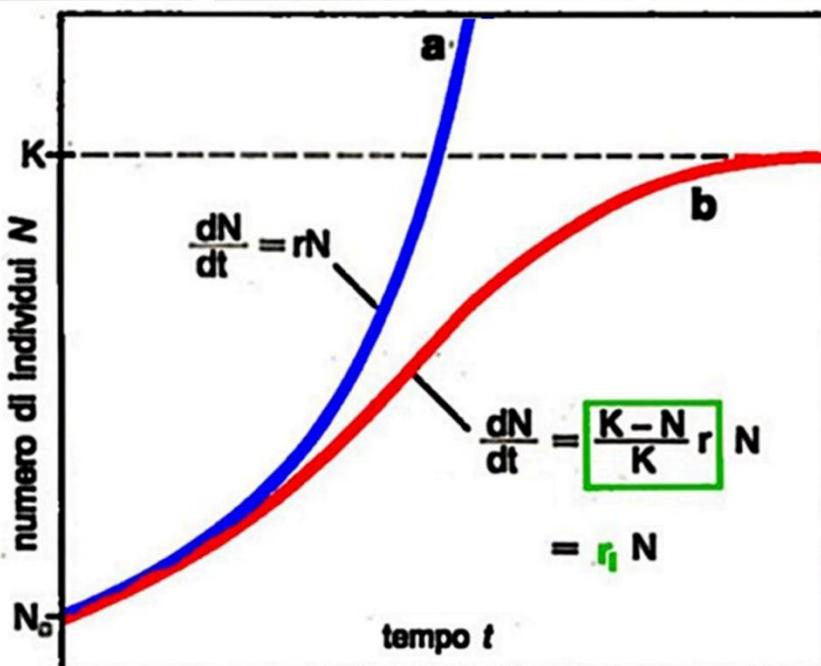
Gli individui hanno una grande fertilità potenziale, che permette una crescita esponenziale delle popolazioni (fonte: Thomas Malthus)

Osservazione 2

Le popolazioni naturali di solito non crescono esponenzialmente ma si mantengono pressoché costanti nel tempo (fonte: Charles Darwin e molti altri)

Osservazione 3

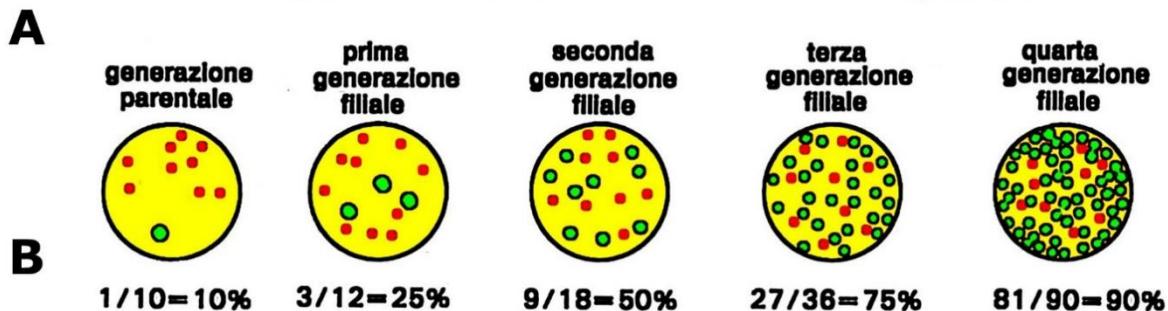
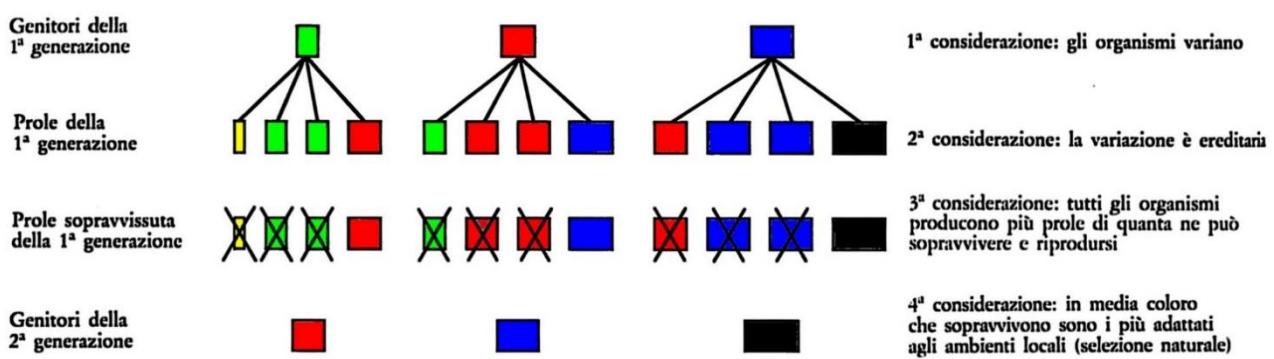
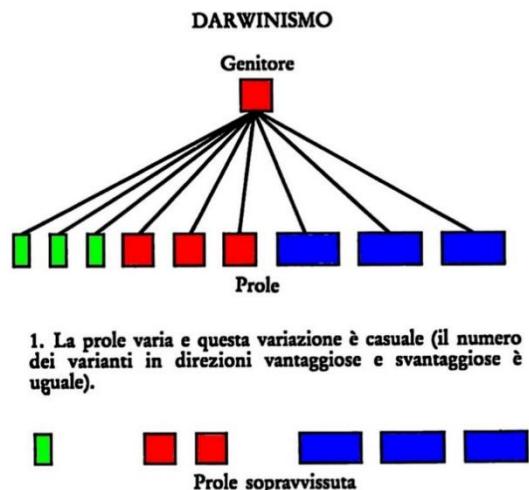
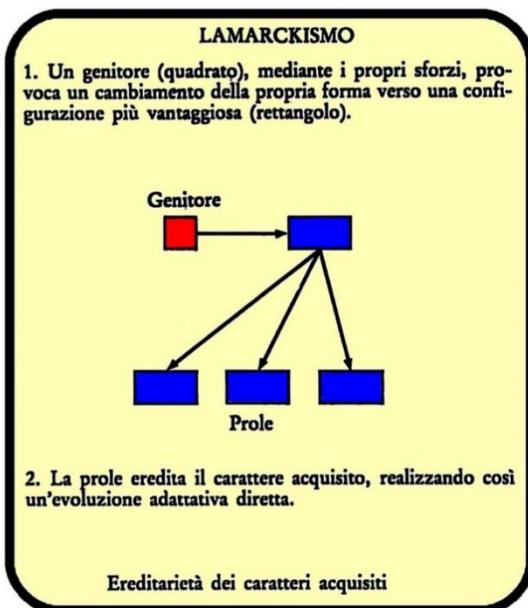
Le risorse naturali sono limitate (fonte: Thomas Malthus)



Il modello della **crescita esponenziale** (in blu) e della **crescita logistica** (in rosso). La prima, in mancanza di fattori limitanti, segue la relazione $N = N_0 \cdot e^r t$. La seconda, viene limitata dalla **capacità portante (K)** dell'ecosistema per la popolazione in esame. r è il **potenziale riproduttivo**. Il termine logistica non ha niente a che vedere con "logaritmo" o "logica". Esempi sono le curve di crescita di popolazioni di pecore (**A**), sotto il controllo dell'uomo, di fagiani dal collare (**B**) e dell'uomo nella storia (**C**). La seconda oscilla perché la capacità portante dell'ambiente fluttua.



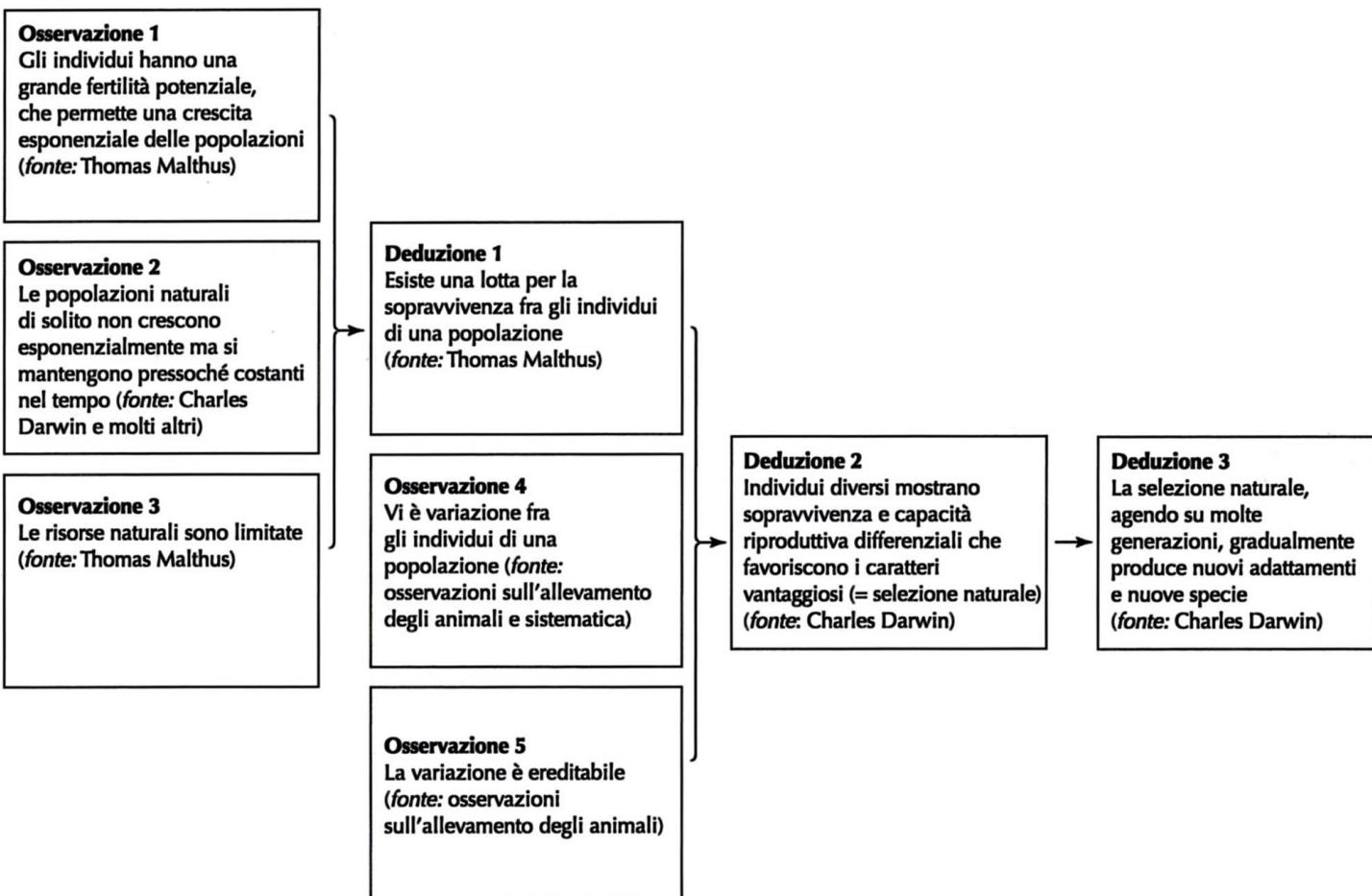
Evoluzione darwiniana



L'evoluzione darwiniana per selezione naturale è un processo a 4 componenti. **(A)** Assumendo che la riproduzione sia sessuale e che una maggior lunghezza del parallelogramma rappresenti un adattamento migliorativo all'ambiente, la loro forma media si sposta nel corso delle generazioni verso rettangoli sempre più allungati. **(B)** Se ammettiamo che in un individuo della generazione parentale insorga una variazione che lo renda in grado di avere più figli, qui 3 contro 1, la **riproduzione differenziale** cambierà rapidamente la composizione della popolazione.



Darwinismo



Il principio darwiniano della selezione naturale contiene implicazioni che non si conciliano né con le speranze umane, né con le tradizioni culturali occidentali. Esso **nega qualsiasi tendenza intrinseca al progresso** che, per esempio, debba condurre necessariamente alla comparsa dell'uomo, limitandosi a parlare esclusivamente di un **adattamento ad ambienti locali mutevoli**. Non contiene alcuna affermazione di principio circa il bene della specie o l'armonia degli ecosistemi, sostenendo che **l'ordine e l'armonia che si osservano in natura si originano come sottoprodotto della selezione**, la quale attribuisce ai singoli individui un maggior successo riproduttivo.

Teoria di Darwin



Gradualismo

Il darwinismo comprende diverse teorie che presentano gradi diversi di criticità. Sulle prime tre elencate sopra non sussistono troppi dubbi:

Discendenza comune

Cambiamento continuo

Moltiplicazione delle specie

Più discussi risultano invece i due punti seguenti:

Ruolo della Selezione Naturale

Gradualismo

Per funzionare la teoria della selezione naturale richiede che:

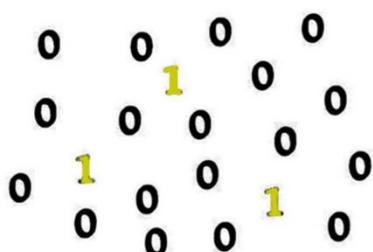
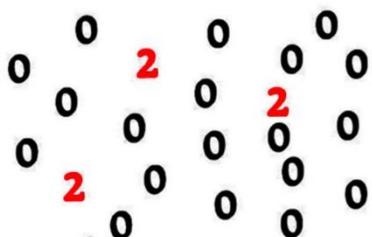
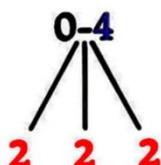
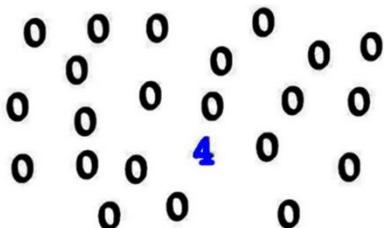
- 1) le variazioni devono essere casuali,**
- 2) gradualismo,**
- 3) presenza di una cospicua variabilità genetica nelle popolazioni,**
- 4) eredità particellare.**

Se queste condizioni non fossero soddisfatte la selezione naturale rivestirebbe solo un ruolo minore nell'evoluzione o non ne rivestirebbe nessuno se non quello, eventualmente di eliminare i fenotipi aberranti.

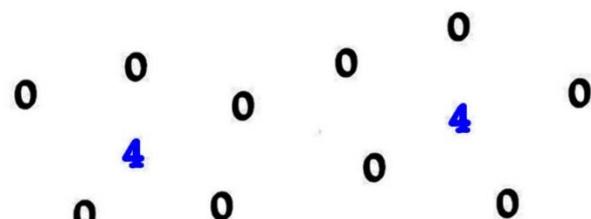
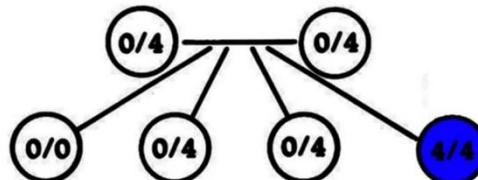
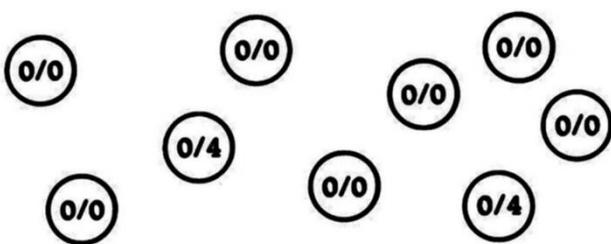
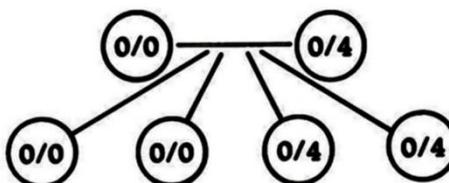
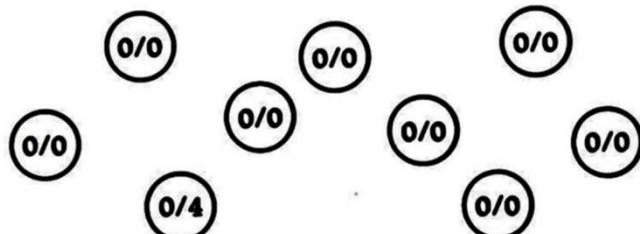


Eredità particellare

Eredità per mescolamento



Eredità particellare

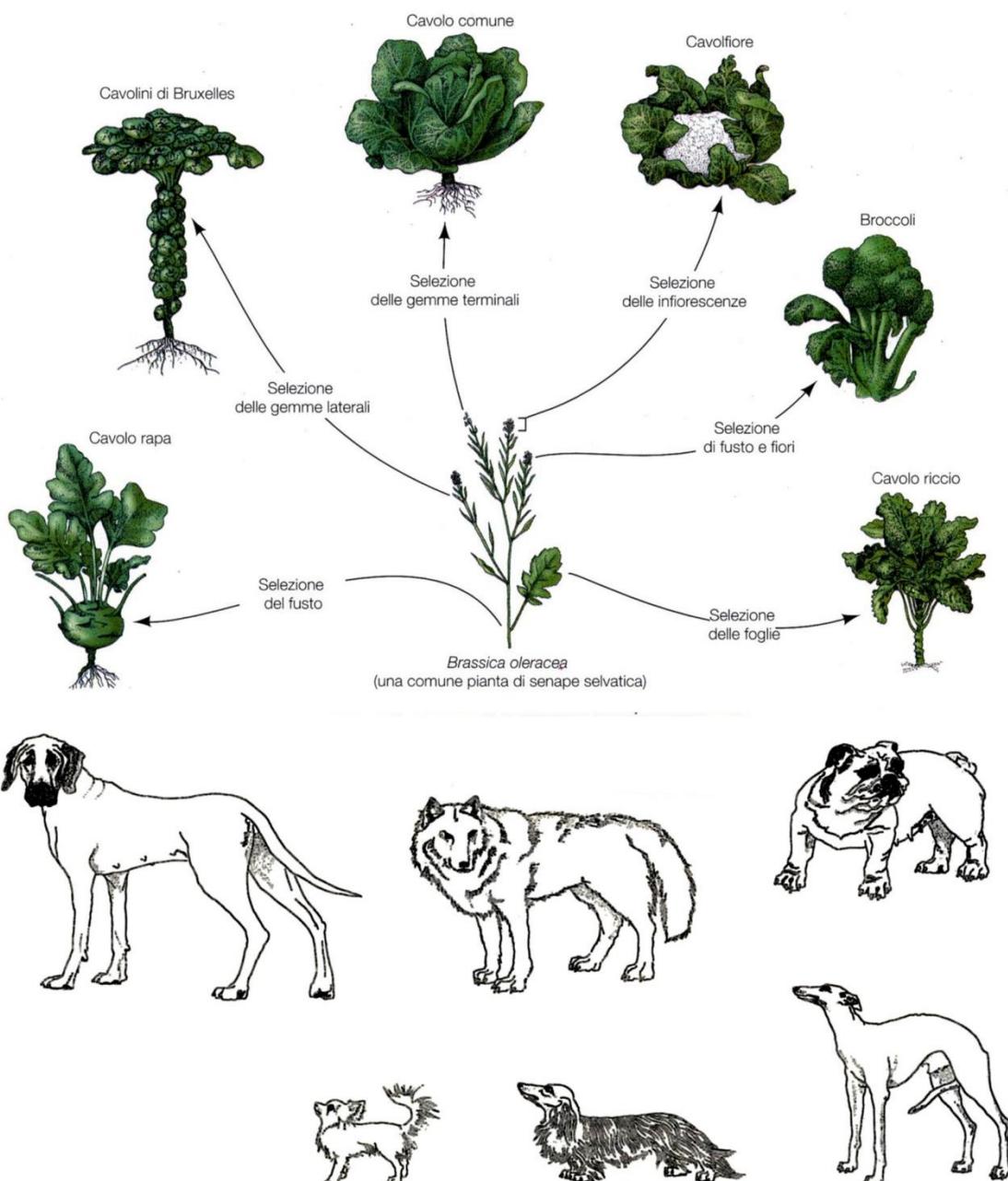


Eredità per mescolamento. In una popolazione di 0 si origina una variante favorevole 4. Se si accoppia con uno 0, cosa inevitabile, la prole avrà fenotipo intermedio 2. Essendo in pochi i 2 si accopieranno con gli 0 dando origine a discendenti 1. Nel tempo la variante favorevole verrà diluita e scomparirà.

Eredità particellare o discreta. In una popolazione di 0 si origina una variante favorevole 4. L'eterozigote 0/4 si accoppia con omozigoti 0/0. L'allele vantaggioso 4 rimane quindi inalterato nella prole. Con il passare del tempo l'allele 4 tenderà a imporsi nella popolazione anche nel caso 4 fosse recessivo e gli eterozigoti 0/4 mostrassero fenotipo 0, purché gli omozigoti 4/4 presentino un vantaggio sugli 0/0.

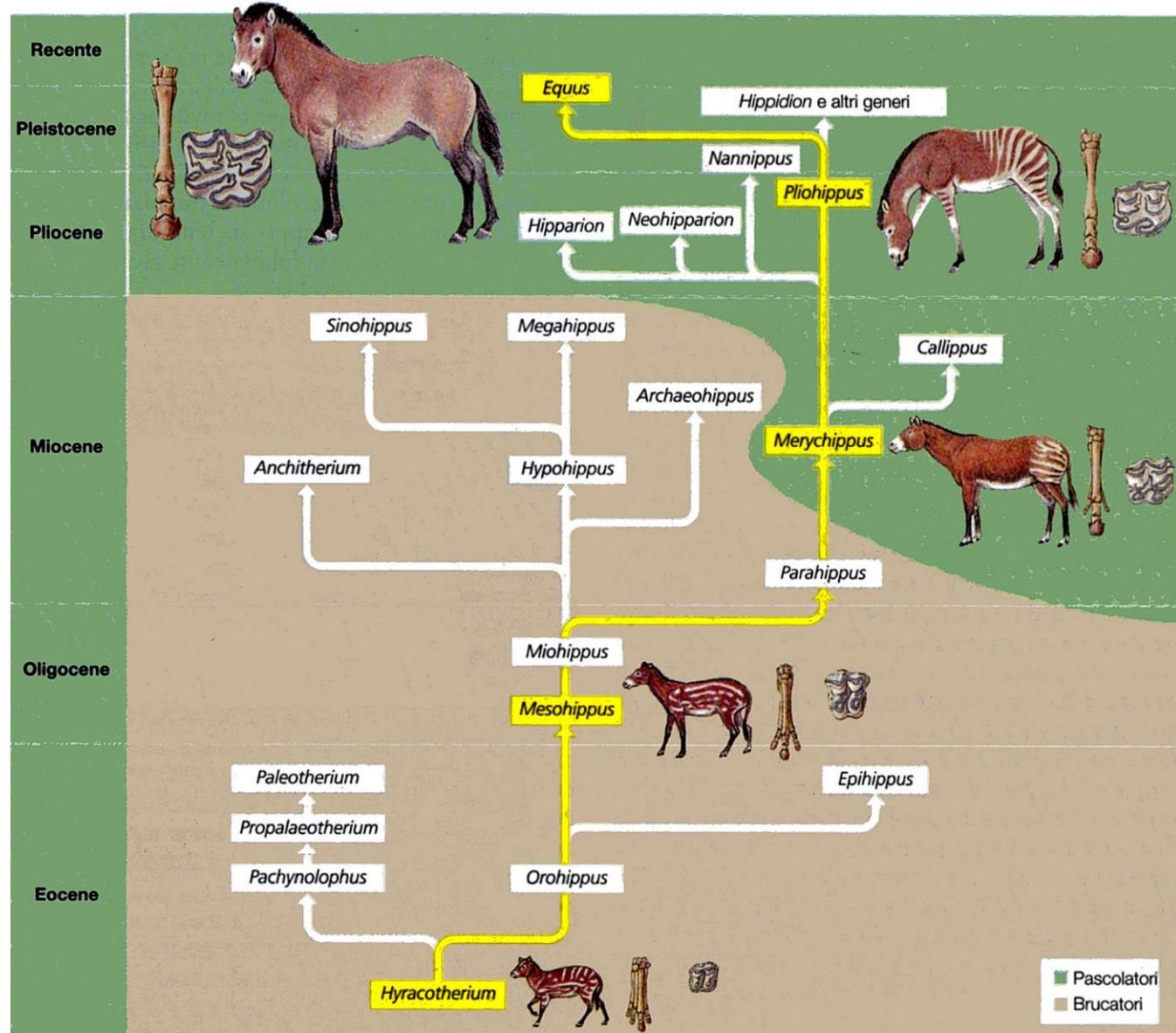


Selezione artificiale



Cominciamo ora a considerare i fatti a favore dell'evoluzione. Gli agricoltori europei hanno selezionato singole piante di **senape**, ciascuna delle quali varia per determinati caratteri dalla media della popolazione. In questo modo hanno ottenuto la produzione di piante caratterizzate da foglie, fusti, gemme o fiori sorprendentemente grandi. Un altro esempio della grande capacità della selezione di modellare forme animali è costituito dai cani domestici. Tutti quelli illustrati sono derivati dallo stesso progenitore selvatico, il **lupo**: danese, bulldog inglese, levriero inglese, bassotto a pelo lungo e chihuahua a pelo lungo.

Fossili

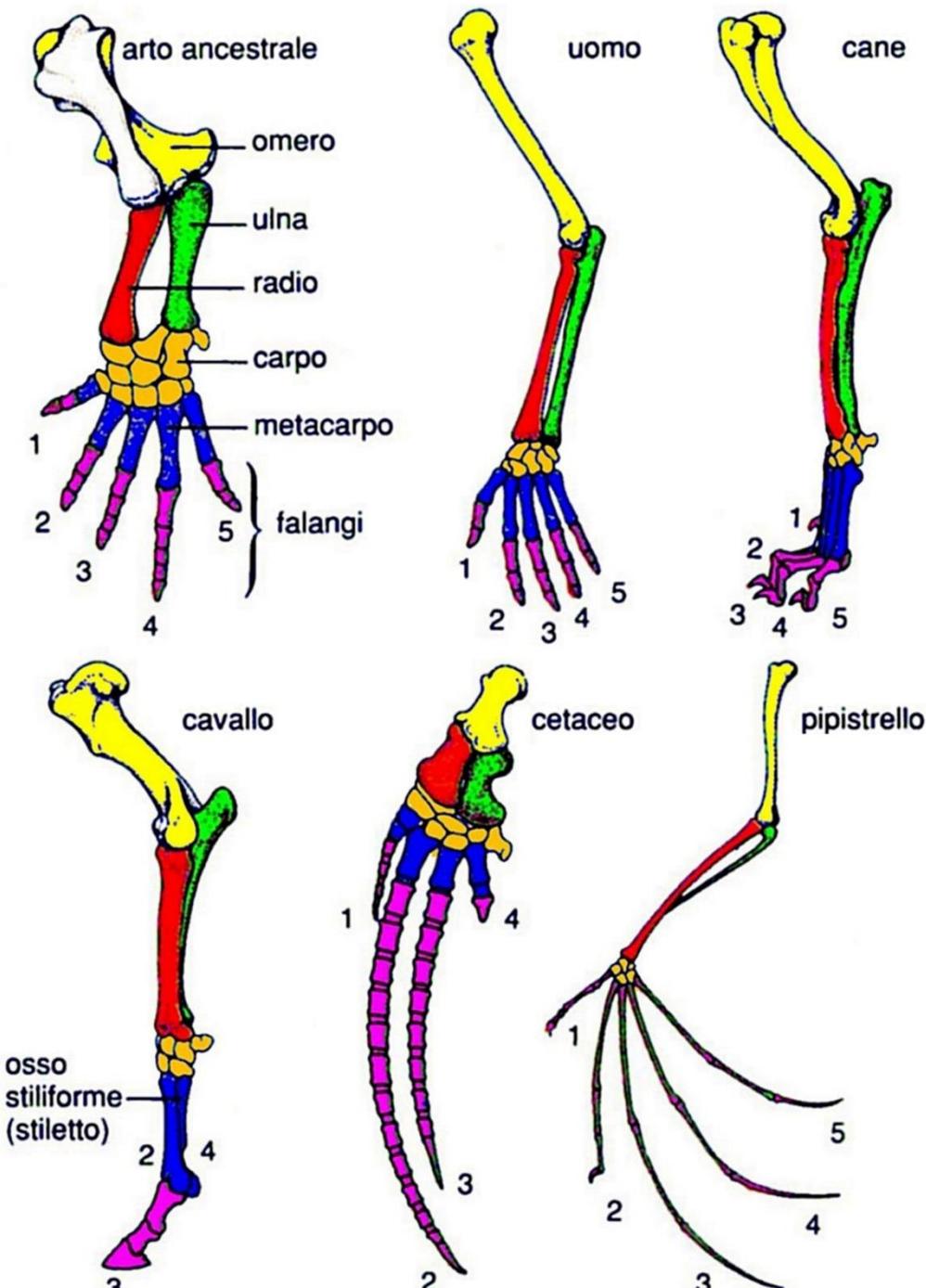


█ Pascolatori
█ Brucatori

Un secondo fatto è la presenza di **sequenze fossili** che confermano l'esistenza di un cambiamento continuo delle forme viventi nel corso del tempo. Bisogna però fare attenzione alle ricostruzioni di sequenze che suggeriscono la presenza di tendenze evolutive **ortogenetiche**. Se consideriamo esclusivamente i cavalli fossili indicati dalla linea gialla, che costituiscono forme intermedie tra i cavalli moderni e il loro antenato dell'Eocene, l'*Hyracotherium*, si ha l'illusione di una tendenza evolutiva verso dimensioni corporee progressivamente maggiori, una riduzione del numero delle dita e una dentatura da pascolatore. In realtà il cavallo è l'unico superstite di un albero evolutivo ramificato e caratterizzato da diverse tendenze divergenti.



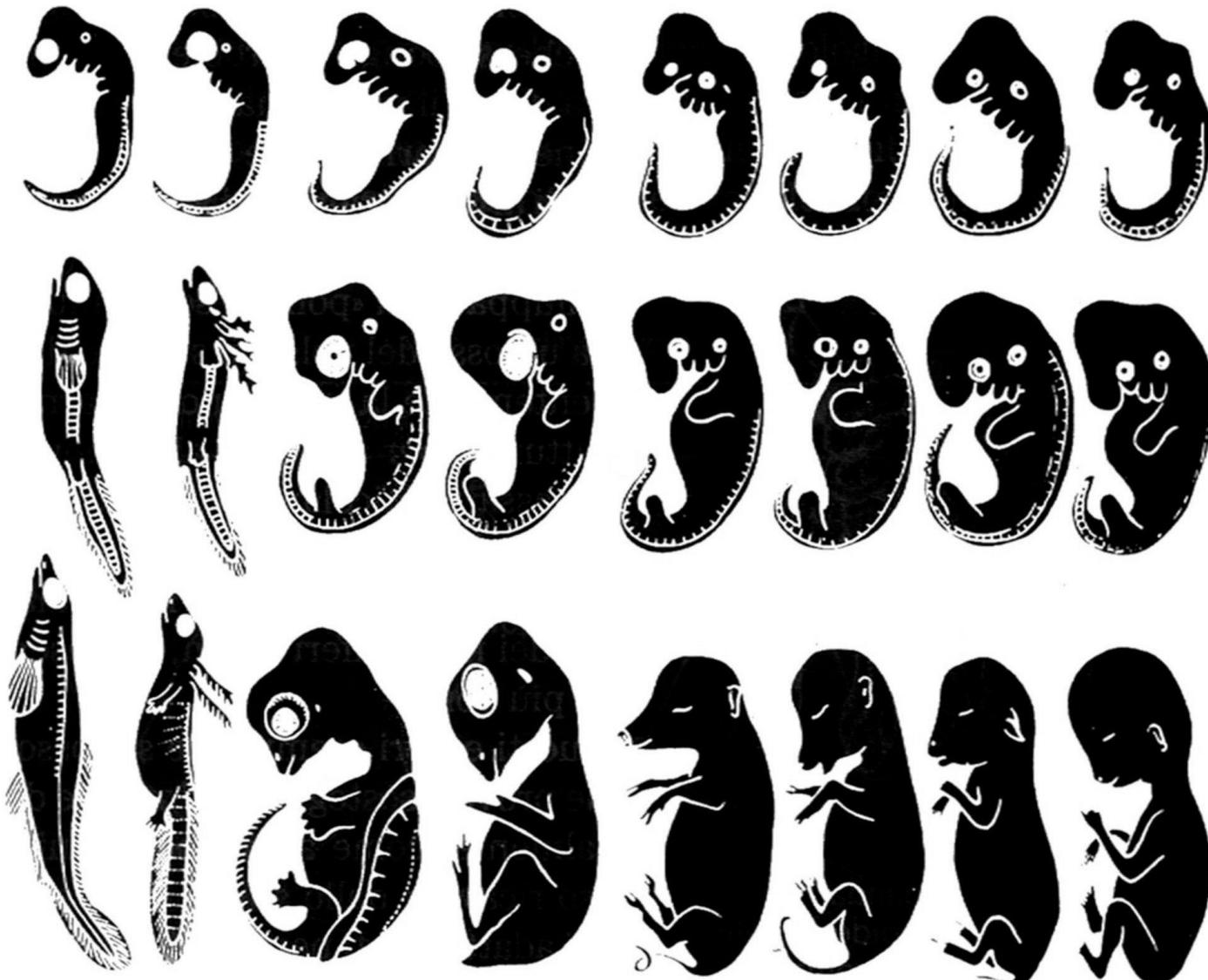
Omologie



Un terzo fatto è la presenza di **strutture omologhe** in specie affini. Perché l'arto anteriore di un mammifero dovrebbe presentare lo stesso numero di pezzi, e gli stessi rapporti reciproci tra questi, anche quando si specializza per svolgere funzioni completamente diverse, assumendo la forma di una **mano** prensile, un'**ala**, una **pinna** o una **zampa**, se le singole specie non l'avessero ereditato da un antenato comune?



Teoria della ricapitolazione

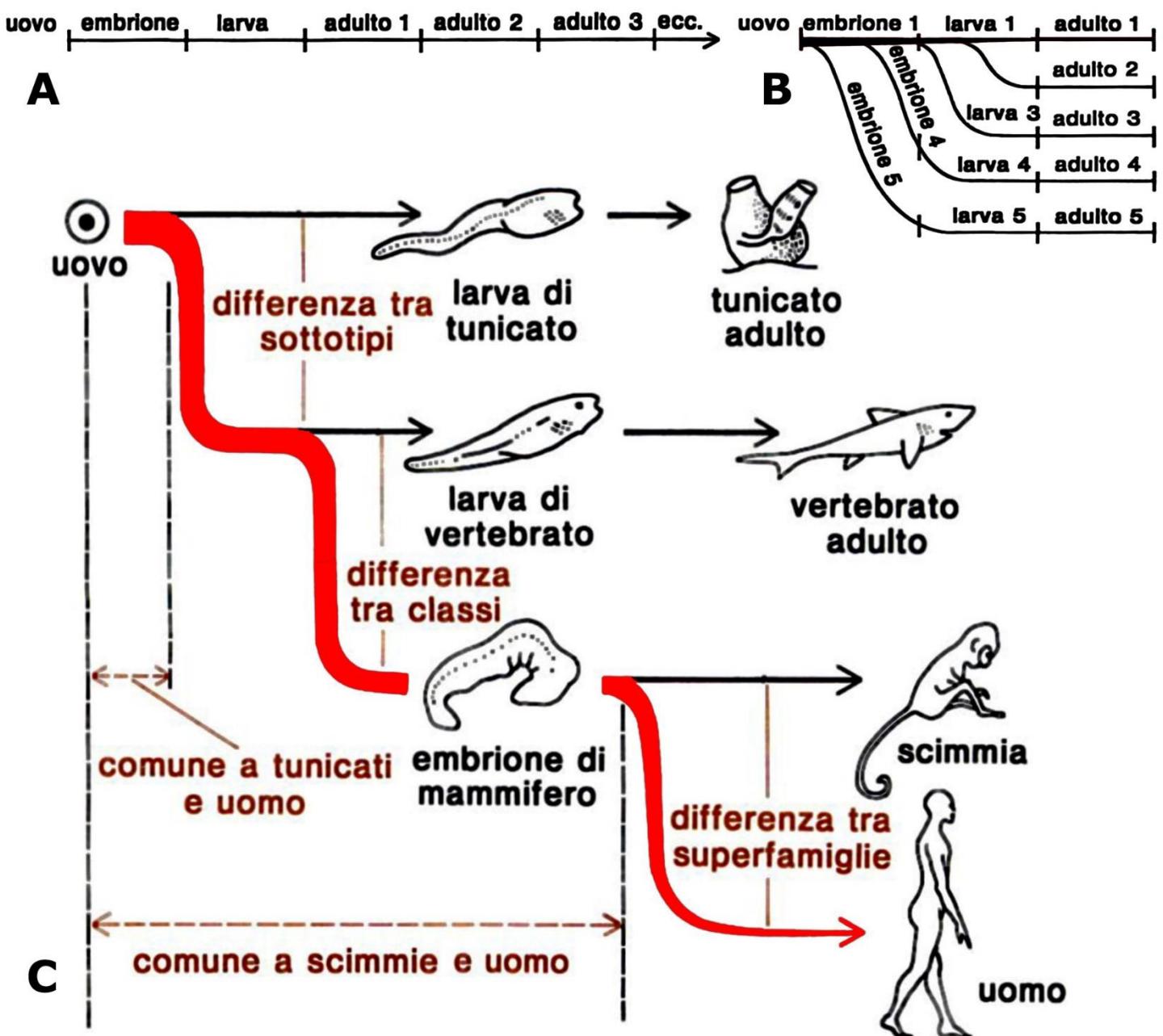


pesce salamandra tartaruga pollo maiale vacca coniglio uomo

Un quarto fatto è rappresentato dalla somiglianza degli stadi di sviluppo. La legge dell'evoluzione di Darwin fu integrata da Haeckel con la **"legge biogenetica fondamentale"**, secondo la quale l'**ontogenesi**, cioè lo sviluppo individuale degli embrioni, sarebbe una ricapitolazione accelerata e parziale della **filogenesi**, cioè la storia evolutiva della specie. Questa teoria si è dimostrata falsa, ma la somiglianza tra gli stadi embrionali di animali affini suggerisce una loro origine comune.



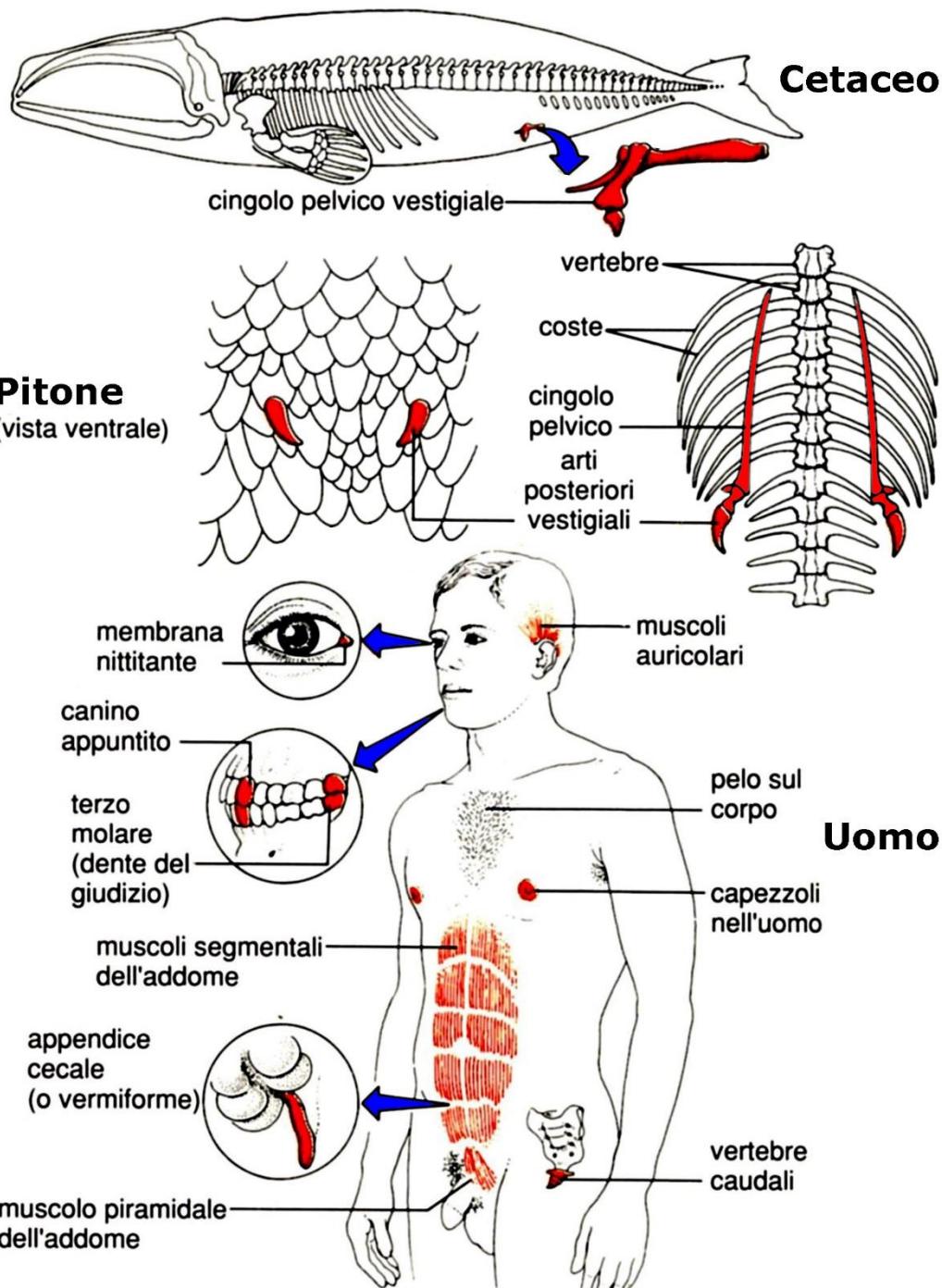
Divergenza di sviluppo



(A) Secondo Haeckel l'evoluzione avviene per aggiunte successive di ulteriori stadi a un preesistente tipo ancestrale di sviluppo. **(B)** In realtà il processo evolutivo avviene per progressiva divergenza di nuovi sistemi di sviluppo a partire da fasi diverse di un sistema ancestrale. **(C)** Un esempio è dato dalla **divergenza di sviluppo** nei cordati. Tanto prima il sistema di sviluppo diverge tanto più diversi appariranno gli adulti e tanto più lontani saranno dal punto di vista tassonomico. Lo sviluppo dei tunicati e quello dell'uomo divergono precocemente, quello delle scimmie e dell'uomo tardivamente. Si noti che gli stadi di sviluppo in comune tra due animali sono soltanto simili, non identici.



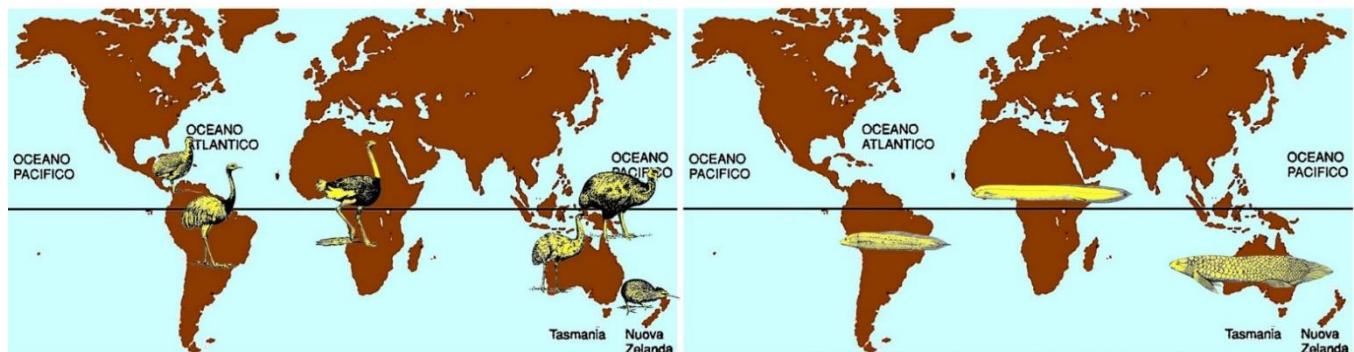
Organi vestigiali



Un quinto fatto è costituito dalle strutture apparentemente inutili. In un certo senso le migliori prove dell'evoluzione sono quelle anomalie e quelle imperfezioni che si possono spiegare solo come retaggio storico. Se i cetacei e i serpenti non si fossero evoluti da antenati muniti di arti posteriori, perché presenterebbero ancora tracce di un cingolo pelvico che non utilizzano mai? Anche se, cercando bene, a qualche cosa servono.

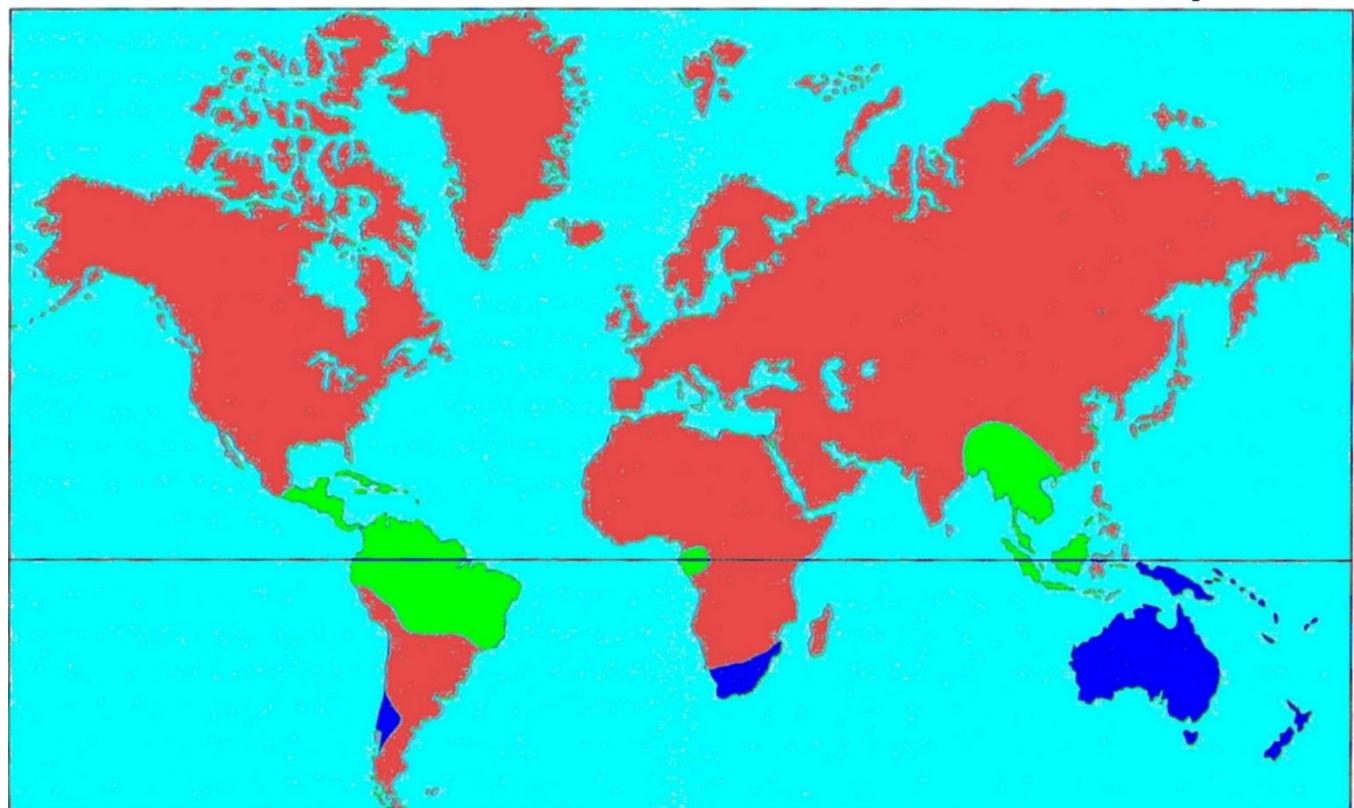


Biogeografia



Distribuzione dei ratiti

Distribuzione dei dipnoi

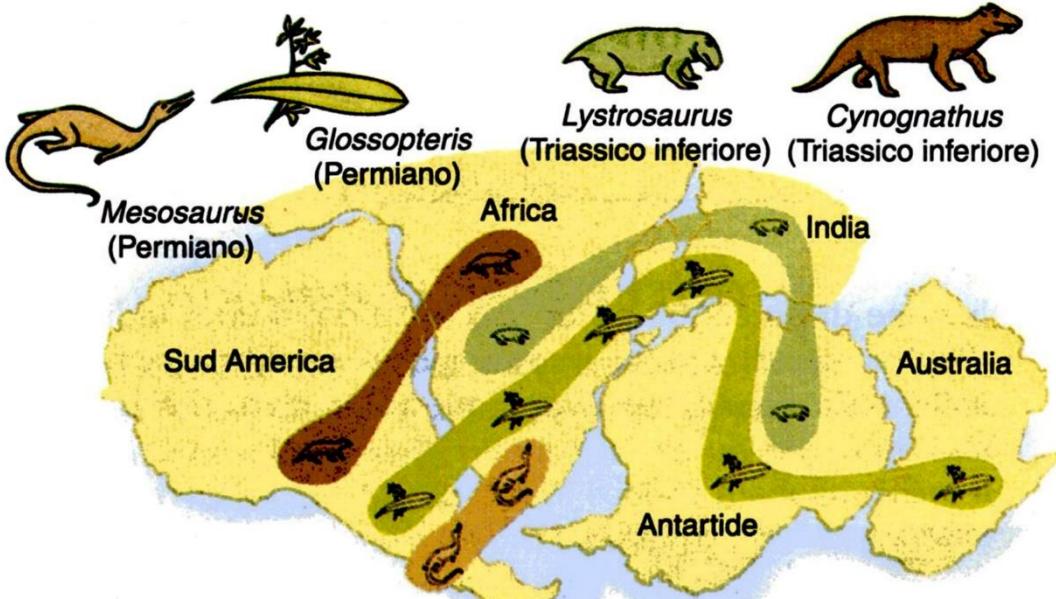
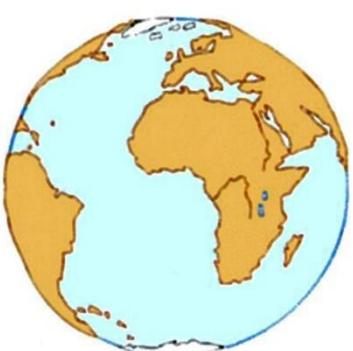
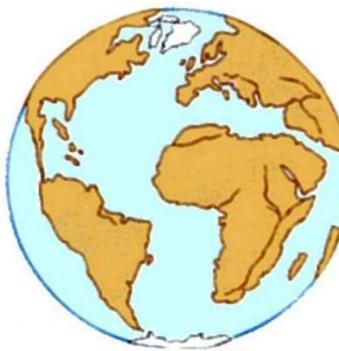
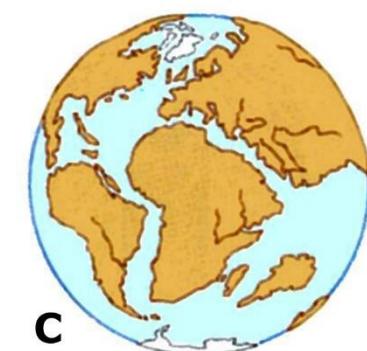
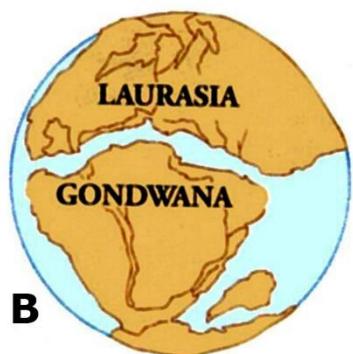


Distribuzione degli onicofori

Un sesto fatto è la distribuzione geografica degli organismi. Perché tutti i parenti degli struzzi e dei pesci polmonati si trovano nell'emisfero australe quando alcuni habitat boreali sarebbero perfettamente adeguati alle loro esigenze? Perché tra gli onicofori i Peripatidae sudamericani sono più parenti più stretti di quelli africani e australiani (aree verdi) che dei loro vicini Peripatopsidae sudamericani, che a loro volta sono parenti più stretti di quelli africani e australiani (aree blu)?

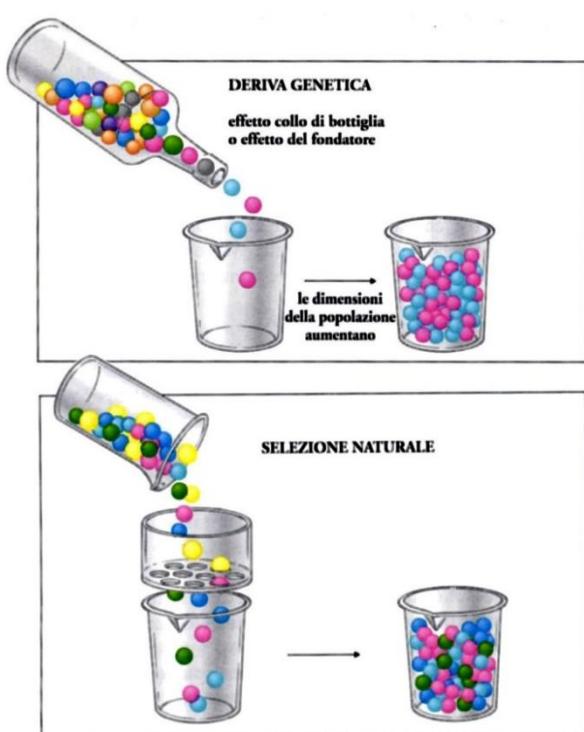
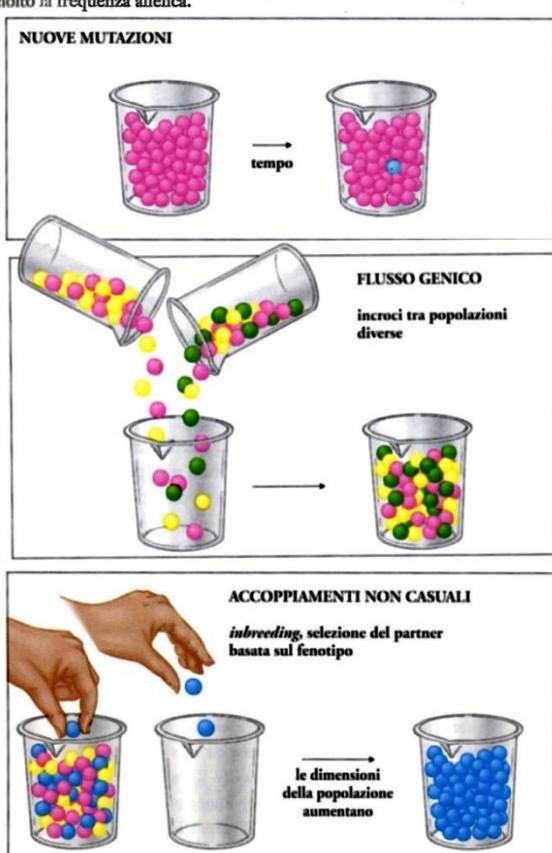
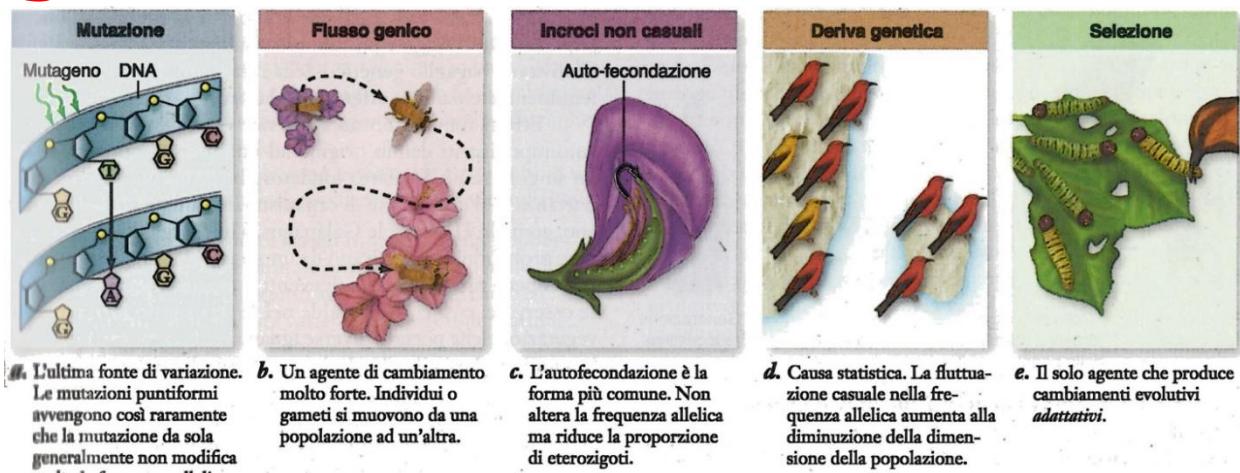


Deriva dei continenti



(A) Circa 200 milioni di anni fa esisteva un solo oceano (**Panthalassa**) e un solo continente (**Pangea**). **(B)** A partire da 20 milioni di anni dopo, Pangea si divise in **Laurasia** e **Gondwana**. **(C)** In seguito la comparsa dell'Atlantico separò le americhe da Eurasia e Africa e infine si giunse alla situazione attuale. La distribuzione di queste 4 specie fossili suggerisce che vivessero in prossimità quando Sud America, Africa, India, Antartide e Australia erano uniti a formare il supercontinente meridionale Gondwana. La stessa cosa si può pensare degli antenati dei ratiti, dipnoi e onicofori attualmente viventi in zone molto distanti.

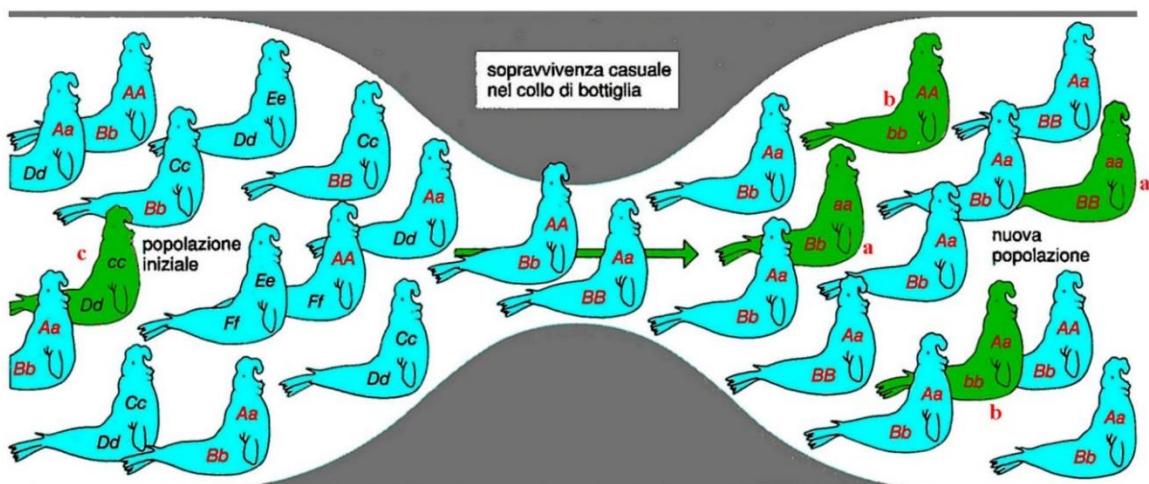
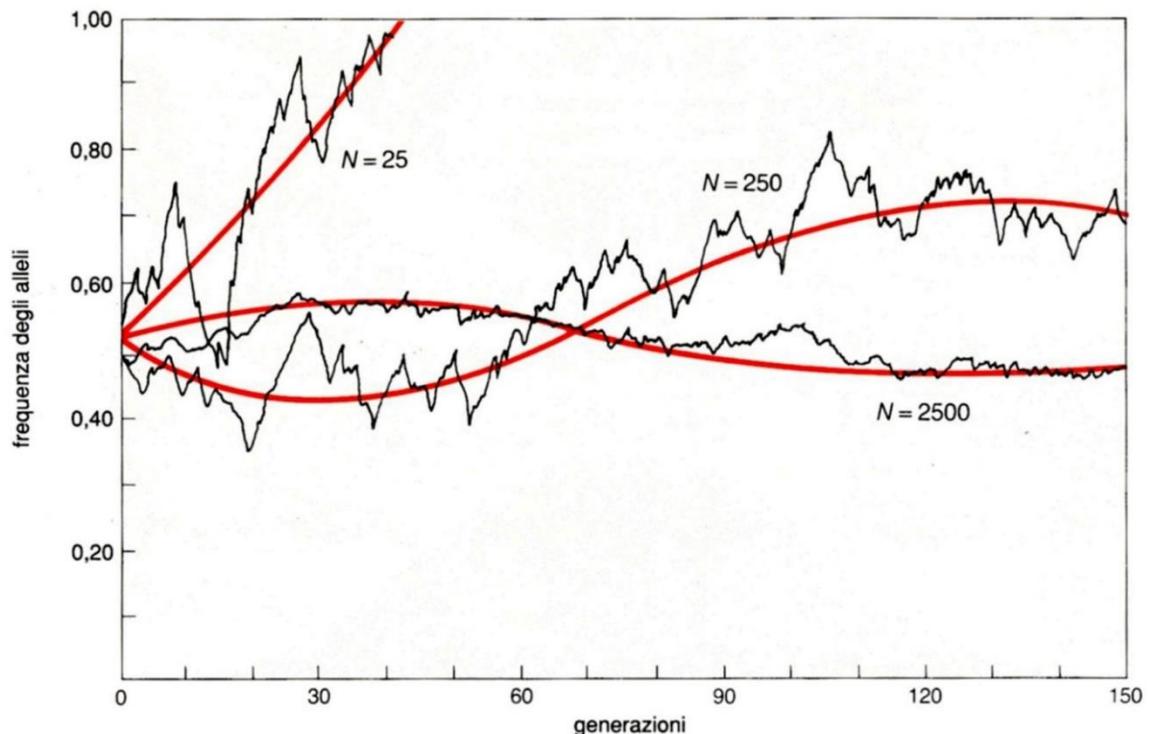
Agenti del cambiamento evolutivo



Per la **Legge di Hardy Weinberg** in una popolazione biparentale, numerosa e panmictica, le frequenze geniche non variano per il solo effetto della genetica mendeliana. I caratteri **dominanti** non sono in grado di imporsi sui caratteri **recessivi** se non intervengono forze in grado di agire sul **cambiamento evolutivo**. Dei 5 agenti qui riportati la selezione naturale è il solo ad essere deterministico e **adattativo**, mentre gli altri sono, di norma, neutrali, anche se gli accoppiamenti non casuali possono presentare un valore adattativo.

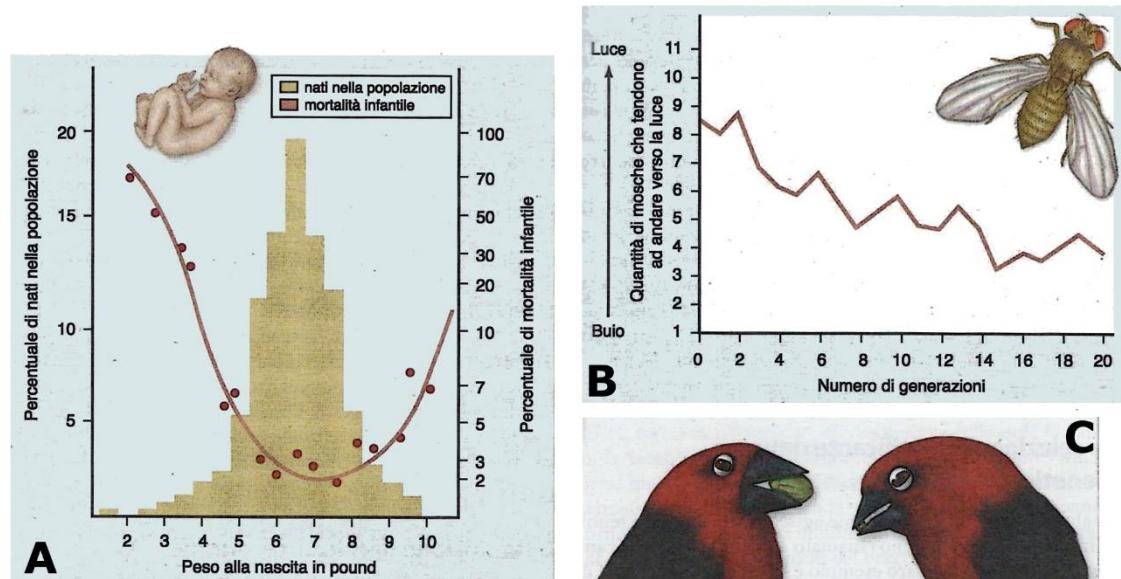
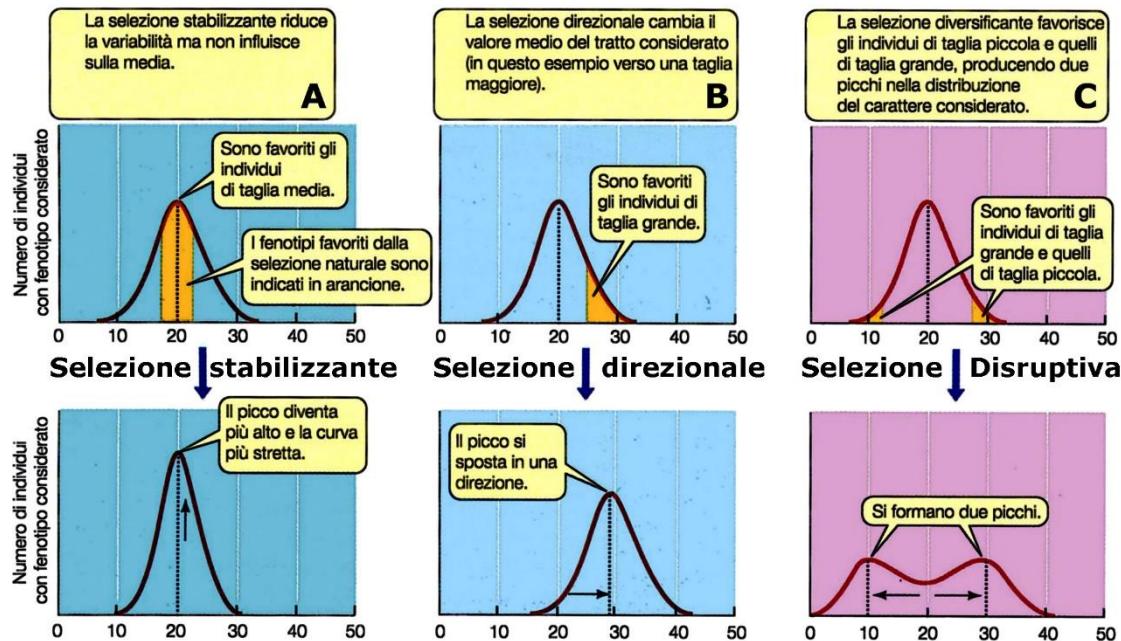


Effetti stocastici



La **deriva genetica** si verifica a causa di eventi stocastici ed è più frequente nelle piccole popolazioni. In una simulazione sono state utilizzate 3 popolazioni di 25, 250 e 2500 individui con frequenze alleliche per due alleli uguali a 0,5. Sono stati poi simulati **accoppiamenti casuali**; le frequenze sono variate più spesso nella popolazione più piccola. Nell'arco di poche generazioni si è giunti alla perdita irreversibile di un allele e alla **fissazione** di genotipi **omozigoti**. Un caso ben studiato è quello dell'elefante marino *Mirounga angustirostris*: alla fine del XIX secolo erano sopravvissuti solamente tra i 100 e i 1000 esemplari. Se una popolazione numerosa si riduce (**effetto collo di bottiglia**), si riduce casualmente la sua variabilità; se dovesse recuperare le dimensioni precedenti, si osserverà un aumento degli omozigoti per **alleli recessivi** (in verde).

Modelli di selezione



La **selezione naturale** opera sui caratteri variabili. Le curve riportano le distribuzioni fenotipiche per un carattere prima e dopo il processo di selezione che ne cambia la forma. Il peso alla nascita è un esempio di **selezione stabilizzante (A)**. Il tasso di mortalità è minore per i bambini con un peso compreso tra i 3,175 e i 3,628 kg. Un caso naturale di **selezione direzionale (B)** è dato dalla farmacoresistenza dei batteri. In laboratorio consentendo solo alle drosofile con fototropismo negativo di riprodursi, in sole 20 generazioni sono diminuite quelle con fototropismo positivo. Le differenti dimensioni del becco del fringuello spaccasemi ventrenero africano sono un esempio di **selezione divergente (C)**.



Critiche al darwinismo

Intelligent Design (Disegno Intelligente).

La complessità dei viventi implica la necessità di un Creatore.

Complessità irriducibile.

L'irriducibile complessità delle singole parti di un meccanismo biologico rende impossibile l'evoluzione di ciascun singolo elemento.

L'evoluzione non è solidamente dimostrata, è solo una teoria.

L'evoluzione non è scienza perché non è osservabile,
non è dimostrabile, non è falsificabile

Alcune strutture biologiche sono troppo improbabili.

La selezione naturale non implica l'evoluzione.

Non esistono forme o fossili intermedi.

L'evoluzione viola la seconda legge della termodinamica.

LaVerità

MERCOLEDÌ
6 MARZO 2019

19

PENSIERO UNICO

Mille scienziati firmano l'appello anti Darwin

Per i 210 anni dalla nascita del biologo, un manifesto internazionale contesta le sue teorie sull'evoluzione. La critica principale: «La selezione naturale non spiega la complessità della vita». Mentre nel mondo i dubbi si moltiplicano, in Italia discutere è vietato

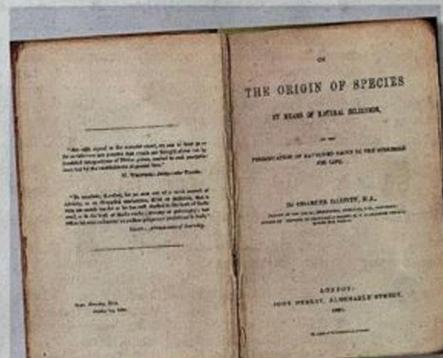
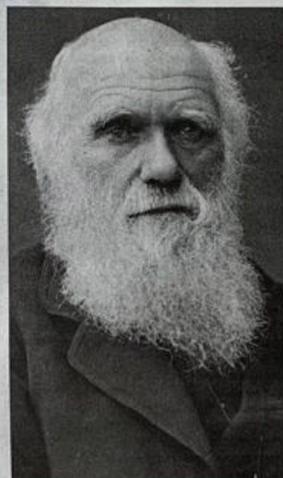
di FABRIZIO CANNONE

 Per i 210 anni dalla nascita di Charles Darwin (1809-1882), una lunghissima lista di 1.000 uomini di scienza ha ribadito per l'ennesima volta che le sue teorie evoluzionistiche non reggono, o quanto meno risultano oggi strutturalmente ca-

renti. Quanto si parla di critica al darwinismo, specie sui giornali e sulle riviste progressiste e scientifiche (tipi *La Repubblica*, *Le Scienze*, *Focus*), presto o tardi fanno capolino Gesù, la Genesi, il fondamentalismo americano, i testimoni di Geova, Donald Trump o i guru di non si sa quale setta. E c'è un motivo. Dando per scontato che Darwin e la sua teoria siano scien-

ze marini nel celebre libro (edito da Feltrinelli) intitolato *Gli errori di Darwin* (2010). Secondo Wikipedia i due studiosi sostengono «che il principio darwiniano di selezione naturale e di progressivo adattamento all'ambiente non è verificabile. Anzi, con grande probabilità, è sbagliato». E già questo non è poco.

Nel 2017 due altri ricercatori italiani, Achille Damasco e Alessandro Giuliani, hanno dato nuovo vigore allo scetticismo verso la darwinianità di molti pubblican-



POLEMICHE A sinistra, Charles Darwin. Sopra, il frontespizio del suo libro *L'origine della specie* (1859) [Ansa]. Sotto, un'esemplificazione del concetto di evoluzione

alcuni di essi si proclamano buddisti o ateti.

Tra i mille firmatari, il professor Marcos Nogueira Eberlin, membro dell'Accademia delle scienze del Brasile, ha dichiarato come sintesi: «Come biochimico sono diventato scettico sul darwinismo quando mi sono confrontato all'estrema complessità del codice genetico e alle sue numerose e intelligentissime strategie, messe in atto per codificare, decodificare e proteggere le informazioni».

Ma già il grande fisico italiano Antonino Zichichi scriveva: «Gli oscurantisti sono coloro che pretendono di fare assurgere al rango di verità scientifica una teoria priva di una pur elementare struttura matematica e senza alcuna prova sperimentale di stampo galileiano». Galileo Galilei infatti voleva provare a dimostrare con que-

del mondo: Yale, Princeton, Cambridge, l'università Ben Gurion, l'Accademia delle scienze di Mosca e tante altre.

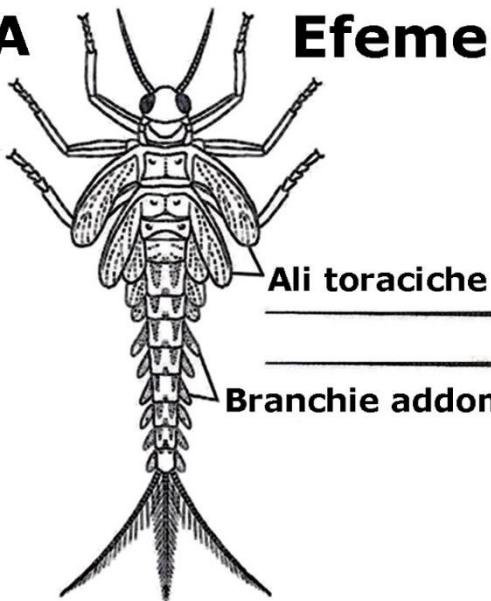
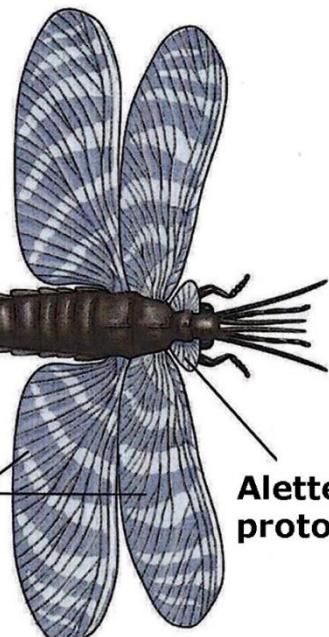
L'universalità delle con-



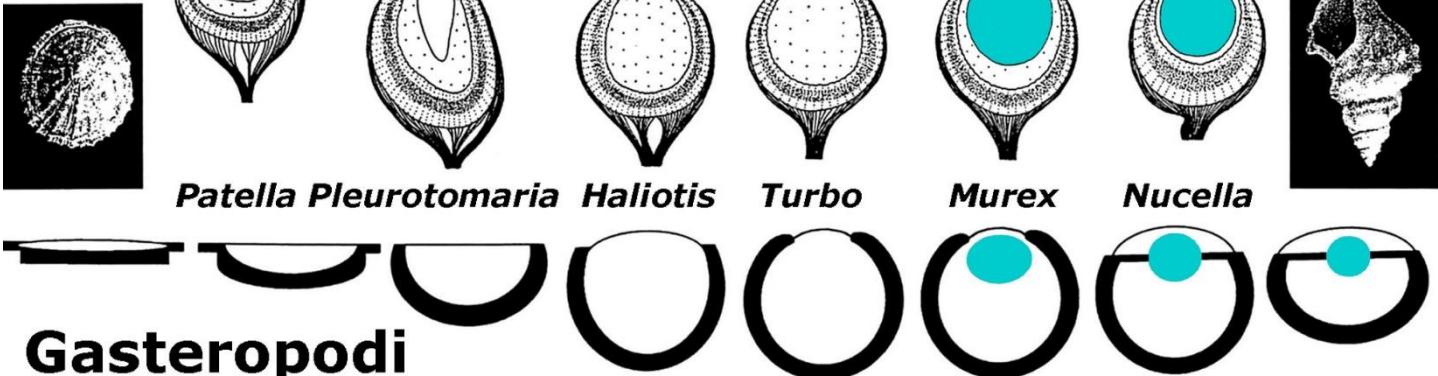
Esattamento

A

Efemerottero

**Ali toraciche****Branchie addominali**

Paleottero

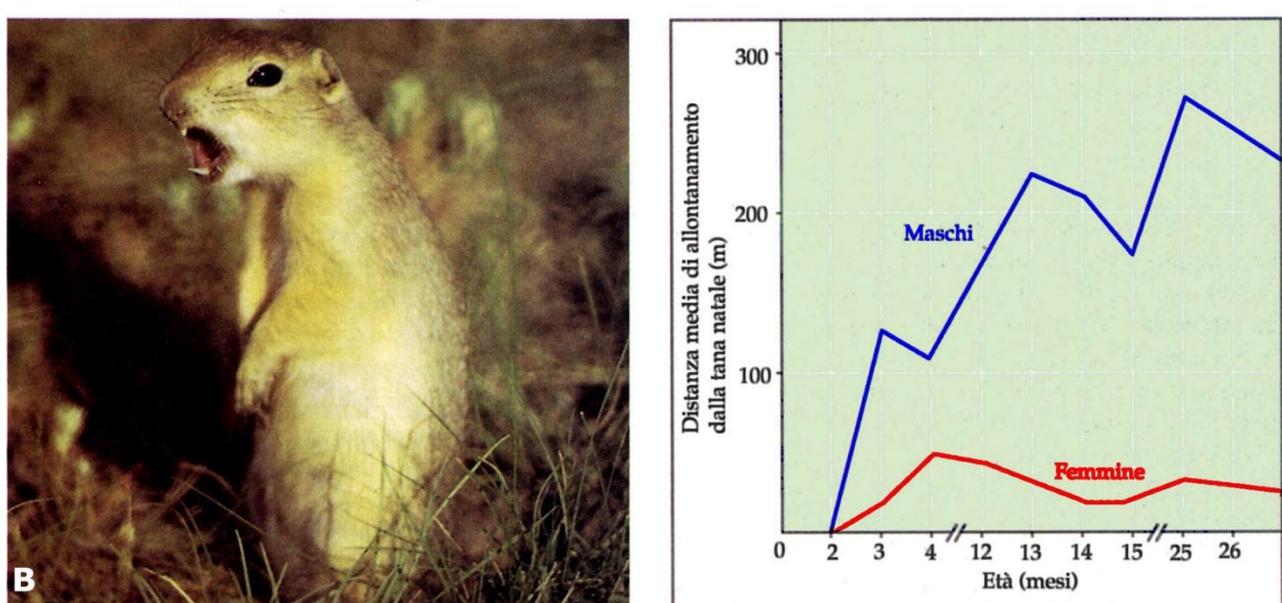
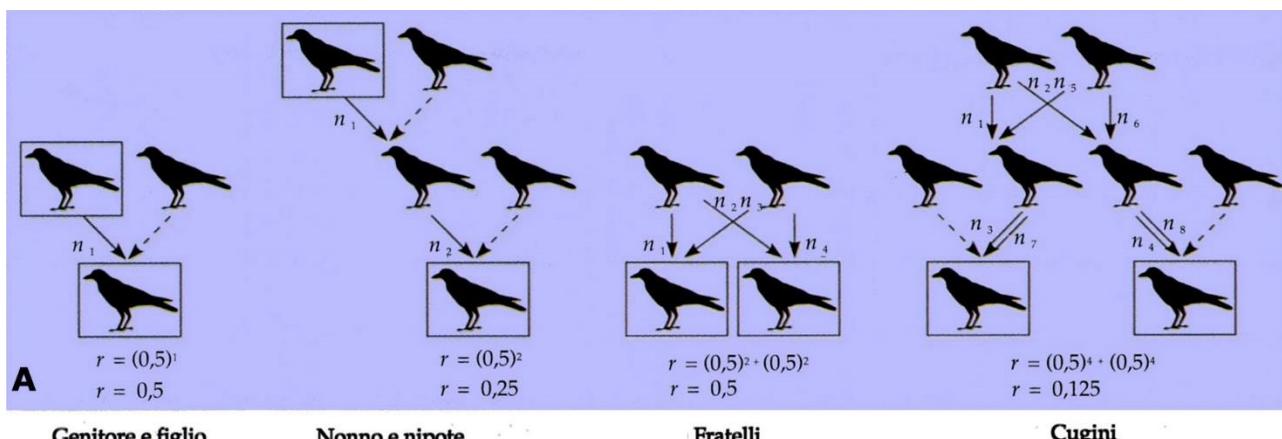
Ali funzionali**Alette protoraciche****B**

Gasteropodi

Due esempi ipotetici di **esattamento**, ovvero la variazione d'uso di una struttura evolutasi per uno scopo differente. **(A)** Ninfa di efemerottero del Paleozoico con alette toraciche e di paleottero del Carbonifero con 2 paia di ali funzionali e 2 alette protoraciche. Queste alette potevano essere adoperate per la termoregolazione. **(B)** Simulazione del processo evolutivo di un occhio con lente attraverso la comparazione di reali stadi intermedi in specie viventi di gasteropodi. In passato si adoperava il termine **preadattamento**, ma questo suggeriva un finalismo che a molti scienziati appare del tutto inopportuno. Potremmo chiosare la questione così: "La lingua è perfetta per parlare, ma non è nata per questo scopo!"



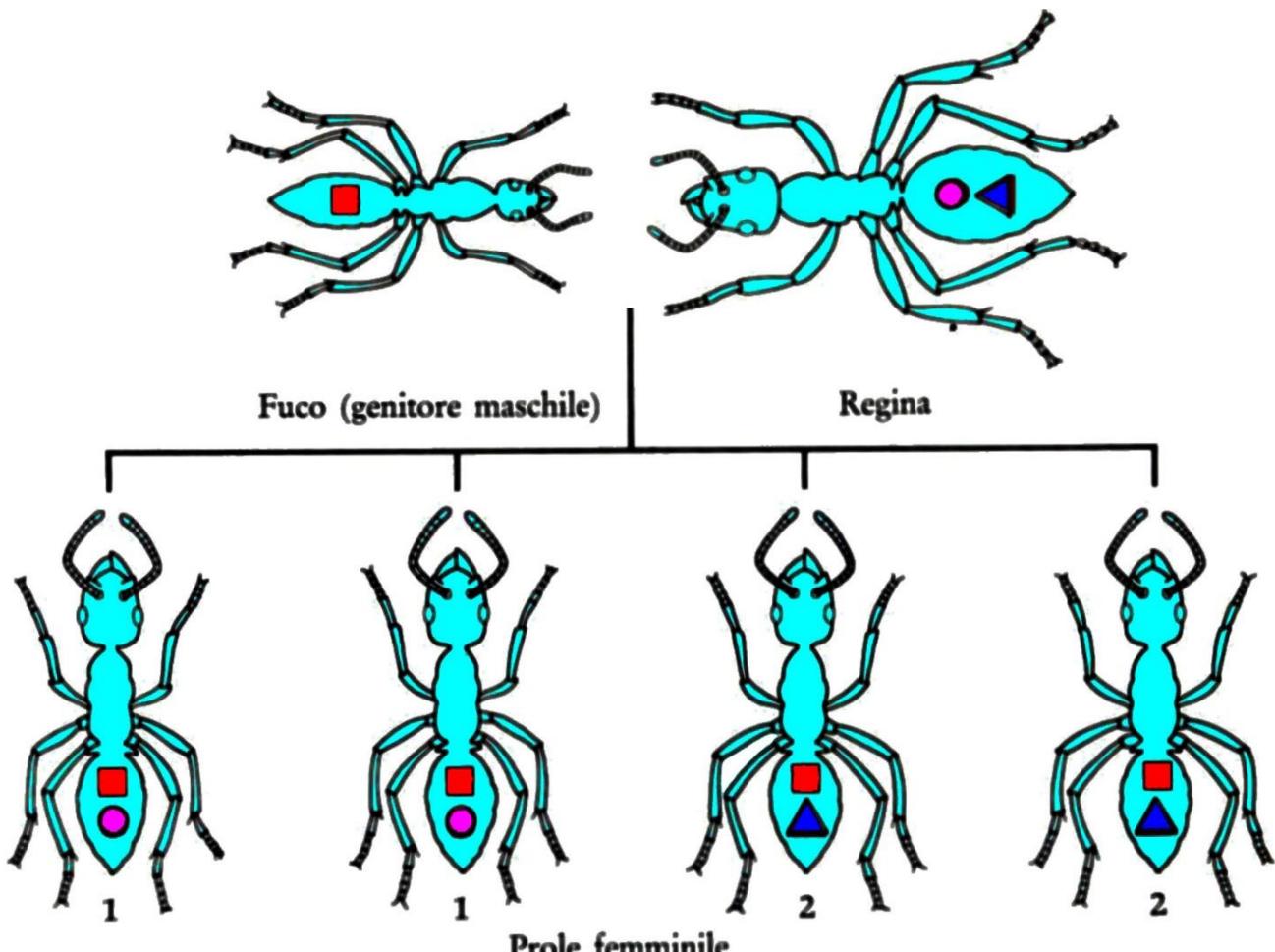
Altruismo



(A) Durante ogni salto generazionale la meiosi si traduce in uno 50% di probabilità che un certo allele presente in un genitore passi a uno dei figli. Il **coefficiente di parentela** si calcola dunque come $0,5^n$, dove **n** rappresenta il numero di passaggi generazionali. Le frecce intere indicano i legami **n** della storia familiare che risultano rilevanti, quelle tratteggiate quelli che possono essere ignorati per calcolare i rapporti tra i due individui compresi nei rettangoli. Nel caso dei fratelli e dei cugini vi è più di una possibilità per cui gli individui possono ereditare alleli da un comune antenato. **(B)** Nello scoiattolo terricolo di Belding (*Spermophilus beldingi*) i **segnali di allarme** vengono emessi in prevalenza dalle femmine. Dato che, dopo lo svezzamento, queste si allontanano meno dalla colonia originaria, all'interno di un certo territorio le femmine risultano più strettamente imparentate, per cui l'**altruismo** dell'individuo che lancia il segnale ne aumenta la **fitness**.



Altruismo negli imenotteri



Fra il tipo 1 e il tipo 1	100%
Fra il tipo 1 e il tipo 2	50%
Fra il tipo 2 e il tipo 1	50%
Fra il tipo 2 e il tipo 2	100%

Media 75%

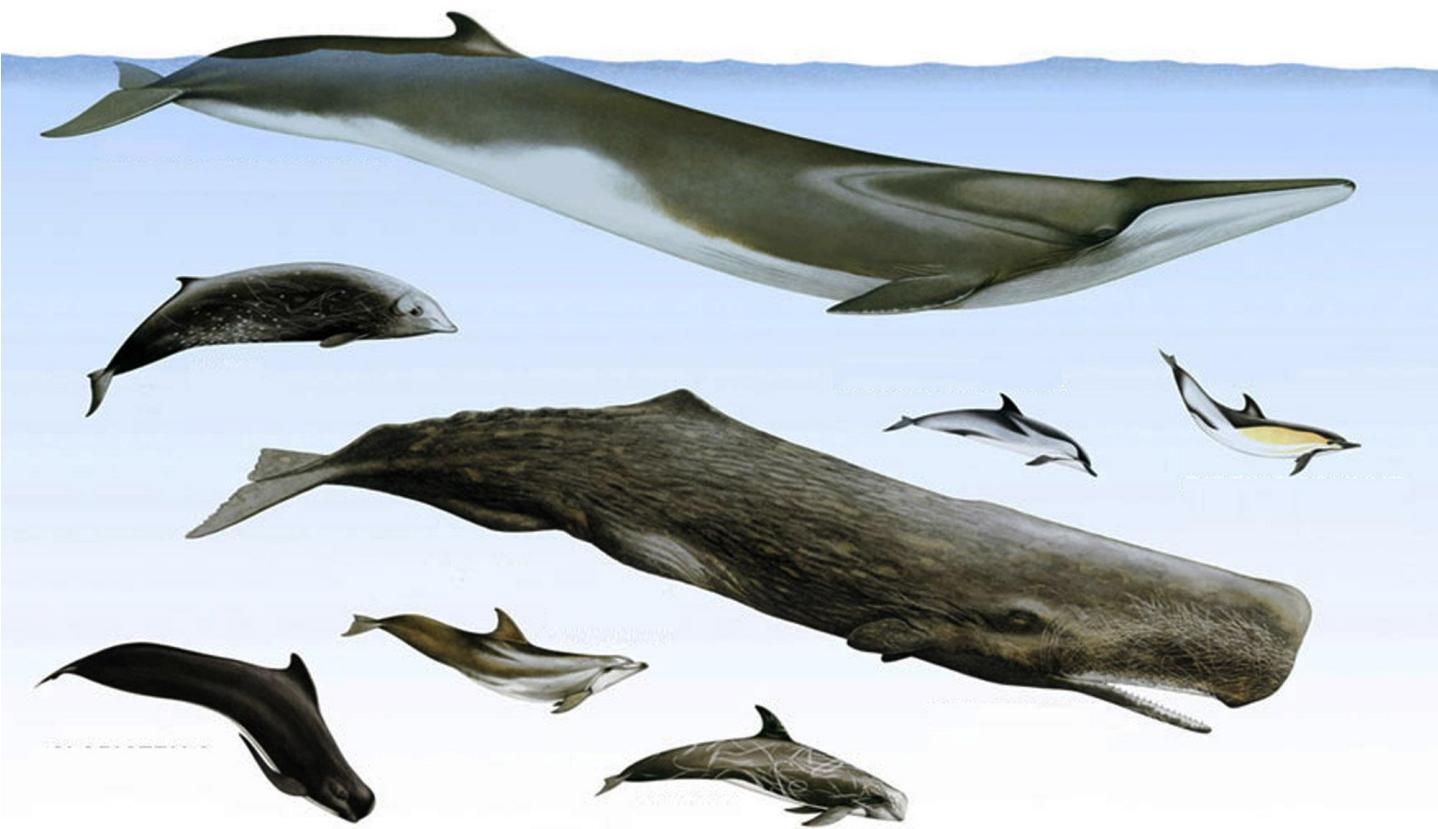
Fra regina e il tipo 1	50%
Fra regina e il tipo 2	50%

Media 50%

La gran parte degli imenotteri sono arrenotochi. Il maschio, aploide, possiede un solo allele per ogni gene per cui lo trasmette a tutti i figli. L'ape regina, diploide, possiede due alleli per ogni gene, ciascuno dei quali viene trasmesso a metà della prole. Prendendo due femmine a caso esse avranno il 100% o il 50% dei geni in comune, per cui le sorelle risultano imparentate al 75%. Un'ape operaia che aiuti sua madre a crescere le proprie sorelle otterrà una fitness superiore a quella che potrebbe raggiungere generando dei figli propri dato che con questi risulterebbe avere, come la regina, solo il 50% dei geni in comune.



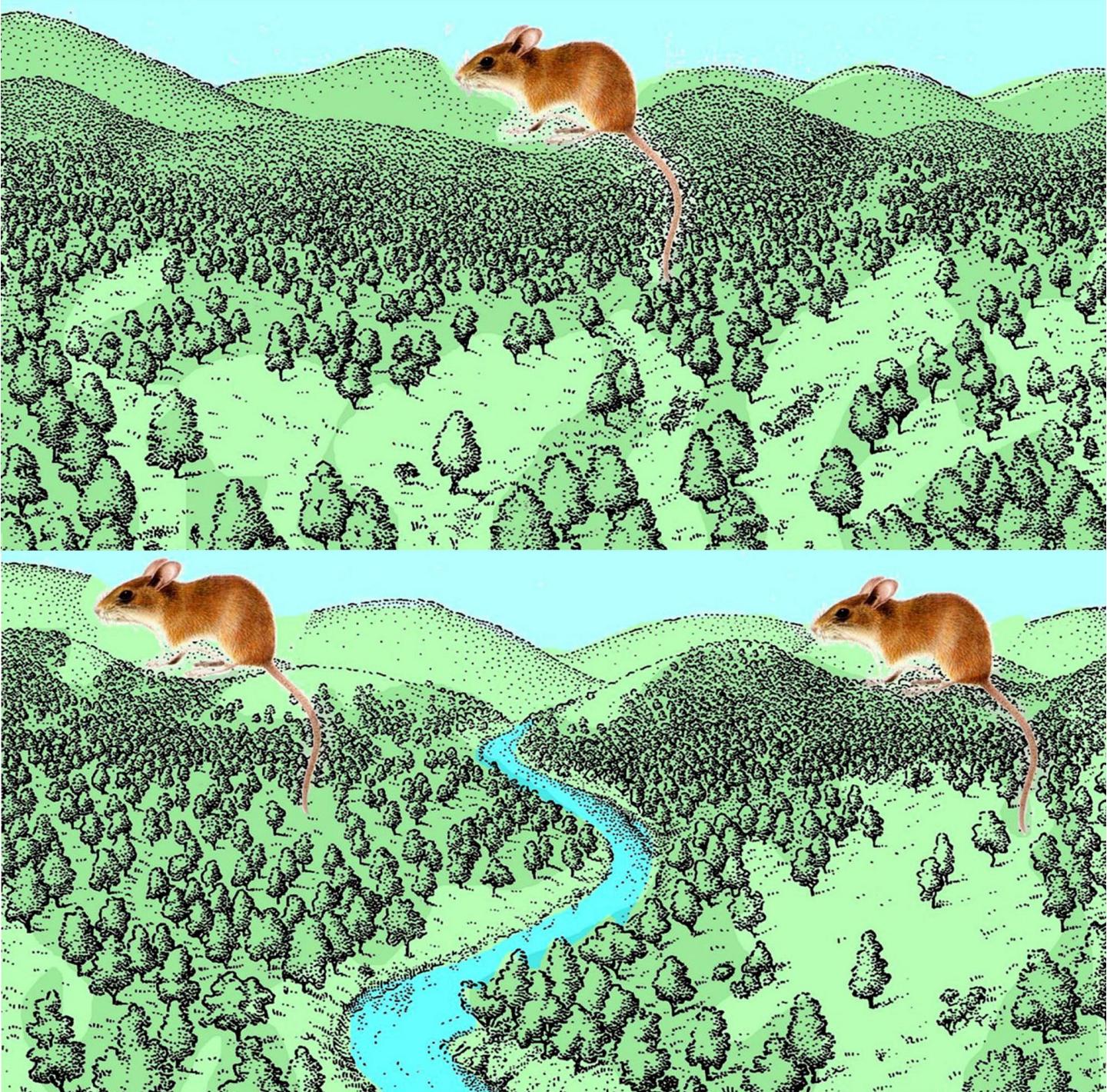
Concetto biologico di specie



La **specie** è una **comunità riproduttiva potenziale**, i cui membri possono incrociarsi tra loro, originando **prole feconda**, mentre risultano **isolati** da analoghe comunità riproduttive, le quali formano altrettante specie distinte. Esistono diversi definizioni di specie, utili in diversi ambiti, ma nessuna è esente da criticità.



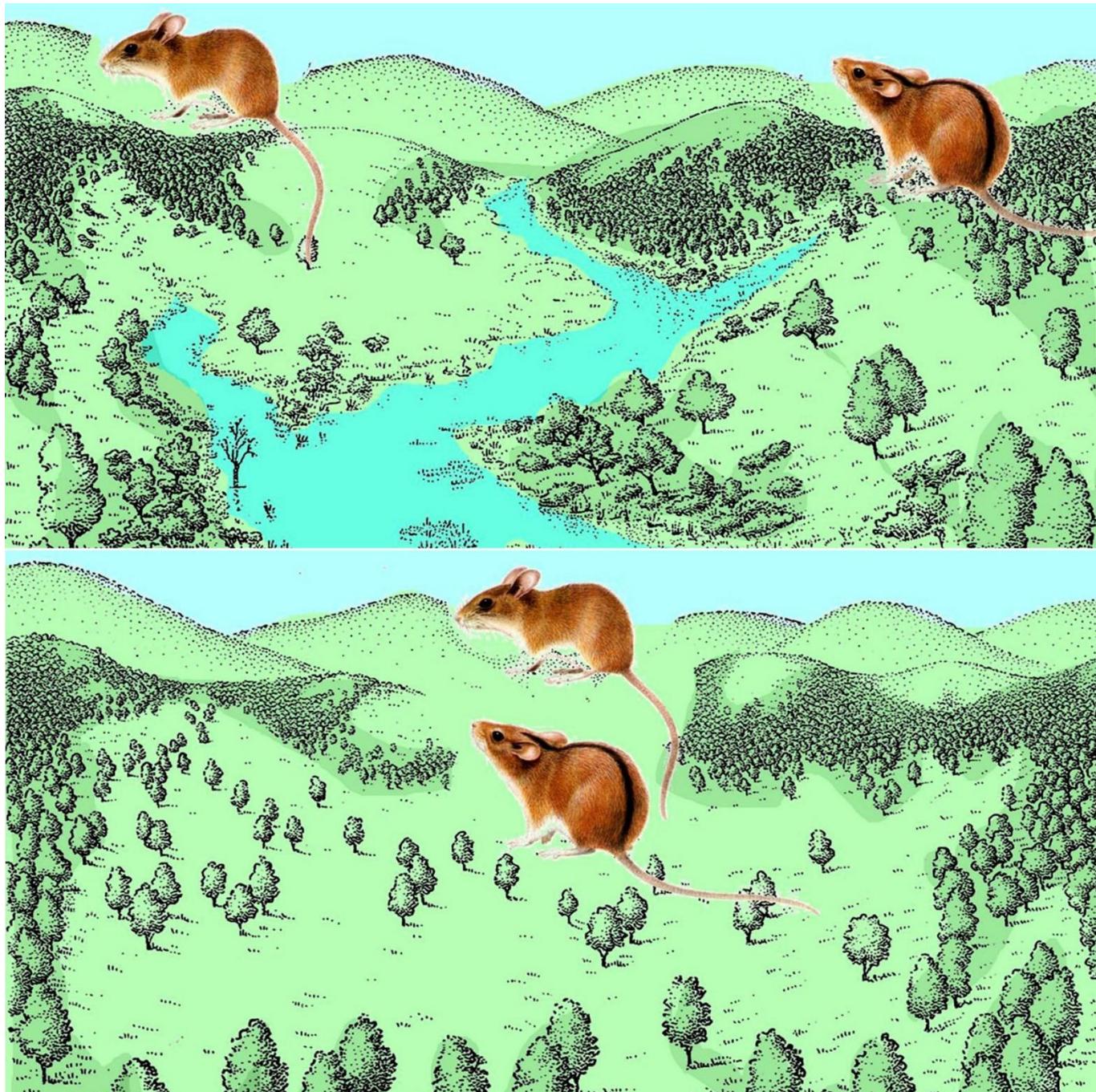
Speciazione



Il meccanismo più comune attraverso il quale si viene a formare una nuova specie è questo: una **comunità riproduttiva** occupa un determinato territorio. A un certo punto compare una barriera fisica che isola la popolazione originaria in due sottopopolazioni.



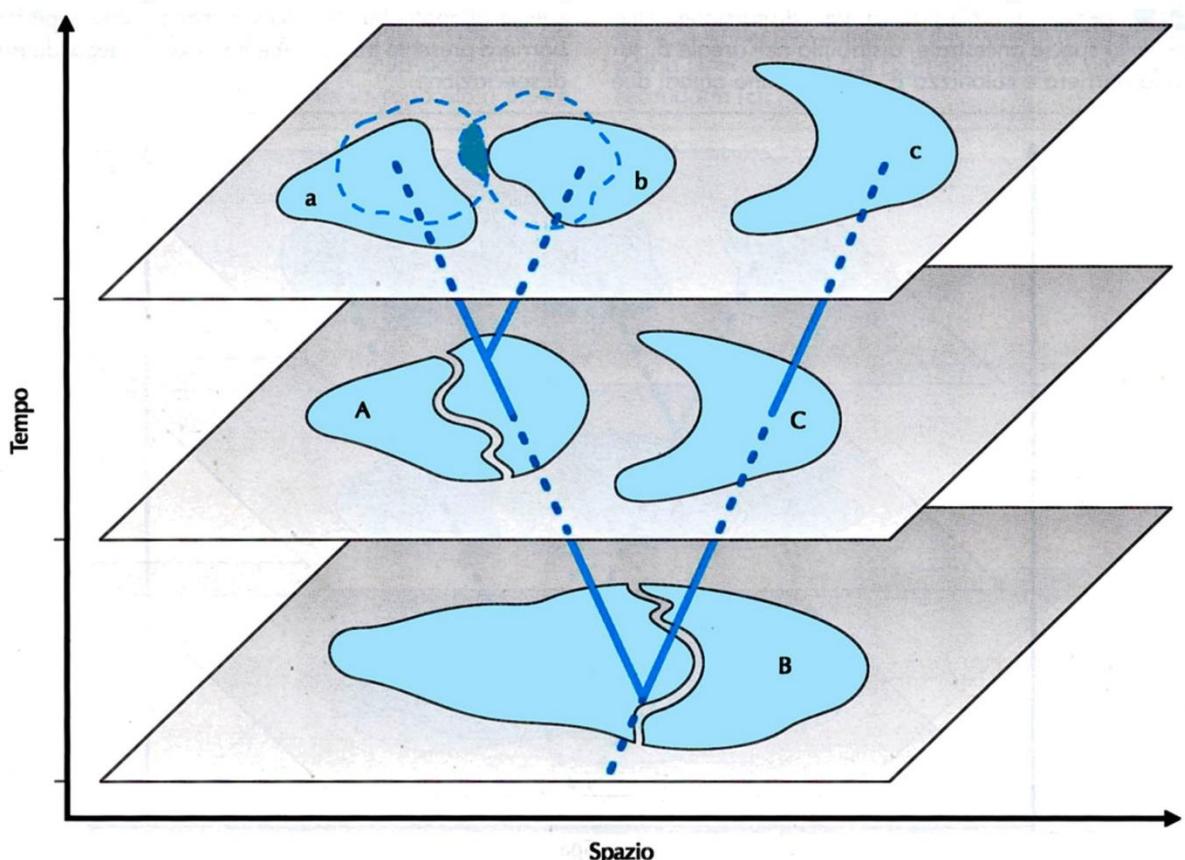
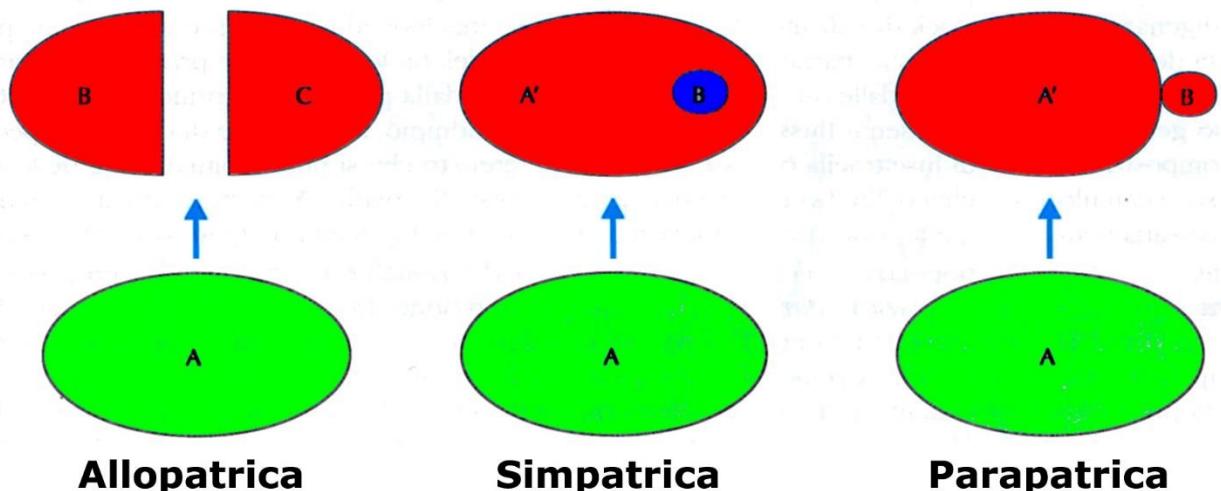
Speciazione



Con il passare del tempo gli **agenti del cambiamento** di cui abbiamo parlato finiscono per rendere le due sottopolazioni sempre più differenti. Se questo processo si prolunga per un tempo adeguato, anche quando le due popolazioni ritorneranno a condividere il territorio, esse continueranno a rimanere **isolate riproduttivamente** e potranno essere considerate due specie.

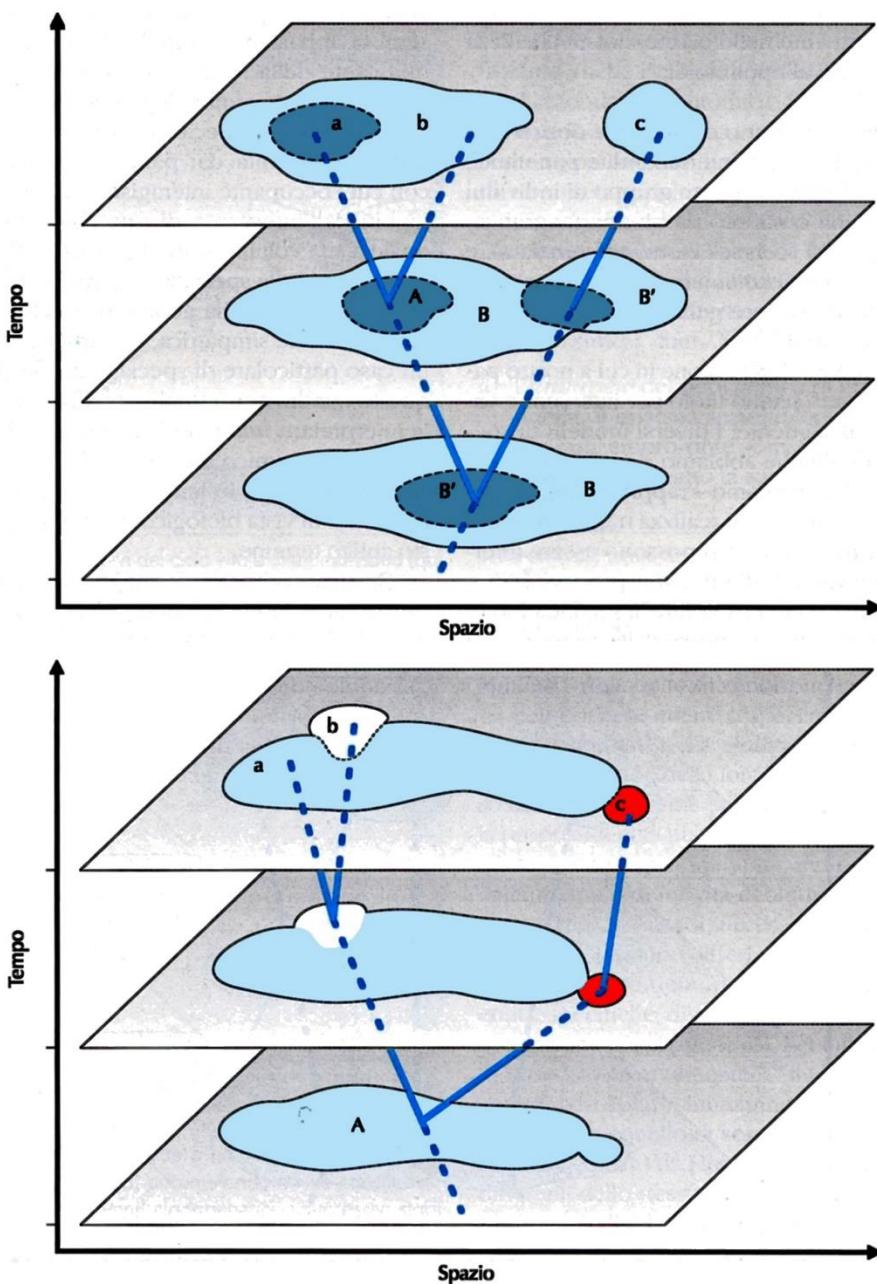


Modelli di speciazione



Esistono tre modelli di speciazione fondamentali. Il meccanismo appena descritto viene definito **speciazione allopatrica**. L'areale B si divide in due per l'insorgere di una barriera e, successivamente, l'areale A delle specie figlie si divide ulteriormente. Alla fine avranno avuto origine tre specie a, b e c. Con il passare del tempo gli areali di a e b possono sovrapporsi originando una **simpatria secondaria**.

Speciazione simpatrica e allopatrica



(A) Nel caso in cui una parte della specie ancestrale si isoli da quella principale senza che ciò implichi la loro separazione fisica, si verifica la **speciazione simpatrica**. In seguito le specie figlie possono mantenere la **simpatria** (a e b) o andare incontro ad **allopatria** secondaria (c). **(B)** Nella **speciazione parapatrica** il processo avviene in condizioni di flusso genico debole e selezione periferica intensa, ma in assenza di barriere fisiche. Nella speciazione allopatrica la separazione precede la mutazione, nella simpatrica, **saltazionista e non adattativa**, avviene il contrario.



Barriere riproduttive



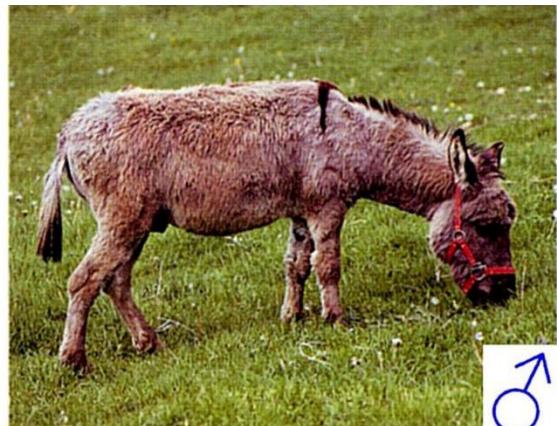
Se la specie è una comunità riproduttiva, l'**isolamento riproduttivo** caratterizza specie diverse. Le **barriere postzigotiche** sono molto costose perché, un accoppiamento errato riduce molto, a volte azzera, la **fitness** di un individuo.



Ibridi



Cavallo



Asino



Mulo



Bardotto

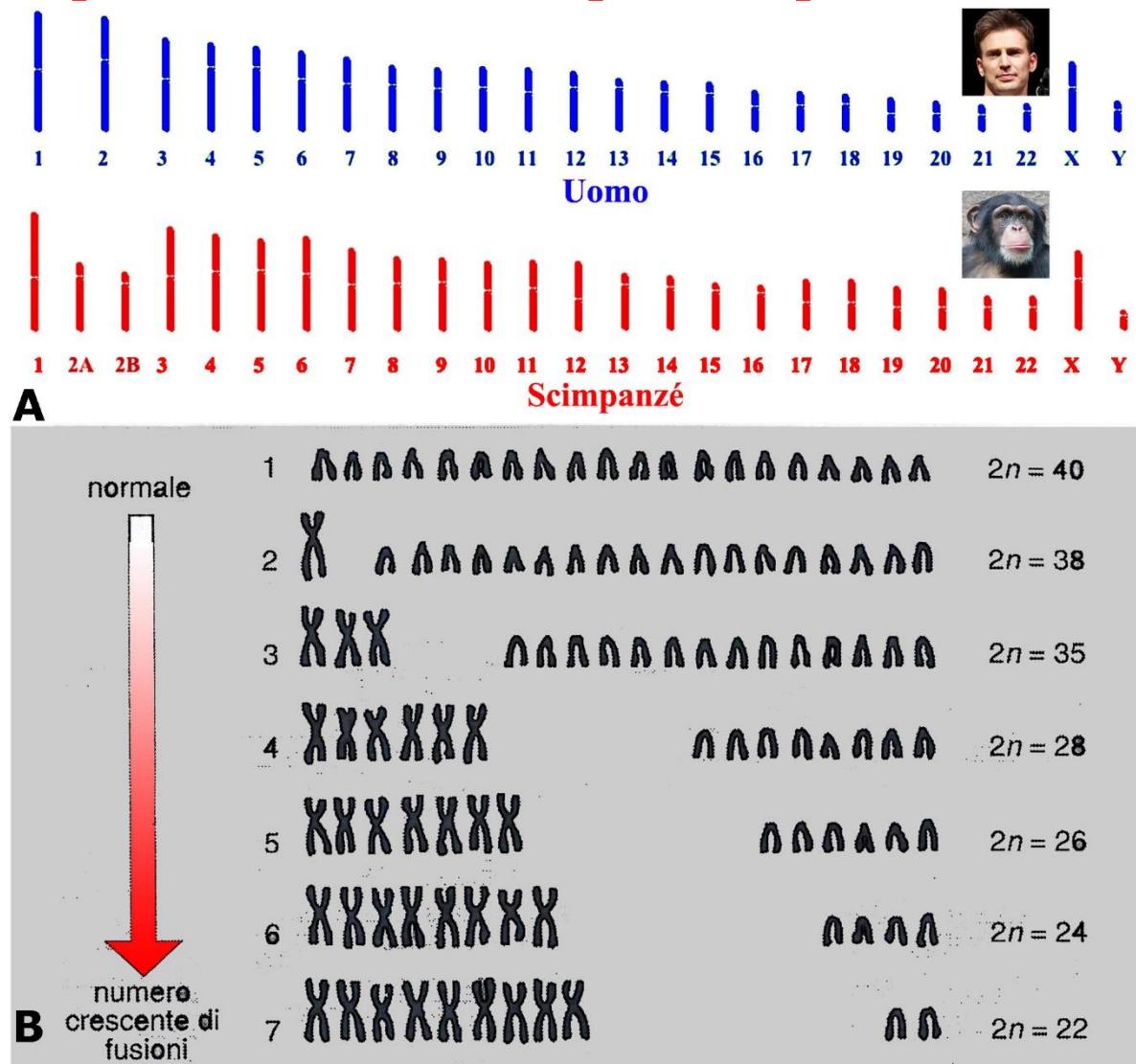


Zebrallo

Una barriera postzigotica è costituita dagli ibridi. Il cavallo e l'asino, così come il cavallo e la zebra, rimangono specie distinte, poiché la progenie nata dall'incrocio tra le 2 specie, il mulo e il bardotto, o nel secondo caso, lo zebrallo, sono sterili.



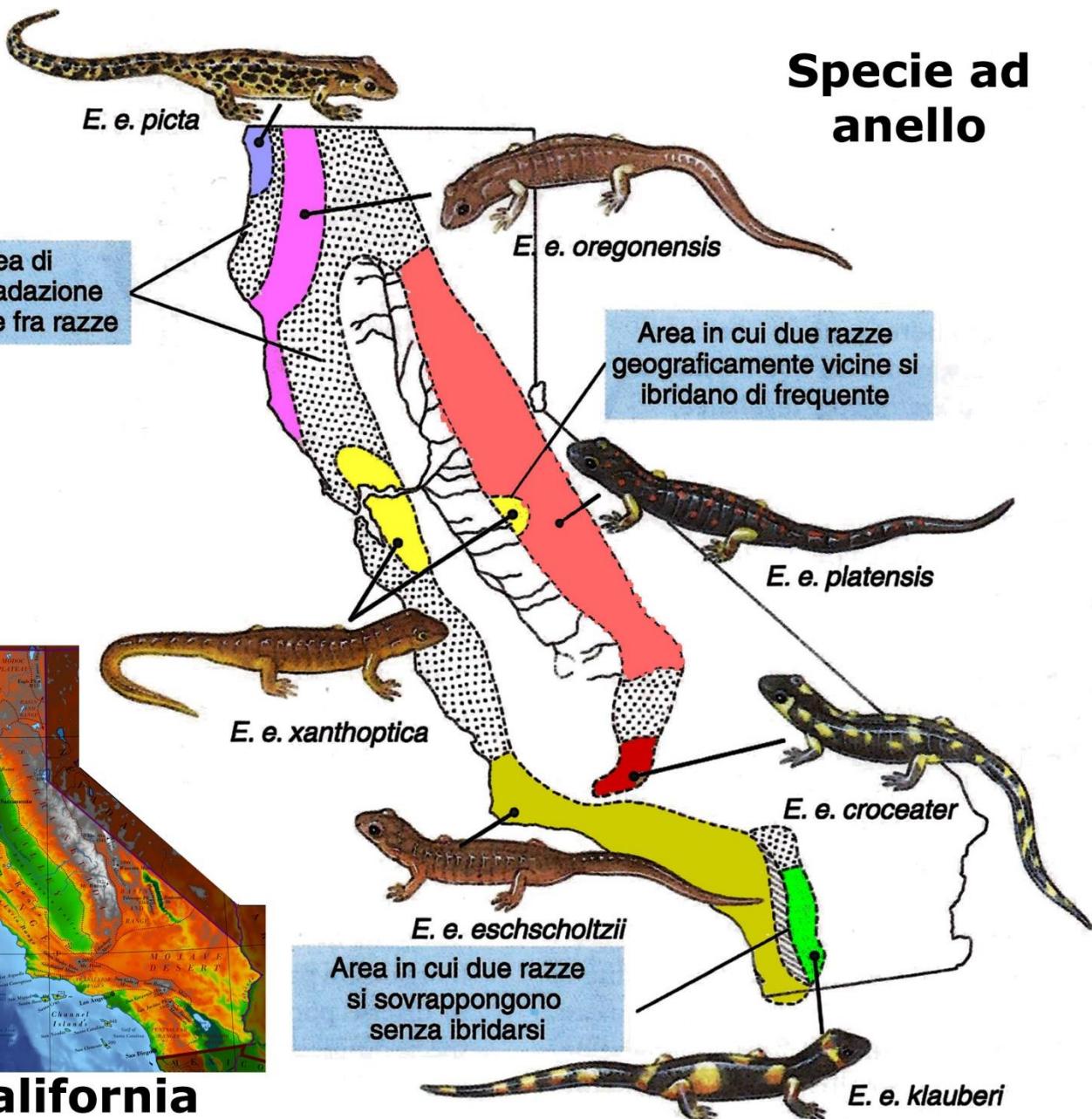
Speciazione parapatrica?



Il cavallo ha 64 cromosomi, l'asino ne ha 62, il mulo e il bardotto 63. La sterilità è spesso dovuta al diverso numero di cromosomi. **(A)** Uomo e scimpanzé hanno il 99% dei geni in comune, tuttavia la differenza più appariscente fra il cariotipo del primo e quello del secondo risiede nel numero dei cromosomi: il **cromosoma 2 umano** deriva dalla fusione di due dei cromosomi delle scimmie antropomorfe. si consideri che meno del 5% del genoma di un vertebrato ne controlla la morfologia. **(B)** In differenti popolazioni di *Mus musculus* di diverse località delle Alpi e degli Appenini, il cariotipo aploide mostra diversi tipi di fusione tra cromosomi. 1) standard; 2) Albula; 3) Chiavenna; 4) Val Mesolcina; 5) Monti della Laga; 6-7) Abruzzo, Molise e Ali Orobie. Il caso di questi topi mostra un possibile meccanismo attraverso il quale si può verificare la speciazione **parapatrica**. Un meccanismo di questo tipo sarebbe **saltazionista**.

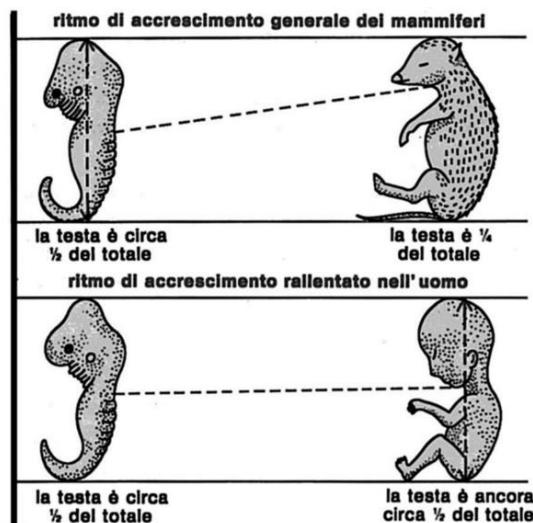
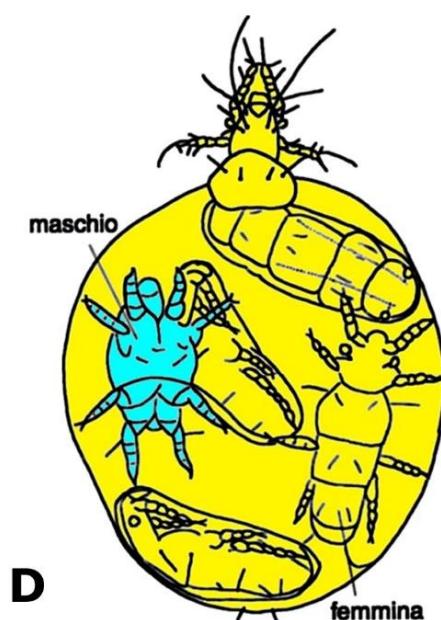
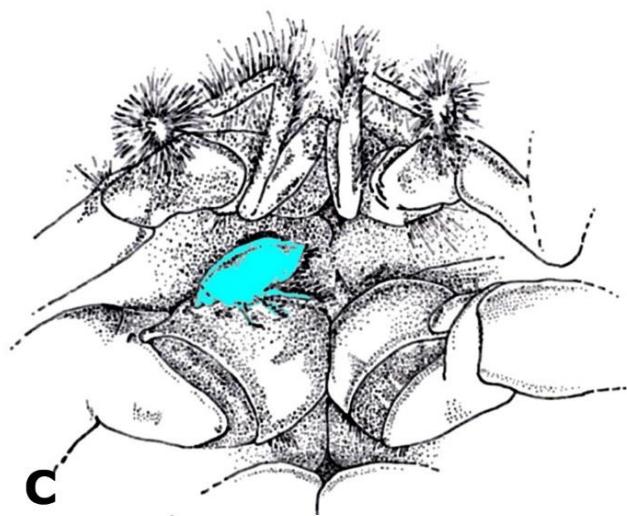


Speciazione in atto



Le popolazioni di *Ensatina eschscholtzii* formano un **anello** geografico intorno alla Central Valley californiana. Lungo questo anello le popolazioni adiacenti sono **interfeconde** mentre le due popolazioni che si sovrappongono all'estremo inferiore dell'anello risultano **riproduttivamente isolate**. Se le popolazioni intermedie si estinguessero queste ultime due sottospecie sarebbero considerate **specie distinte**.

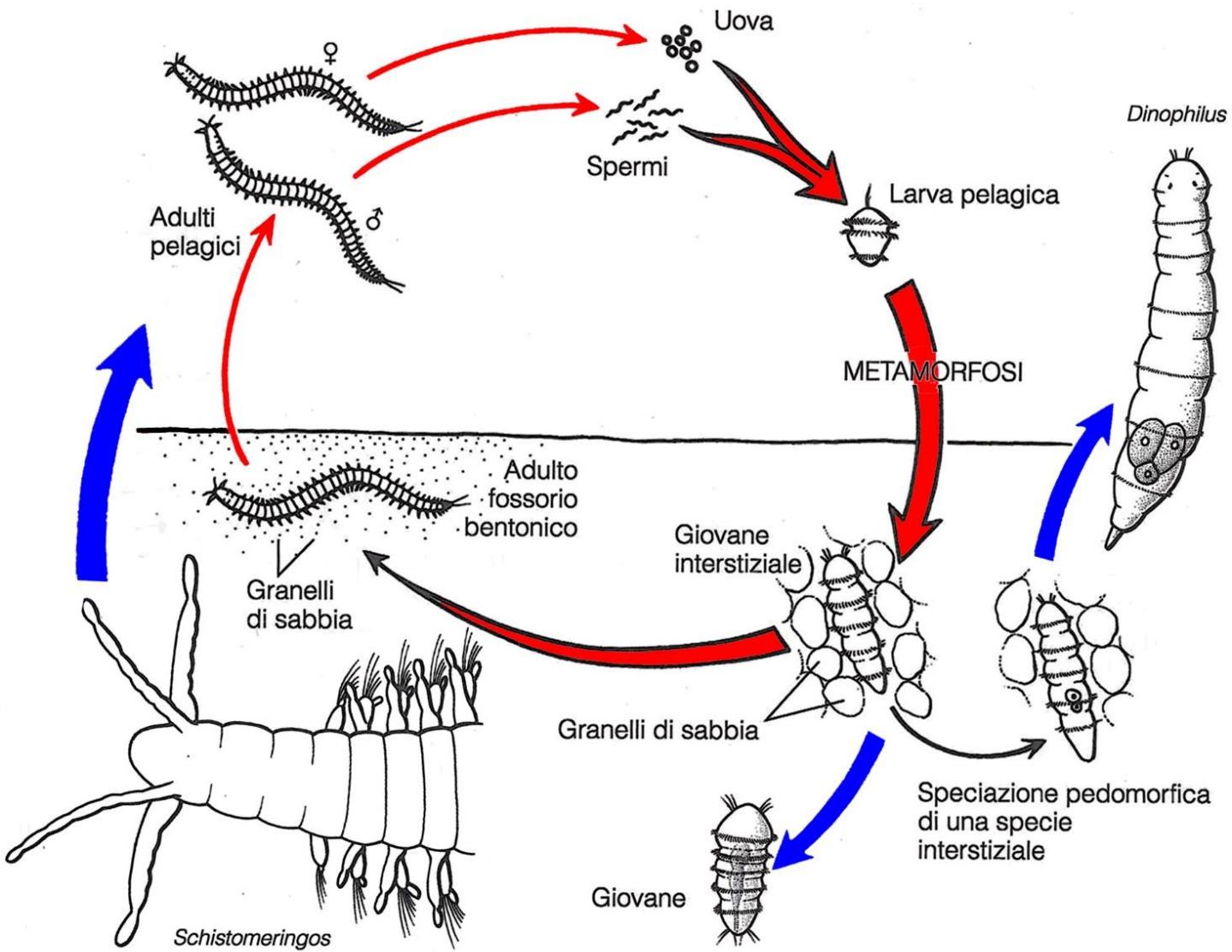
Pedomorfosi

**A****B****C****D**

La **pedomorfosi** consiste nel mantenimento di caratteristiche giovanili in individui adulti e comprende, tra gli altri, i fenomeni di: **Neotenia**: la velocità di differenziamento somatico è ridotta e la metamorfosi può essere soppressa. La taglia non varia e si può verificare in animali a strategia riproduttiva di tipo K. **(A)** *Ambystoma mexicanum*, la cui larva neotenica è detta axolotl. **(B)** Anche lo sviluppo umano viene talvolta considerato neotenico. **Progenesi**: il differenziamento anticipato delle gonadi impedisce l'ulteriore sviluppo somatico. Spesso si osserva una miniaturizzazione e, per una strategia riproduttiva di tipo r, può costituire un vantaggio. Esempi di progenesi si osservano nei maschi nani di alcune specie (in celeste). **(C)** *Emerita*, un crostaceo, **(D)** *Siteroptes*, un acaro.



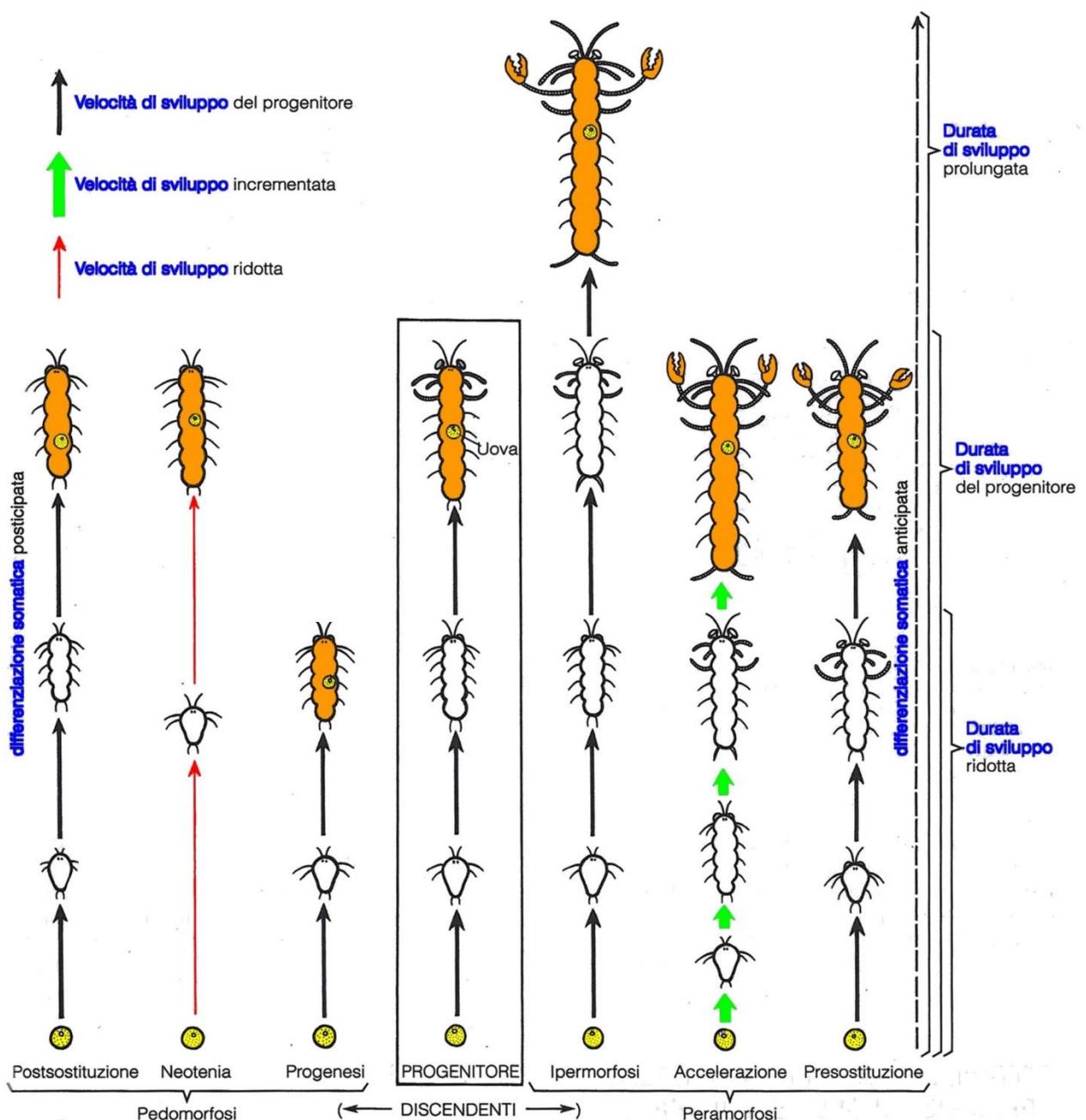
Pedomorfosi



Un processo di **pedomorfosi** è stato riconosciuto in questa famiglia di policheti. Il progenitore possedeva un corpo di grande dimensioni e un ciclo pelago-bentonico simili a quelli dell'attuale *Schistomeringos*. *Dinophilus* ha mantenuto i tratti giovanili (dimensioni ridotte, assenza di appendici e spire ciliate) dell'antenato, **progenesi**, che gli hanno consentito di conservarne in permanenza l'**habitat interstiziale**.



Eterocronia

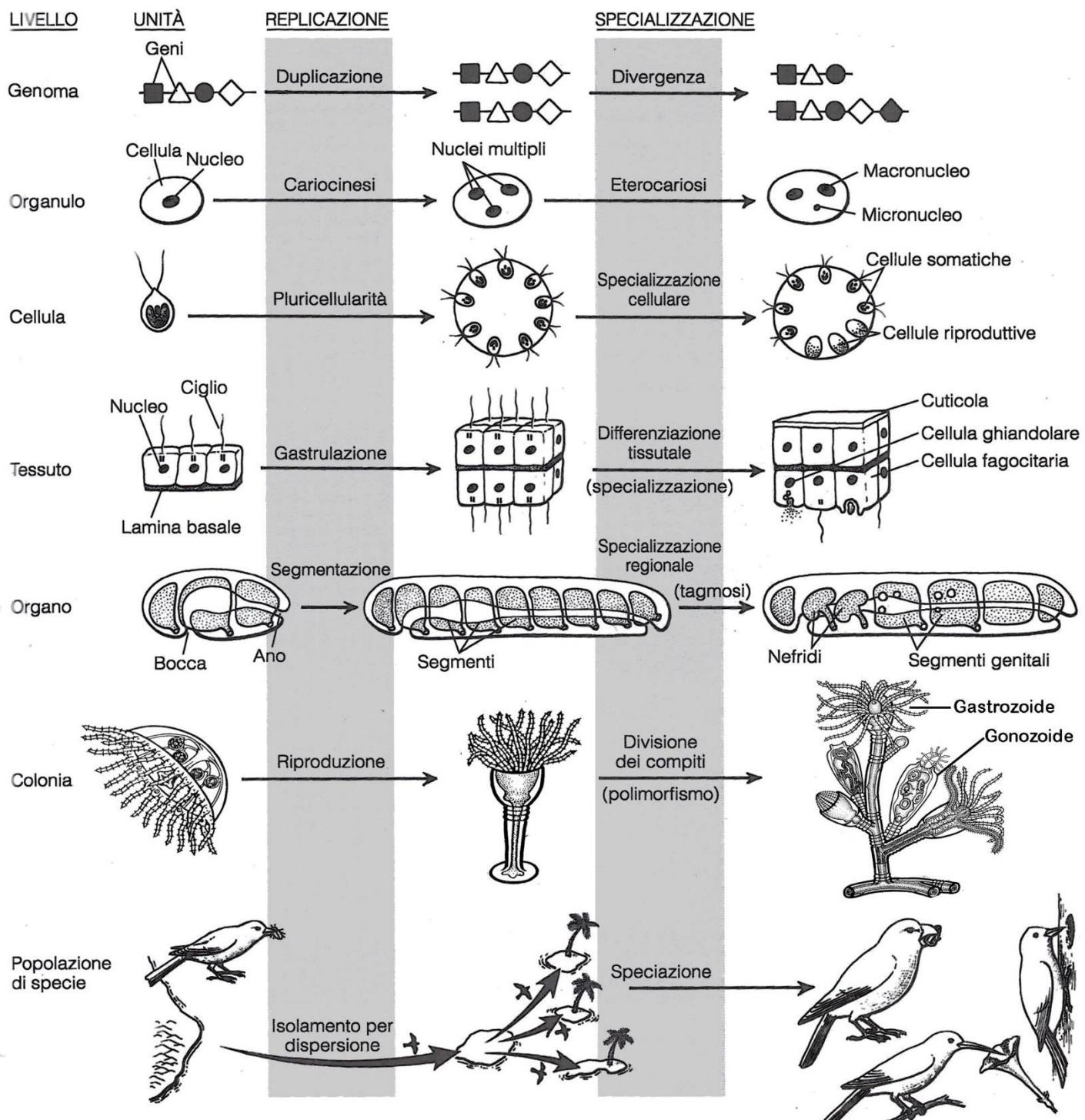


I tre parametri che variano nell'**eterocronia** sono la **durata** e la **velocità dello sviluppo** e il grado di **differenziamento somatico** (ovvero il momento in cui compaiono determinati tratti morfologici, qui metameri, occhi, appendici e gonadi).

Progenesi: l'inizio anticipato del differenziamento delle gonadi arresta lo sviluppo somatico e quindi la sua durata. **Neotenia:** la velocità di differenziamento somatico è ridotta. **Post-sostituzione** (post-displacement): l'inizio del differenziamento somatico è posticipato. **Ipermorfosi:** la durata dello sviluppo si prolunga e il differenziamento delle gonadi è ritardato. **Accelerazione:** viene accelerata la velocità del differenziamento somatico. **Pre-sostituzione:** viene anticipato l'inizio del differenziamento. **Neotenia** e **progenesi** sono forme di **pedomorfosi**.

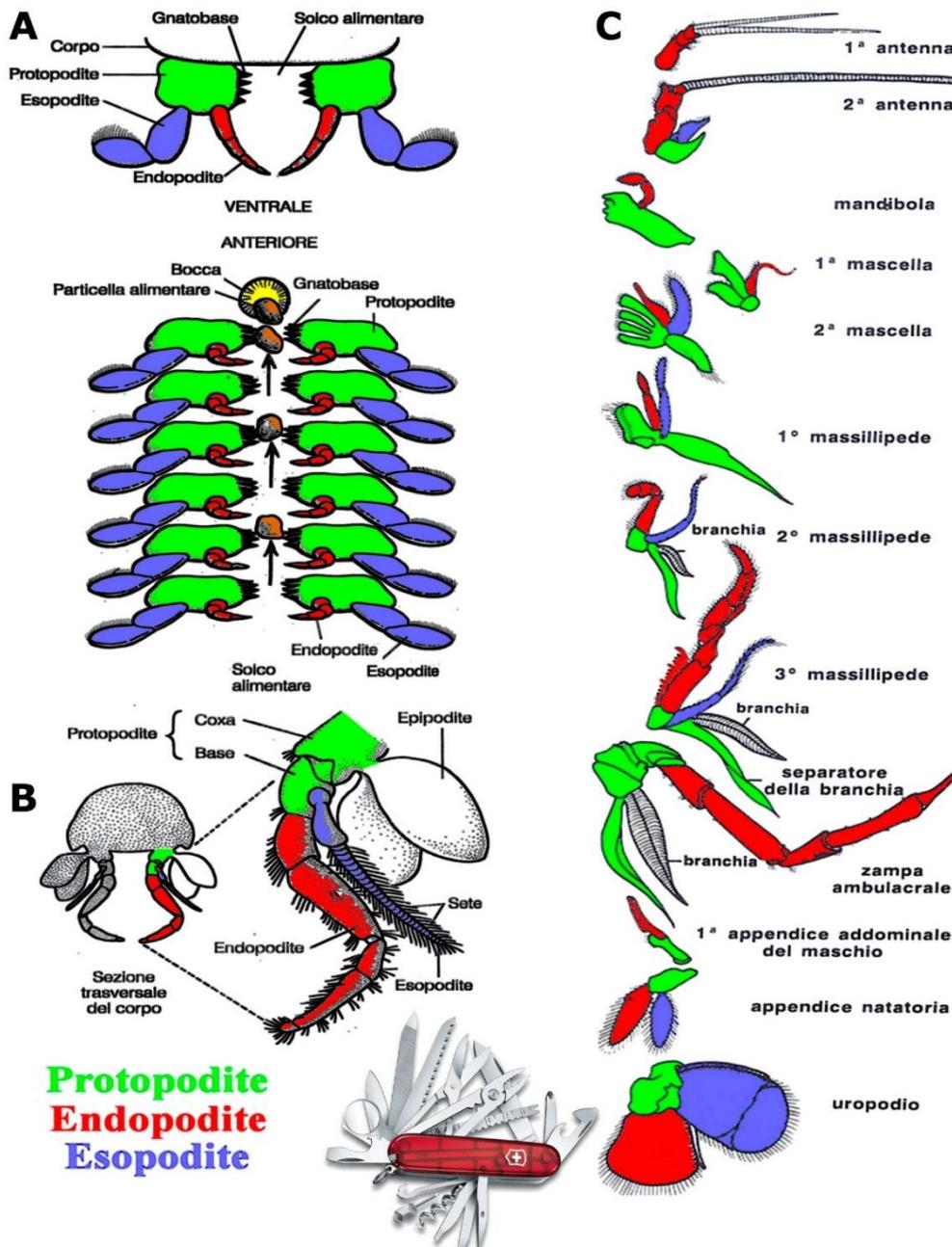


Ripetizione e complessità



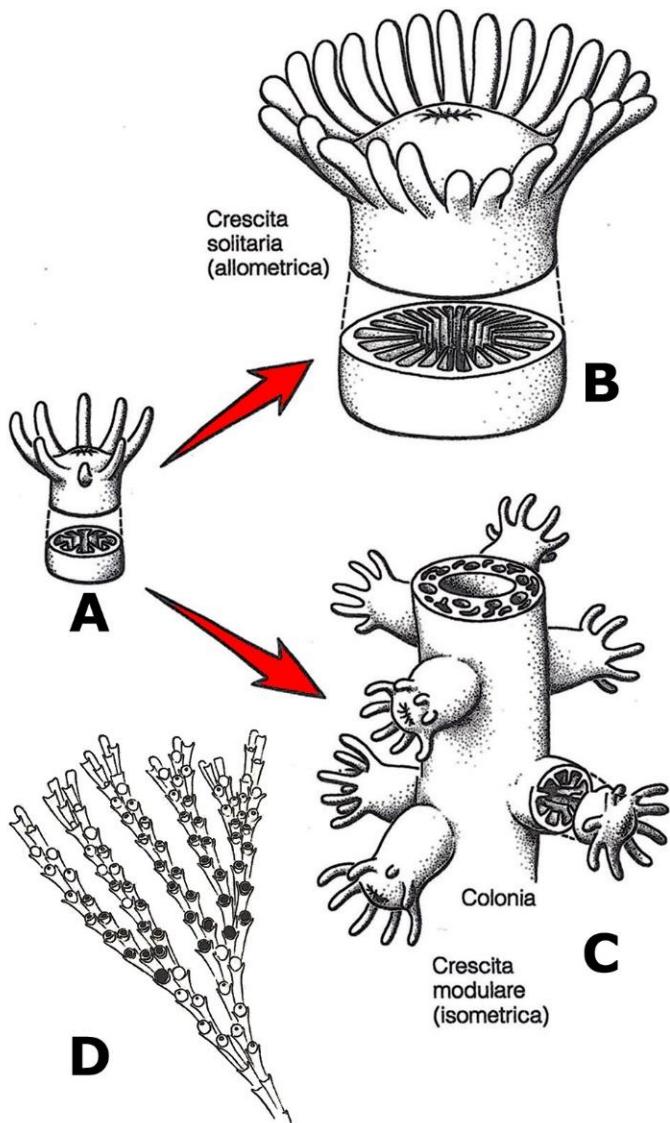
Nella storia della vita la **replicazione** di unità è stata spesso il presupposto per la sperimentazione di soluzioni innovative, consentito dalla loro **ridondanza**, il che ne ha permesso la **specializzazione** e ha favorito l'aumento della **complessità**.

Omologia delle appendici



(A) Nel crostaceo, forse l'artropode, ancestrale troviamo un **protopodite** che genera una **corrente alimentare** e presiede alla masticazione, un **esopodite** che serve per il **nuoto**, ma può anche generare correnti, e un **endopodite** che serve per la **locomozione**. **(B)** Un crostaceo sincaride con appendici più evolute. **(C)** Un decapode con **appendici omologhe** diversificate con una specializzazione da «coltellino svizzero». Oltre a esopodite ed endopodite, sono presenti altre strutture, gli esiti (epipoditi, ad esempio alcune branchie) e gli enditi (ad esempio le gnatobasi).

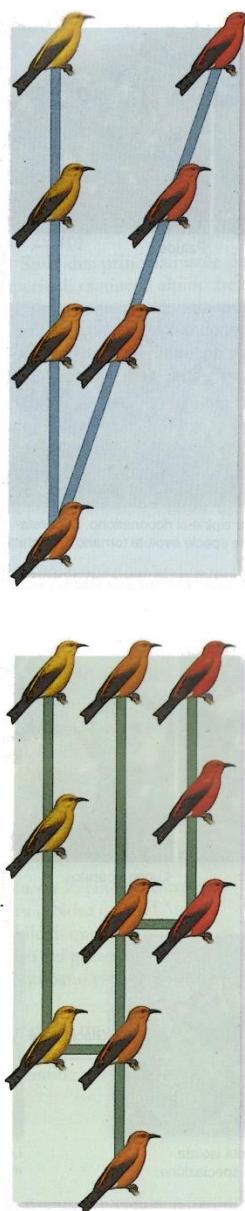
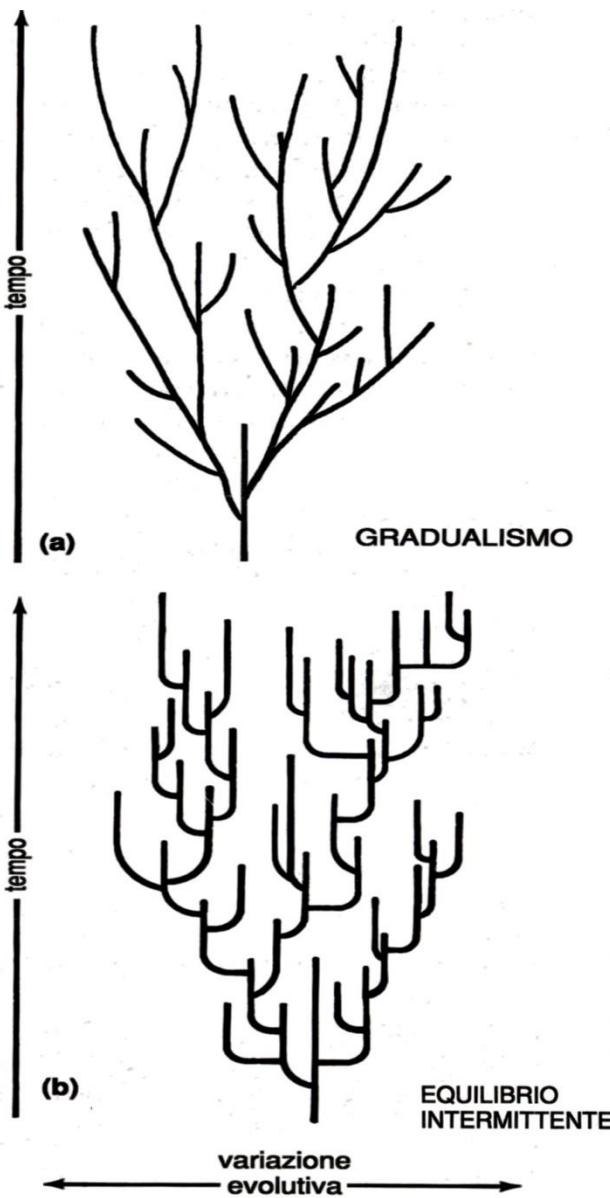
Solitario o modulare?



(A) Se il giovanile aumenta le proprie dimensioni per dare origine a un **adulto solitario (B)**, per mantenere un **rapporto superficie/volume** adeguato, deve modificare le proprie proporzioni corporee (**allometria**). Se invece, per gemmazione, dà origine a una **colonia (C)** le dimensioni non cambiano, varia il numero di unità, per cui le proporzioni possono rimanere le stesse (**isometria**). Inoltre una colonia è in grado di colonizzare più rapidamente un areale, può rimpiazzare con facilità eventuali moduli perduti e si pongono le basi per una specializzazione degli **zoidi**. In genere gli organismi coloniali sono **sessili**. Se non puoi muoverti è meglio non concentrare gli «organi vitali», ma distribuire uniformemente le diverse funzioni. Non a caso, anche le piante hanno adottato una **organizzazione modulare**. **(D)** Colonie di briozoi.



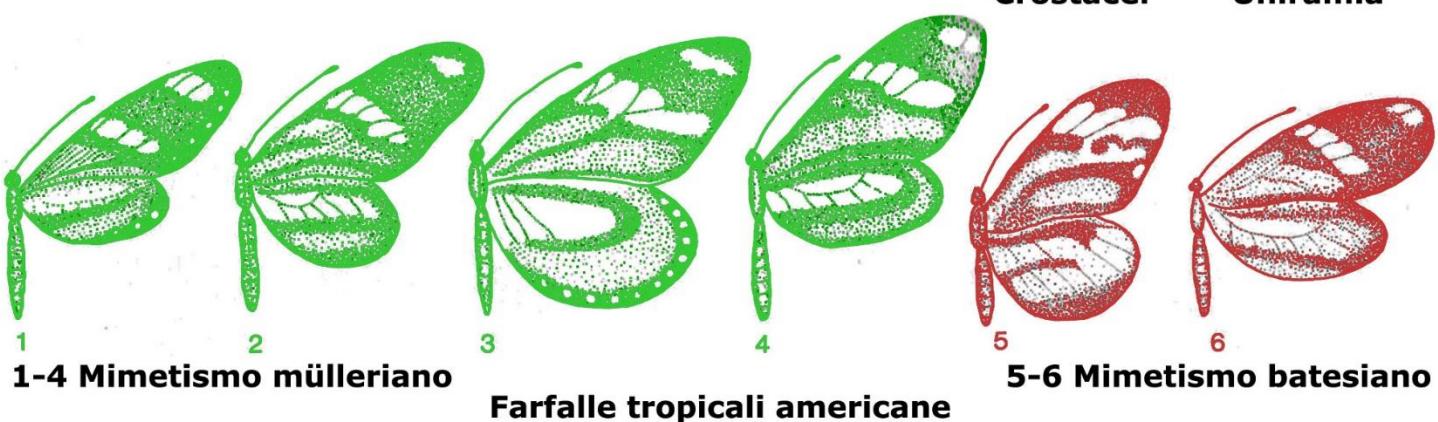
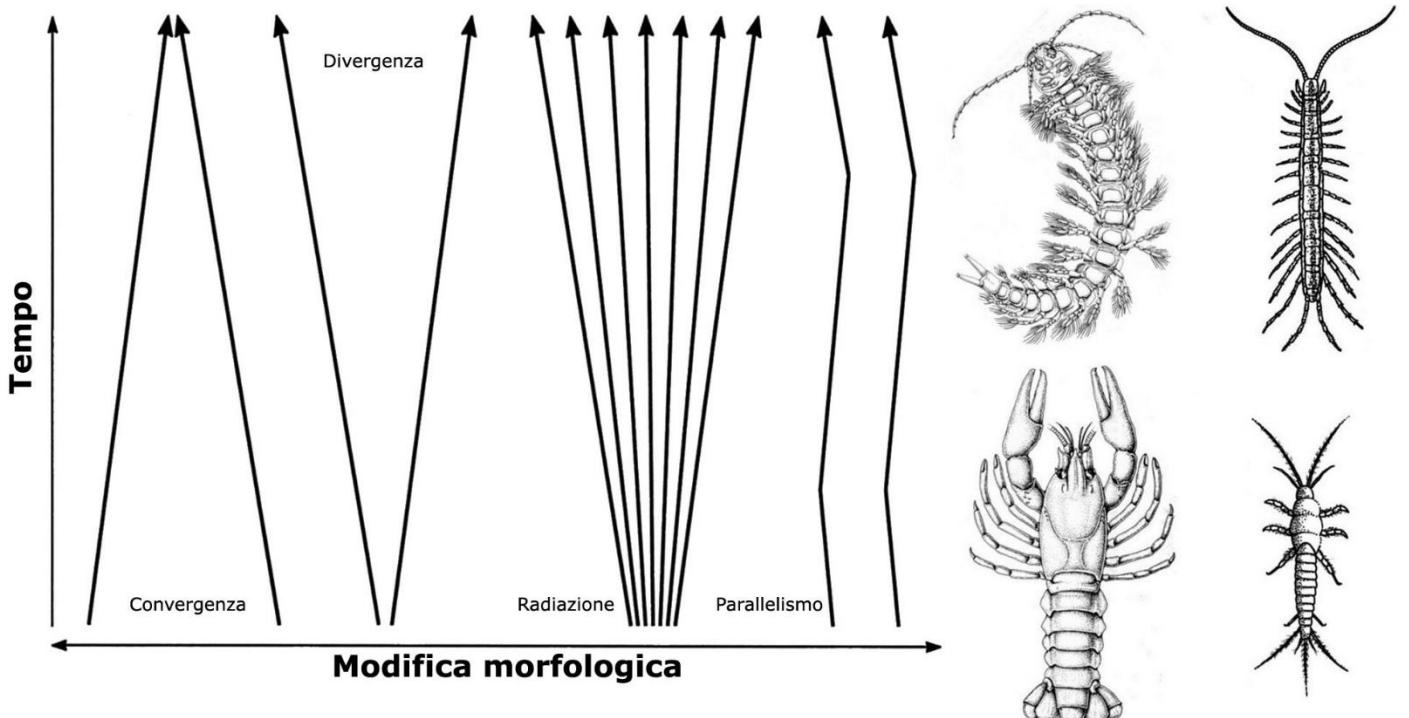
Radiazione adattativa



Nel **gradualismo** ogni linea di ramificazione rappresenta variazioni morfologiche graduali nel tempo. Nel modello alternativo degli **equilibri intermittenti**, le variazioni morfologiche più cospicue si producono rapidamente, subito dopo la **divergenza**, mentre la maggior parte delle specie trascorre lunghi intervalli di tempo di **stasi**, subendo variazioni scarse o nulle. Questi due modelli rappresentano fenomeni di **irradiazione adattativa**.



Schemi evolutivi



La **convergenza** ha luogo quando due o più specie evolvono verso una condizione simile. Di solito si presenta nei taxa non imparentati e per caratteri senza basi filogenetiche comuni. La **divergenza** quando due o più specie evolvono in maniera indipendente e diventano sempre meno simili. La **radiazione adattativa** è una divergenza multipla. L'**evoluzione parallela** si verifica quando due o più specie cambiano in modo similare. L'evoluzione parallela si presenta solitamente nei taxa fortemente imparentati e per i caratteri con una base genetica, o filogenetica, comune. Può essere dovuta alla evoluzione parallela di **geni omologhi**. Esempi possono essere la riduzione del numero di appendici nei taxa più derivati degli artropodi di diverse linee filetiche o il **mimetismo** nelle farfalle. Le specie da 1 a 4 sono tutte disgustose e simili tra di loro (mimetismo mülleriano), mentre la 5 e la 6 sono appetibili, ma imitano specie disgustose (mimetismo batesiano).