





1. INTRODUZIONE ALLA PALEOBIOLOGIA

2. LA QUALITÀ DEL RECORD FOSSILE

- Cenni generali di tafonomia
- Incompletezza, bias e affidabilità

3. FOSSILI ED EVOLUZIONE

- La teoria dell'evoluzione
- Evoluzione e record fossile
- Le cause dell'evoluzione

4. FORMA E FUNZIONE

- Morfologia e ambiente
- Crescita e forma: variazione intraspecifica, interspecifica, allometria
- Evoluzione e sviluppo: ontogenesi e filogenesi
- Lo studio della forma: la morfometria geometrica

5. ESTINZIONI E RINNOVAMENTI BIOLOGICI

- Definizioni, tipologie e patterns
- The Big Five
- Rinnovamenti biologici

6. STORIA DELLA VITA SULLA TERRA

- Origine della vita
- Gli eucarioti
- Origine ed evoluzione dei metazoi
- L'esplosione cambriana
- Il record fossile degli invertebrati
- L'origine dei vertebrati
- I pesci e l'evoluzione delle mascelle
- La conquista delle terre emerse
- L'età dei rettili
- Origine degli uccelli
- L'evoluzione dei mammiferi

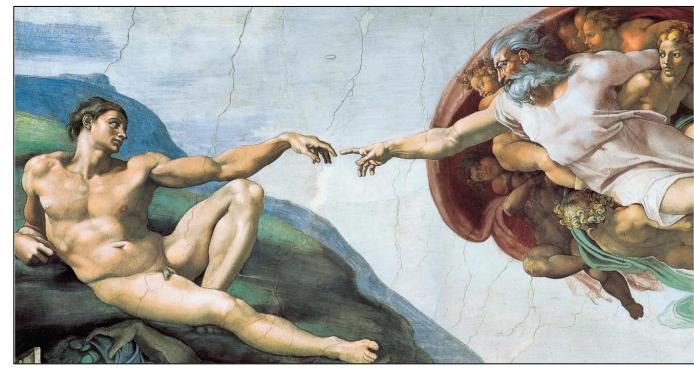
3.1 La teoria dell'Evoluzione



Abbiamo appena appurato che il record fossile (=documentazione fossile), nonostante sia incompleto e alterato, è il migliore tra i mezzi che abbiamo per ricostruire la Storia della Vita sulla Terra. **Ora vedremo che esso è anche una delle più formidabili prove dell'Evoluzione**.

La teoria secondo la quale gli organismi si trasformano nel corso del tempo, come prodotto del mutamento dei caratteri trasmessi ereditariamente alle generazioni successive, è la **Teoria dell'Evoluzione.**

- Questa teoria è piuttosto «recente», in quanto fino alla fine XVIII era idea comune che l'origine ed esistenza di tutti gli organismi presenti sulla Terra fosse stata opera di un Creatore.
- In quanto creati da Dio, gli organismi sarebbero perciò perfetti e immutabili. Questa teoria è nota come
 Creazionismo, o "disegno intelligente".
- Il cambiamento o trasformazione delle specie nel tempo non era contemplato.

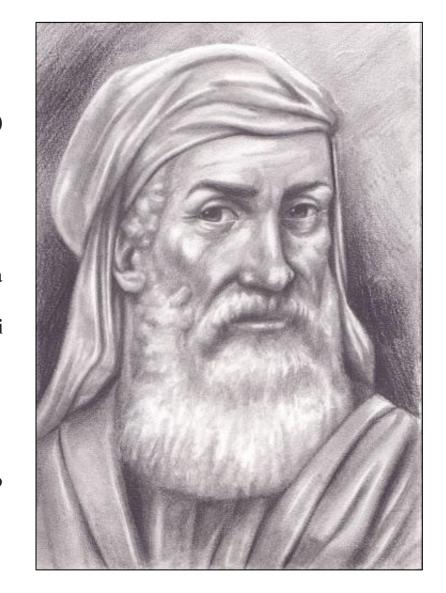


La Teoria dell'Evoluzione

• Il primo ad accennare ad una «teoria evolutiva» fu **Empedocle** (? 515 - ? 430 a.C.) filosofo e politico agrigentino.

• Egli formulò una teoria secondo la quale le piante comparvero sulla Terra prima degli animali e, per quanto riguarda quest'ultimi, dapprima si originarono dei "corpi" simili agli attuali, ma ancora imperfetti e incompleti.

• Solo successivamente questi corpi, impregnati da un "**principio vitale**", avrebbero dato origine ai vari animali viventi.



La Teoria dell'Evoluzione

• Bisogna aspettare l'inizio del XIX secolo per parlare di evoluzione nella concezione attuale del termine.

Prima ancora di Darwin, il naturalista francese Jean-Baptiste

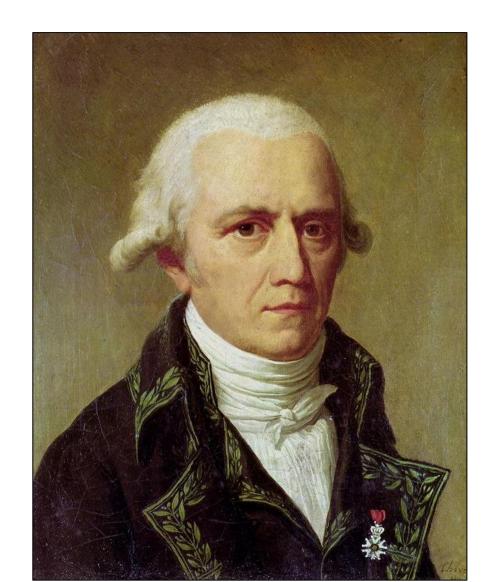
Lamarck (1744–1829), elaborò il primo modello teorico

dell'evoluzione degli organismi viventi, conosciuto come

lamarckismo, basato sull'adattamento e sull'ereditarietà dei

caratteri acquisiti, che egli pubblicò nel 1809 nella sua opera

Philosophie Zoologique.



La teoria dell'evoluzione di Lamarck si fondava su due principi:

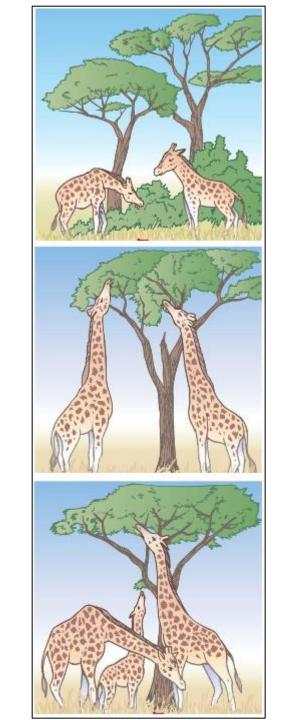
1) Legge dell'uso e del non uso

Questo principio sosteneva che l'uso continuo di un organo poteva potenziarlo e migliorarlo e, viceversa, il suo "non uso" portava al suo indebolimento, atrofizzazione e scomparsa.

2) Ereditarietà delle modifiche somatiche acquisite

Affermava che una modifica somatica acquisita da un organismo nel corso della sua vita viene trasmesso alla progenie.

• Secondo questi due principi, il carattere «collo più lungo» delle giraffe, ad esempio, fu acquisito a poco a poco per stiramento al fine di arrivare più in alto per brucare gli alberi dove le altre giraffe non riescono ad arrivare (principio 1). Successivamente, il carattere "collo più lungo" si trasmise alla discendenza: in tal modo ogni nuova generazione ha un collo via via più lungo (principio 2).

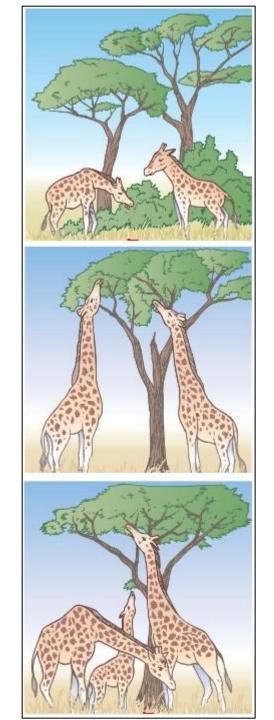


Limiti del principio 1 (Legge dell'uso e del non uso):

• La prima legge però, a differenza di quanto riteneva Lamarck, può al massimo interessare gli organi del singolo individuo (come l'atrofia muscolare per il mancato uso) ma non i suoi discendenti, in quanto le modificazioni somatiche acquisite non possono essere trasmesse alla progenie. Le strutture presenti in alcune specie animali (ad es. l'allungamento del collo nelle giraffe o la riduzione del cinto pelvico delle balene) non si sono formati attraverso un principio di "uso e non uso" bensì per mezzo di un processo di selezione (naturale) delle varianti presenti nella popolazione.

Limiti del principio 2 (Ereditarietà delle modifiche somatiche acquisite):

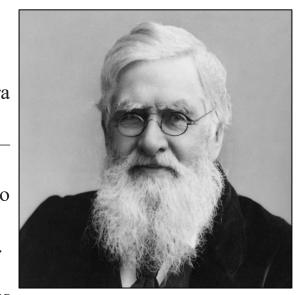
- Il secondo principio fu superato per il fatto che si è dimostrato che un carattere acquisito da un individuo durante la sua esistenza, non può essere trasmesso ai suoi discendenti in quanto si tratta di una trasformazione somatica che non viene codificata nel suo patrimonio genetico e quindi non può essere trasmessa ereditariamente.
- Ad esempio, il muscolo allenato di uno sportivo non è un carattere ereditabile dalla progenie.

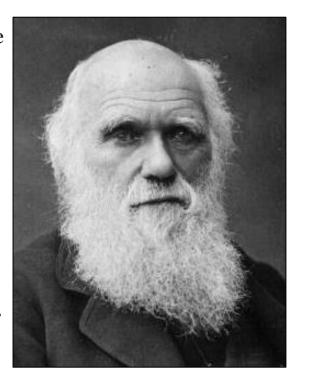


La moderna teoria dell'evoluzione

- La moderna teoria dell'evoluzione nasce intorno alla metà XIX secolo e fu concepita in maniera indipendente e quasi contemporaneamente da **Alfred Wallace** (1823–1913) e da **Charles Darwin** (1809–1882). Benché in vita Wallace fu più famoso di Darwin (fu anche politico di spicco) e le due teorie sono praticamente identiche, Darwin viene universalmente considerato come il padre fondatore di questa teoria.
- Questo lo si deve soprattutto alla pubblicazione della sua teoria nel celeberrimo *On the Origin of Species* (1859) nel quale Darwin espone la sua teoria secondo la quale gli organismi si evolvono per **selezione** naturale, quel meccanismo (talvolta conosciuto come «sopravvivenza del più adatto») secondo cui:

Solo gli individui più adatti all'ambiente in cui vivono (ovvero, quelli dotati <u>casualmente</u> di caratteristiche più vantaggiose) sopravvivono e trasmettono i loro caratteri genetici in numero maggiore alle successive generazione, mentre quelli meno adattati vengono eliminati.

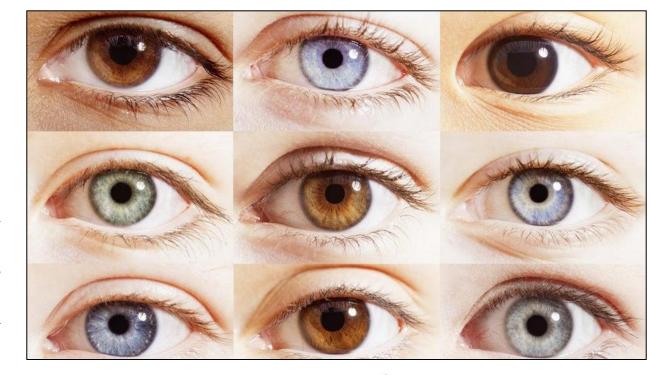


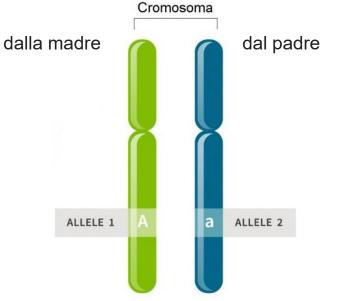


1) Variabilità genetica

All'interno di una stessa popolazione o specie di organismi, gli individui sono diversi tra loro, anche se derivano dagli stessi genitori, ovvero esiste una variabilità dei caratteri. Pensiamo ad esempio, al collo delle giraffe, o al colore dell'iride.

- Questa variabilità è il risultato dell'espressione di due alleli, ovvero di due forme alternative dello stesso gene: uno viene ereditato dal padre e uno dalla madre.
- I due alleli ereditati possono essere uguali (ad es. occhi marroni; AA) o diversi (occhi marroni e occhi verdi; Aa). In quest'ultimo caso, gli alleli competono per esprimersi, ma generalmente uno solo (allele dominante) domina sull'altro (allele recessivo).



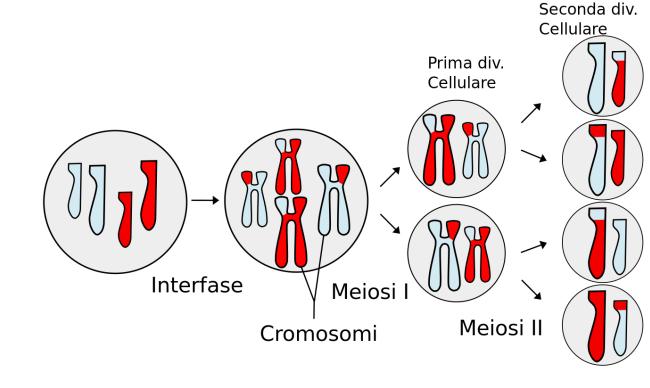


1) Variabilità genetica

Due sono le cause della variabilità genetica:

A) Ricombinazione genetica

 Processo attraverso il quale, a partire da un genotipo, si ottengono nuove combinazioni di alleli rispetto a quelle iniziali.



- La ricombinazione più diffusa è quella che avviene nel corso della **meiosi** e che dà luogo quindi a gameti con genotipi ricombinati; questo è il motivo per cui la progenie differisce sempre dai genitori.
- E' importante sottolineare che <u>la selezione naturale non agisce sui geni, ma sui **fenotipi**, ovvero i caratteri fisici, fisiologici e/o comportamentali risultanti dall'interazione tra i geni, e tra i geni e l'ambiente.</u>

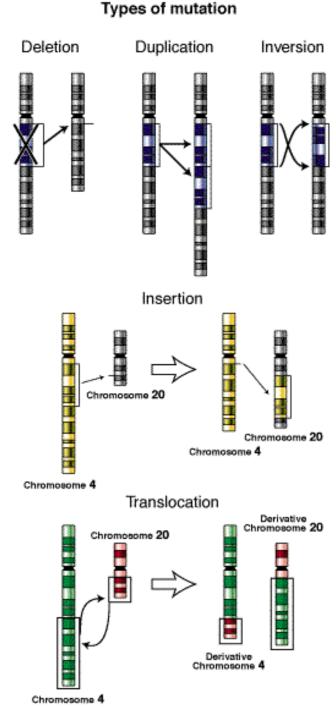
1) Variabilità genetica

B) Mutazioni genetiche

Sono la seconda fonte di variabilità genetica e anche motore dell'evoluzione. Le mutazioni sono modificazioni o errori permanenti ed ereditabili di una sequenza del DNA dovuta al caso o ad agenti esterni (errori di replicazione, radiazioni, virus, sostanze chimiche mutagene).

- I più comuni tipi di mutazioni sono le **delezioni** (sequenze perse), le **duplicazioni** (stessa sequenza inserita più volte), le **inversioni** (sequenza viene invertita), le **inserzioni** (inserimento di uno o più nucleotidi da cromosomi diversi), e le **traslocazioni** da cromosomi diversi.
- La maggior parte delle mutazioni sono deleterie, e portano alla sterilità o morte degli individui. In altri casi esse sono neutre. In un numero ancora minore di casi, le mutazioni sono vantaggiose, e quindi possono diffondersi nella popolazione tramite selezione naturale.
- Dal momento che le mutazioni sono un fenomeno raro (e ancor più rare sono le mutazioni vantaggiose)

 l'evoluzione è molto lenta.



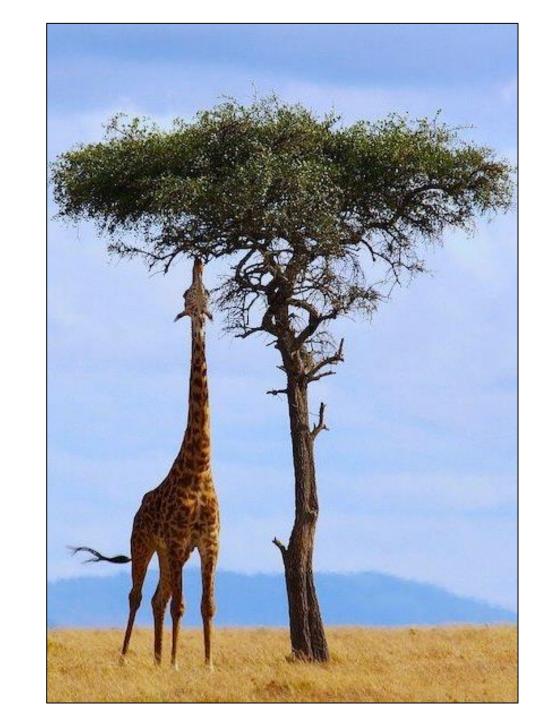
2) Adattamento

Secondo questo principio, alcuni individui presentano casualmente caratteri che offrono un vantaggio di sopravvivenza e di riproduzione e, di conseguenza, i loro tratti anatomici diventeranno prevalenti nella popolazione.

• Vince la lotta per la sopravvivenza non il più forte, ma colui che è meglio adatto all'ambiente in cui vive in un determinato momento.

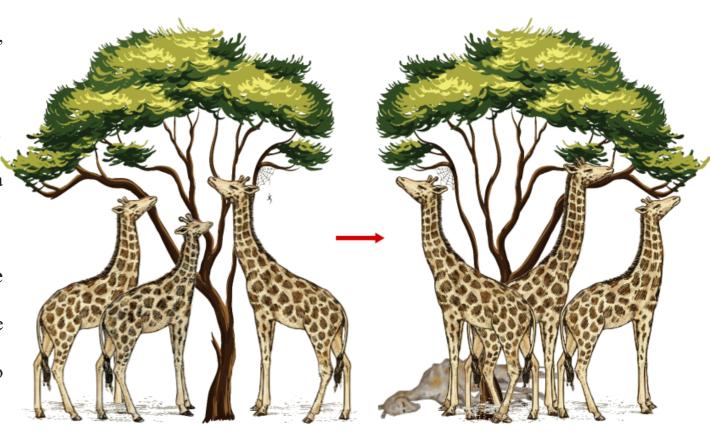
3) Ereditarietà

Il carattere deve essere ereditabile, ovvero trasmettersi da una generazione all'altra attraverso il DNA.



Applicando la moderna Teoria all'esempio dell'evoluzione del collo delle giraffe, si immagini una popolazione primitiva di giraffe dal collo corto. All'interno di questo gruppo, a causa della variabilità genetica, alcune giraffe hanno un collo leggermente più lungo, altre un po' più corto rispetto alla media. Tutti gli individui arrivano ai rami più bassi ma alcuni di essi (con il collo un po' più lungo) riescono ad arrivare più in alto e a mangiare una nuova fonte ancora inesplorata di nutrimento.

- Queste giraffe riescono quindi a mangiare di più, crescere di più,
 competere di più (tra maschi) e generare una prole più forte.
- Essendo più grandi, riescono anche a fuggire meglio dai predatori.
- Se il carattere «collo lungo» è ereditabile, questo si trasmetterà alle generazioni future.
- Con il tempo, dopo diverse generazioni, il carattere vincente
 «collo lungo» diventerà più comune e la popolazione di giraffe
 sarà composta da un numero maggiore di individui con collo
 lungo.



La selezione naturale può essere provata da una serie di fatti:

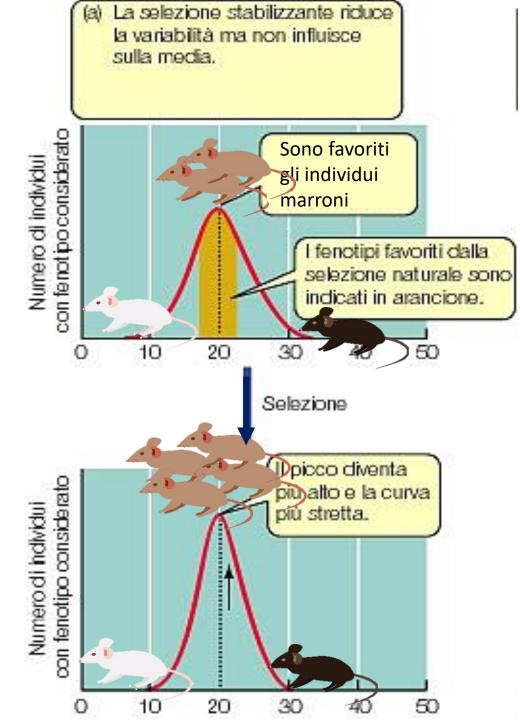
- a) La maggior parte delle specie producono più individui di quelli che possono sopravvivere nell'età adulta (principio di Malthus) (es. piante, pesci, anfibi, invertebrati, ecc).
- b) I giovani che sopravvivono tendono ad essere effettivamente quelli meglio adattati alla sopravvivenza perchè più grandi alla nascita, più veloci nel crescere, più veloci nel fuggire, meno propensi alle malattie, ecc.
- c) I caratteri che assicurano la sopravvivenza (maggior taglia, aggressività, velocità, ecc) tendono a trasmettersi.
- d) Gli individui con caratteristiche vincenti aumenteranno in numero di generazione in generazione.



1) Selezione stabilizzante

Si verifica quando la selezione naturale favorisce il <u>fenotipo medio</u> (più comune) rispetto ai fenotipi estremi (già meno frequenti). La popolazione subirà in questo caso una selezione stabilizzante.

- In una popolazione di topi che vive nei boschi, ad esempio, è probabile che la selezione naturale favorisca gli individui che si mimetizzano meglio con il suolo della foresta e che hanno meno probabilità di essere individuati dai predatori.
- Supponendo che il terreno sia una tonalità di marrone abbastanza consistente, quei topi la cui pelliccia è più simile a quel colore avranno maggiori probabilità di sopravvivere e riprodursi, trasmettendo i loro geni per il loro mantello marrone.
- I topi che portano alleli che li rendono più chiari o più scuri si staglieranno contro il terreno e avranno maggiori probabilità di cadere vittime di predazione.
- Come risultato di questa selezione, la variabilità genetica della popolazione diminuirà.

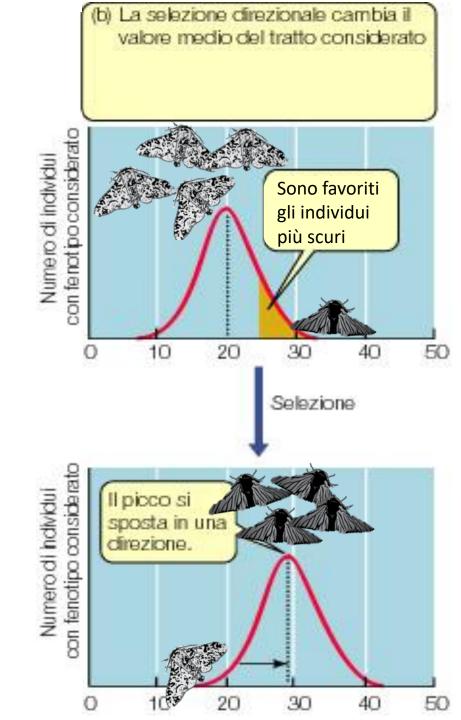


2) Selezione direzionale

Avviene quando i cambiamenti ambientali favoriscono <u>uno dei fenotipi estremi</u>

(più raro in origine) rispetto agli altri, la cui frequenza tenderà quindi ad aumentare.

• Nel corso delle generazioni, si assisterà così ad uno spostamento del picco di frequenza verso l'estremità inizialmente meno frequente ma che ora, con le nuove condizioni ambientali, corrisponde al fenotipo più adatto.



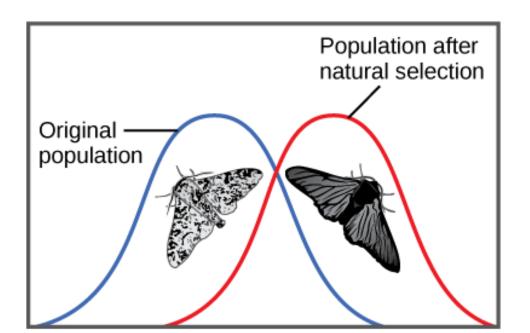
2) Selezione direzionale

prima della rivoluzione industriale

dopo la rivoluzione industriale



Uno degli esempi tipici di selezione direzionale è quello della falena delle betulle (*Biston betularia*) che a causa dell'inquinamento da carbone prodotto durante la rivoluzione industriale tra il XVIII e il XIX secolo, vide la quasi scomparsa degli esemplari con colorazione chiare e l'aumento di esemplari scuri: il cosiddetto fenomeno del melanismo industriale. Un recente studio conferma il ruolo degli uccelli in questo processo.

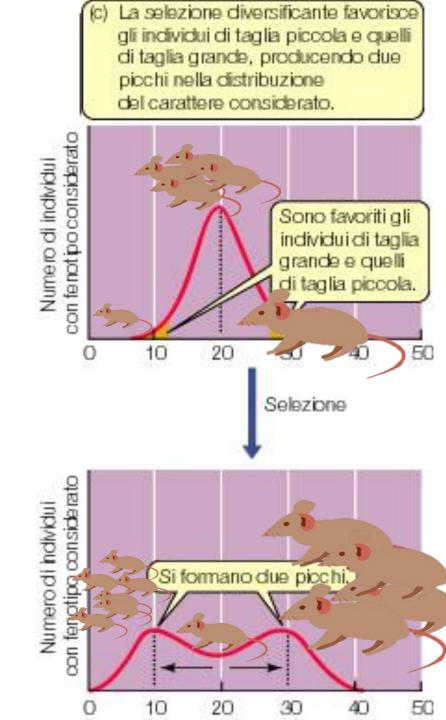


3) Selezione diversificante (o disruttiva)

Favorisce tutti fenotipi estremi a scapito di quello intermedio.

Ad esempio, in una popolazione in cui i grandi maschi alfa sono dominanti perché riescono ad accoppiarsi (e a tramandare i loro geni) con la forza bruta, i maschi piccoli possono intrufolarsi per copulazioni furtive con le femmine nel territorio di un maschio alfa. In questo caso, saranno selezionati sia i grandi maschi alfa che i piccoli maschi, mentre i maschi di taglia media, che non possono competere con i maschi alfa e sono comunque troppo grandi per accoppiarsi furtivamente, vengono sfavoriti nella selezione.

Il risultato di questo tipo di selezione è l'aumento della variabilità genetica man mano che la popolazione diventa più diversificata.



4) Selezione sessuale

• Questo tipo di selezione, coniata da Darwin nel 1871 nel libro *The Descent of Man, and Selection in relation to Sex*, avviene solo fra individui della stessa specie al fine di trovare partner sessuali. La selezione sessuale NON favorisce lo sviluppo di caratteristiche atte a favorire la sopravvivenza di un individuo, ma favorisce gli individui che possiedono caratteri sessuali che massimizzano il loro successo riproduttivo, rispetto ad altri individui dello stesso sesso.

La selezione sessuale si manifesta in due tipi di comportamenti:

- **competizione tra maschi**, quando i contendenti maschi intraprendono delle lotte per conquistare la compagna.
- scelta delle femmine, quando invece i maschi cercano di attrarre la compagna con caratteristiche fisiche (es. ornamenti) o comportamentali (es. il canto).





4) Selezione sessuale

La selezione sessuale si basa su due principi fondamentali:

a) Rapporto tra dimensione e complessità del carattere sessuale

- Stabilisce che un carattere sessuale selezionato non potrà ingrandirsi o rendersi più appariscente all'infinito. Questo perché ogni tratto sessuale (colorazione, grandezza delle corna, ecc), oltre ad essere vantaggioso in termini di fitness (successo riproduttivo), possiede anche svantaggi sia in termini energetici, sia come handicap/ostacolo nella fuga da predatori.
- Ad es., la coda di un pavone non può crescere o essere più appariscente all'infinito, perché sebbene più attraente per le femmine, peggiorerebbe la capacità di sfuggire o rendersi poco visibili ai predatori, quindi diverrebbe un handicap.



4) Selezione sessuale

b) Principio dell'handicap

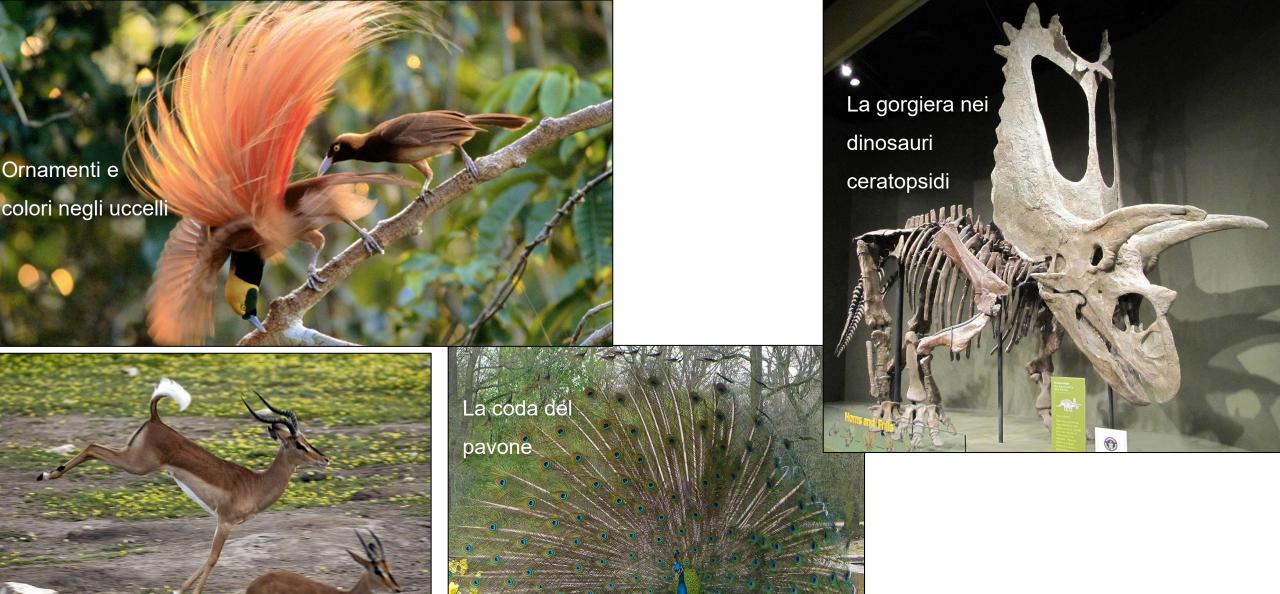
- Conosciuto anche come principio del segnale onesto, fu formulato nel 1975 dal biologo israeliano Amotz Zahavi. Secondo questa ipotesi, il segnale emesso da un animale è tanto più attendibile quanto più appare evidente lo sforzo nel produrlo.
- In altri termini, i tratti sessualmente selezionati devono essere molto costosi (sia in termini energetici che di handicap), affinché possano dimostrare alla femmina la qualità genetica dell'individuo, e quindi il buon investimento che la femmina farebbe nello scegliere quel

maschio.



I palchi del cervide estinto Megaloceros giganteus





Lo stotting (corsa a saltelli)

nelle antilopi

5) Selezione inclusiva

Siete disposti a sacrificare più per i vostri amici o per i vostri familiari ?

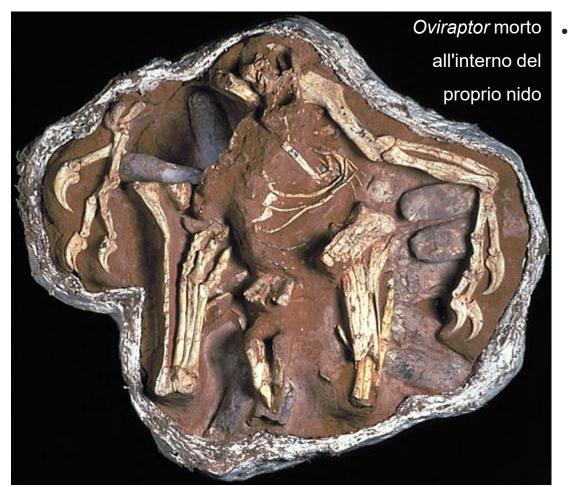




Perché?

5) Selezione inclusiva

Conosciuta anche come "selezione parentale", è quel meccanismo di selezione naturale per cui un individuo rinuncia ad una parte di proprie risorse o si assume un determinato rischio per fornire un beneficio ad un altro individuo con cui possiede uno stretto legame di parentela. Lo scopo è quello di favorire comunque la trasmissione della propria linea genetica a qualsiasi costo.



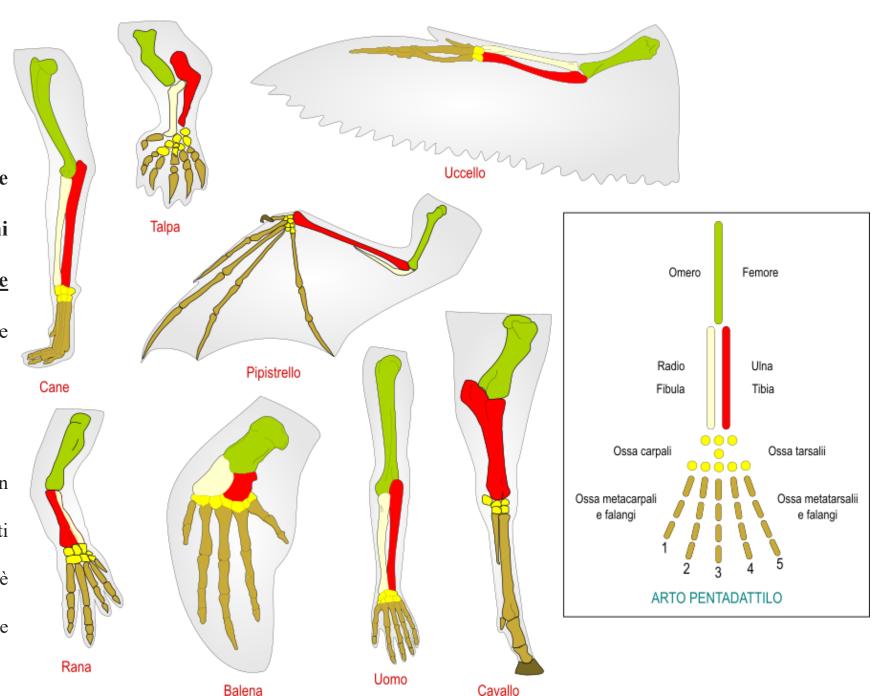
E' uno dei meccanismi selettivi che danno origine ai comportamenti altruistici su base parentale nel mondo animale (incluso l'uomo).



1) Anatomia comparata

Fornisce la prova che organismi anche molto diversi tra loro discendono da comuni antenati, grazie alle strutture omologhe (aventi stessa origine evolutiva, anche se hanno spesso evoluto una diversa funzione).

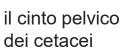
Le similarità delle strutture omologhe in organismi anche lontanamente imparentati dimostrano che la loro somiglianza di base è dovuta all'evoluzione da uno stesso antenato che possedeva quel determinato carattere.

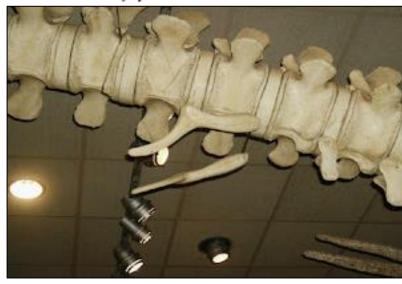


2) Organi vestigiali

- Sono strutture prive di alcuna funzione ma che sono omologhe alle stesse strutture normalmente sviluppate e funzionanti in gruppi affini.
- La presenza di organi "imperfetti" o "inutili" non è spiegabile con la Creazione. L'ipotesi più plausibile è che essi siano resti di organi un tempo funzionali.

...e grazie ai fossili, sappiamo che sono la prova di discendenza da progenitori nei quali questi organi erano funzionali.

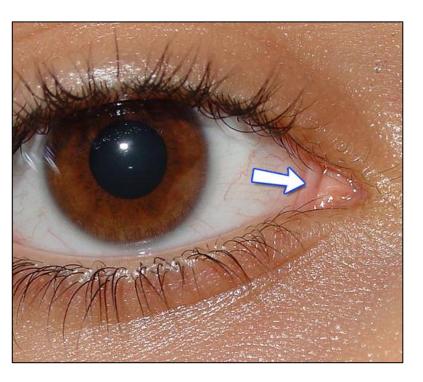


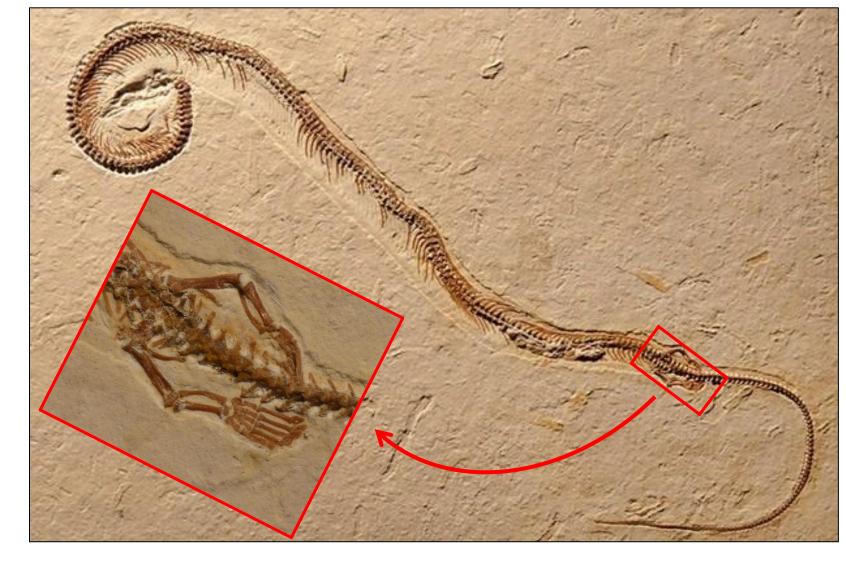




Pakicetus, uno dei più antichi cetacei di circa 50 Ma fa, con un cinto pelvico funzionale.

2) Organi vestigiali





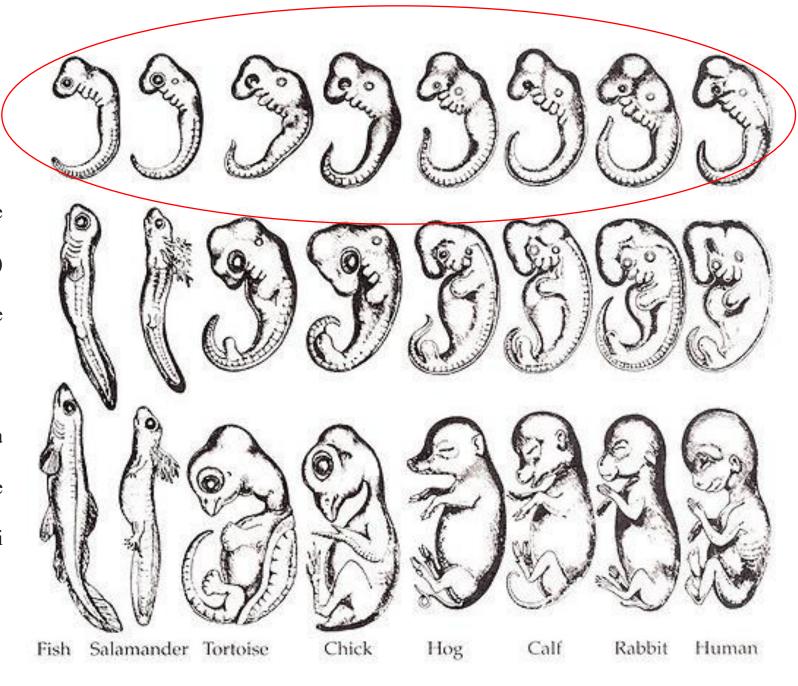
Tetrapodophis amplectus, un serpente estinto con arti vestigiali

La plica semilunare, vestigia della membrana nittitante

3) Embriologia

Confrontando i primi stadi embrionali di specie diverse di uno stesso gruppo (ad es. dei vertebrati) notiamo una forte somiglianza morfologica tra le varie classi.

L'embriologia dimostra l'esistenza di uno schema comune, a partire dal quale si formano strutture completamente diverse grazie alla presenza di specifici geni che controllano lo sviluppo.



4) Biogeografia

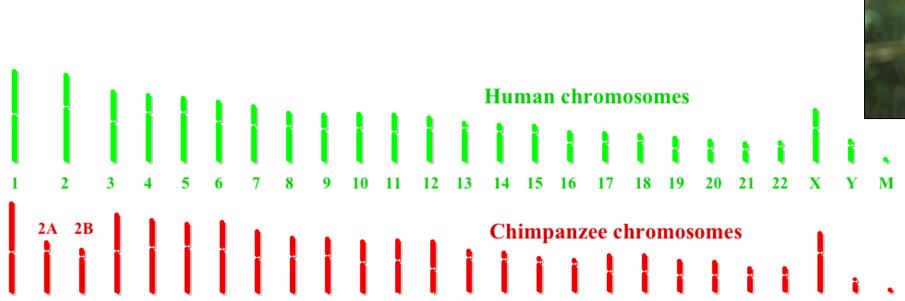


Osservando la distribuzione geografica degli organismi attuali si nota che ogni continente e oceano ha una propria fauna e flora tipiche (spesso endemiche), che può essere solo spiegata con il fatto che la deriva dei continenti ha isolato le popolazioni e ha fatto sì che animali e piante si evolvessero indipendentemente a seconda della regione in cui sono rimasti isolati.

5) Genetica

Il fatto che specie simili condividono buona parte del loro DNA è prova dell'esistenza di un progenitore comune da cui queste si sono evolute.

L'uomo (*Homo sapiens*) e lo scimpanzé comune (*Pan troglodytes*) condividono circa il 99% del DNA (2,97 miliardi di basi su 3 miliardi).





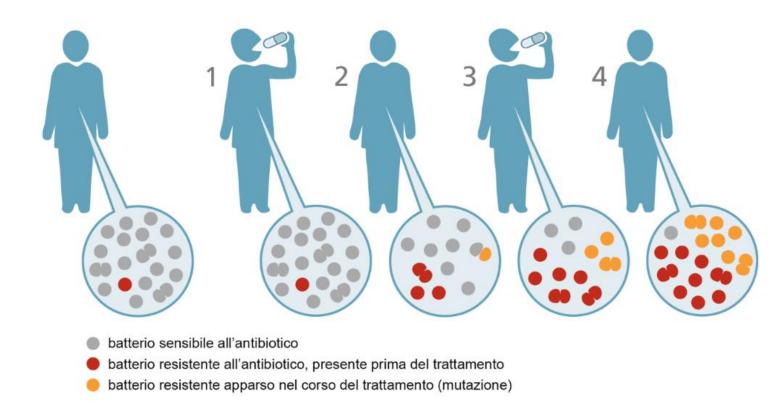
6) La resistenza dei batteri agli antibiotici

Uno dei fenomeni di evoluzione osservabili "in corso d'opera", per via della rapidità con cui è possibile osservare la successione delle generazioni, è la progressiva resistenza agli antibiotici da parte dei batteri.

È necessario utilizzare sempre nuovi antibiotici per assicurare trattamenti efficaci perchè:

- a causa della variabilità genetica, possono essere presenti, già prima del trattamento, batteri casualmente resistenti all'antibiotico.
- dal momento che **le mutazioni** sono presenti anche nei batteri, quegli individui le cui mutazioni determinano una maggiore resistenza a quello specifico antibiotico sopravvivranno.

Questi batteri più resistenti possono dunque trasmettere il loro carattere di "resistenza" agli antibiotici alle generazioni successive.

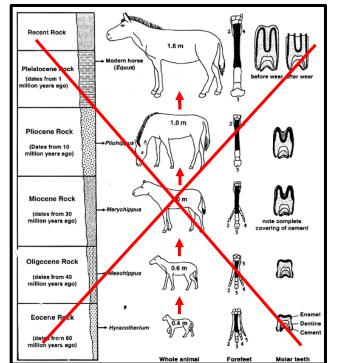


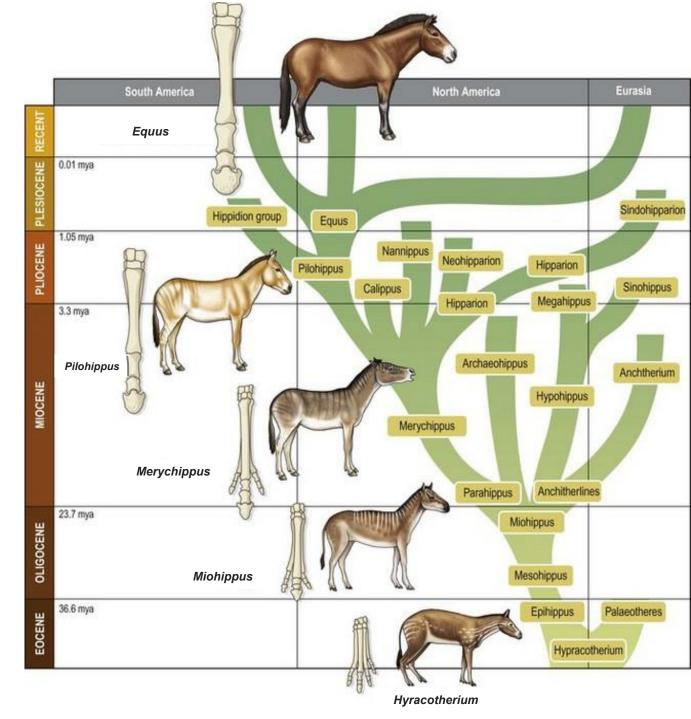
7) I fossili

Sono prova dell'evoluzione per diversi motivi:

A) Rivelano una graduale successione di forme che variano nel tempo: infatti, le rocce più recenti contengono organismi più simili a quelli attuali; rocce più antiche contengono forme con maggiori differenze.

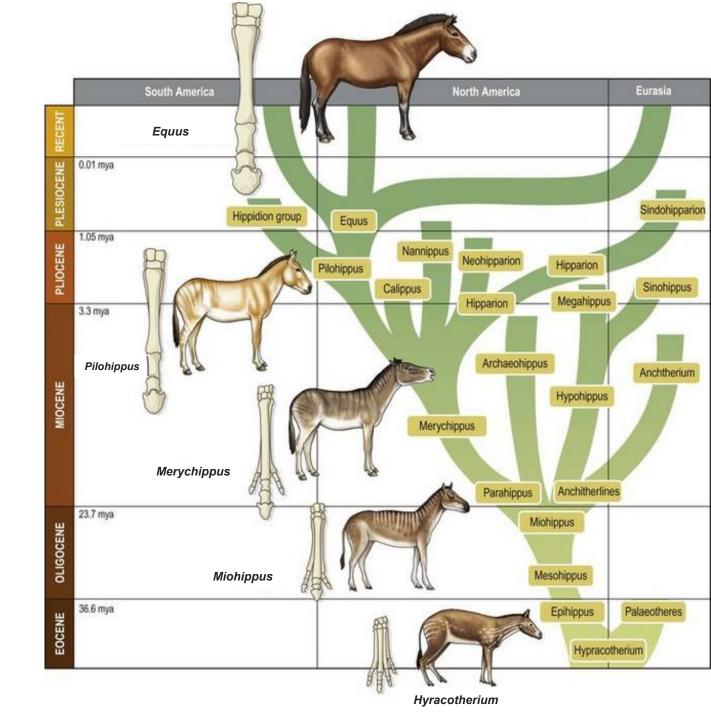
NB: l'evoluzione NON è unidirezionale, ma segue un andamento ramificato. Non c'è una linea diretta che va da *Hyracotherium* all'attuale *Equus*, ma l'evoluzione va per tentativi, con alcune linee che hanno successo, e altre che si estinguono.





7) I fossili

Per capirci, fossili abbastanza recenti (es. del Pleistocene) possono essere attribuiti generalmente a generi o specie attuali (es. Equus), mentre quelli via via più antichi sono sempre più diversi e devono essere attribuiti ad altri generi o famiglie. Ma dal momento che le caratteristiche morfologiche di base permangono, essi possono essere spesso attribuiti agli stessi gruppi tassonomici di ordine elevato attuali (ordini, classi o phyla).

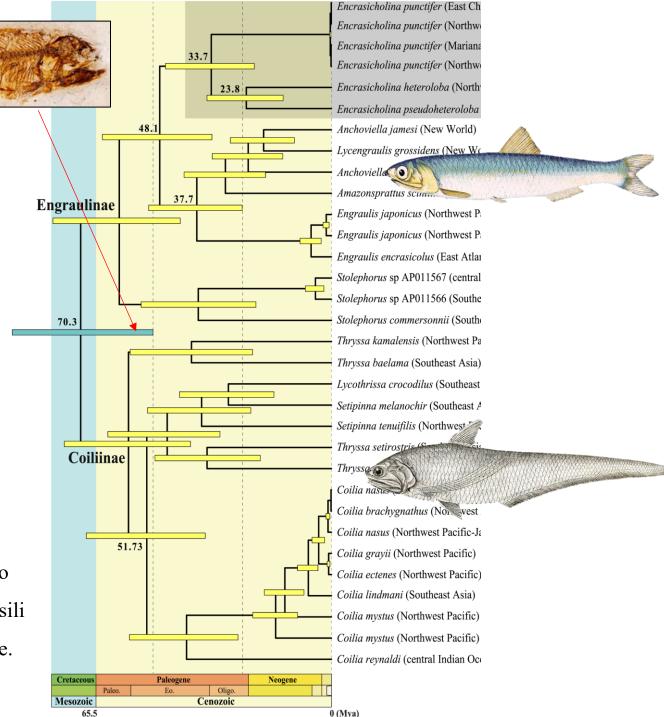


7) I fossili

B) Fossili e genetica molecolare danno stessi risultati sull'età di divergenza tra i cladi

Ovvero, le date di divergenza tra i cladi stimata dei dati molecolari (DNA) corrispondono nella maggior parte dei casi alle date ricavate dai fossili, confermando entrambe e indipendentemente la Storia evolutiva.

Esempio: analisi molecolari suggeriscono che le due diverse sottofamiglie di acciughe esistenti (Engraulinae e Coiilinae) si siano separati in un periodo compreso tra 80 e 45 milioni di anni fa. I fossili più antichi di acciughe risalgono proprio a questa finestra temporale.

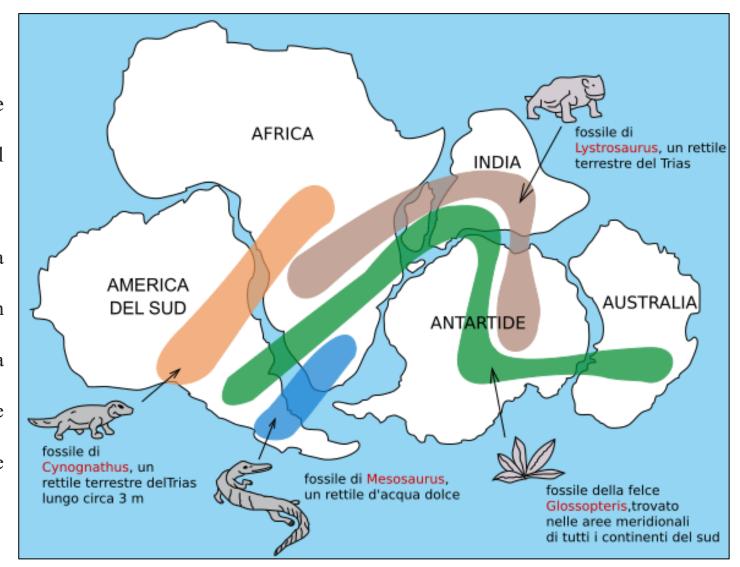


7) I fossili

C) Paleobiogeografia

I fossili forniscono informazioni sulla distribuzione spaziale degli antichi organismi, supportando il concetto di antenati comuni ed evoluzione.

Ad esempio, i rinvenimenti di fossili appartenenti alla stessa specie in continenti oggi separati, provano che un tempo vi erano connessioni faunistiche e geografiche tra questi continenti, provando al contempo che le masse terrestri avevano una disposizione diverse dalla attuale (sono anche prova della deriva dei continenti).



7) I fossili

C) Paleobiogeografia

Un altro esempio lampante è fornito dagli attuali marsupiali, presenti solo in America e Australia.

I marsupiali dei due continenti sono oggi molto diversi tra loro perchè si sono evoluti in modo diverso in risposta alle diverse condizioni



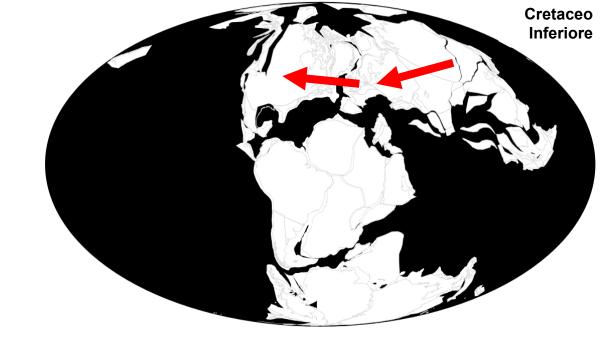
7) I fossili

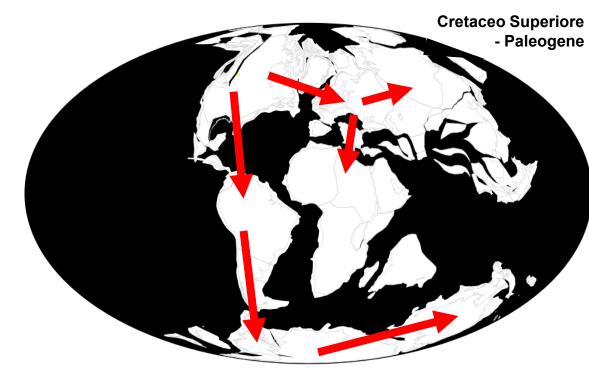
C) Paleobiogeografia

Ciò è dimostrato dai loro fossili.

I fossili trovati in varie parti del mondo provano che i marsupiali, dopo essersi originati in Asia nel Cretaceo Inferiore (c. 130 Ma fa), migrarono attraverso l'Europa in Nord America e quindi, a partire dal Cretaceo Superiore (c. 100 Ma fa) in Sudamerica, e dopo aver attraversato l'Antartide nell'Eocene (50 Ma fa), arrivarono in Australia.

Col tempo gli altri marsupiali si estinsero e solo quelli americani (opossum) e quelli australiani (canguri, vombati, ecc) sopravvissero.

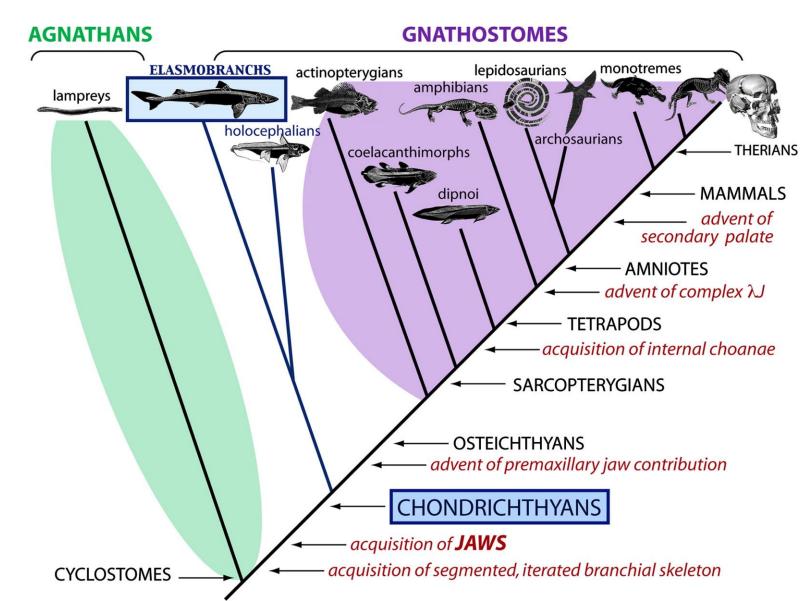




7) I fossili

Compagnucci et al. (2013). *Develop. Biol.* 377:428-448

D) Provano che l'insieme dei caratteri morfologici che contraddistinguono un clade (famiglia, ordine, ecc), non sono comparsi istantaneamente in un gruppo ma sono stati acquisiti gradualmente con l'evoluzione in step successivi.



7) I fossili

E) Chiariscono l'origine dei cladi oggi viventi e delle strutture anatomiche esistenti perché migliorano la precisione nella ricostruzione delle relazioni tra gruppi di organismi (ad es. i dinosauri teropodi piumati mostrano come si sono originati gli uccelli).



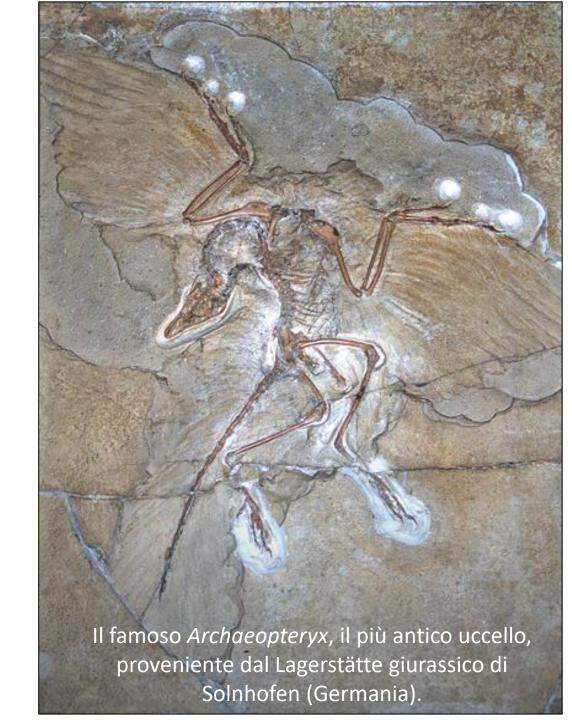
Il dinosauro teropode *Zhenyuanlong suni* del Cretaceo inferiore della Cina mostra l'evidente presenza di penne e piume (apparse prima del volo).

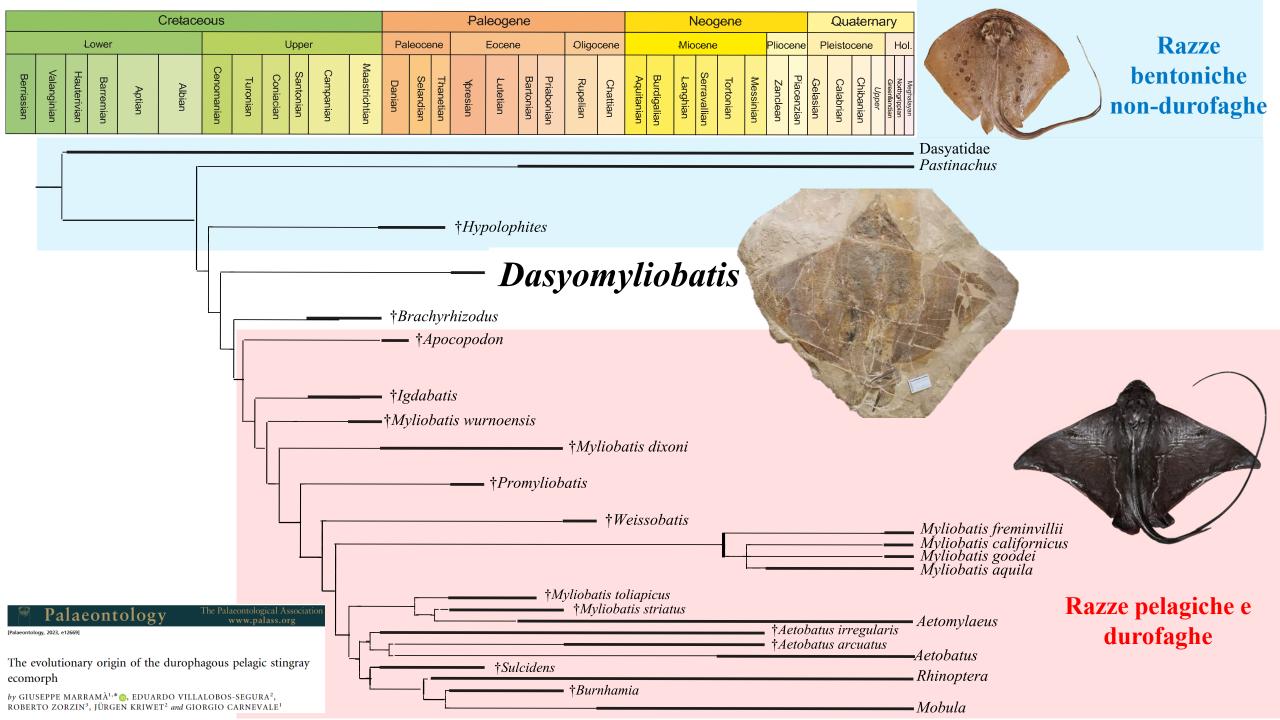
Lu & Brusatte (2015) - Scientific Reports 5:11775

7) I fossili

F) Forme di transizione.

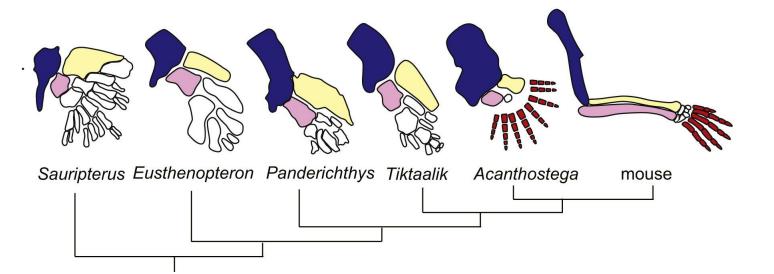
Alcuni fossili mostrano spesso caratteristiche intermedie tra specie più antiche e più recenti. Queste forme "intermedie", un tempo chiamati "anelli mancanti" forniscono prove dirette del cambiamento evolutivo nel tempo. Ad esempio, il più antico uccello fossile risalente a circa 150 Ma fa, *Archaeopteryx*, presenta caratteristiche sia dei dinosauri non aviani (denti, coda lunga, artigli nelle dita, ecc) che degli uccelli (struttura dell'ala e delle penne che consentono il volo attivo), supportando l'idea di una transizione tra questi due gruppi.

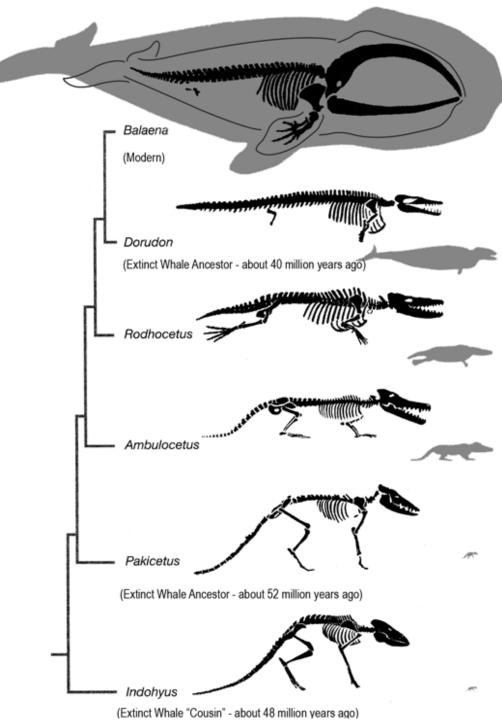




7) I fossili

G) Caratteristiche anatomiche transitorie. I fossili spesso conservano strutture che sono intermedie tra quelle trovate in specie ancestrali e discendenti. Queste caratteristiche transitorie forniscono prove tangibili delle transizioni evolutive, come lo sviluppo graduale degli arti dai pesci sarcopterigi ai tetrapodi primitivi, o come lo sviluppo di caratteri anatomici che hanno consentito il passaggio da cetacei ancora terrestri a balene completamente acquatiche.



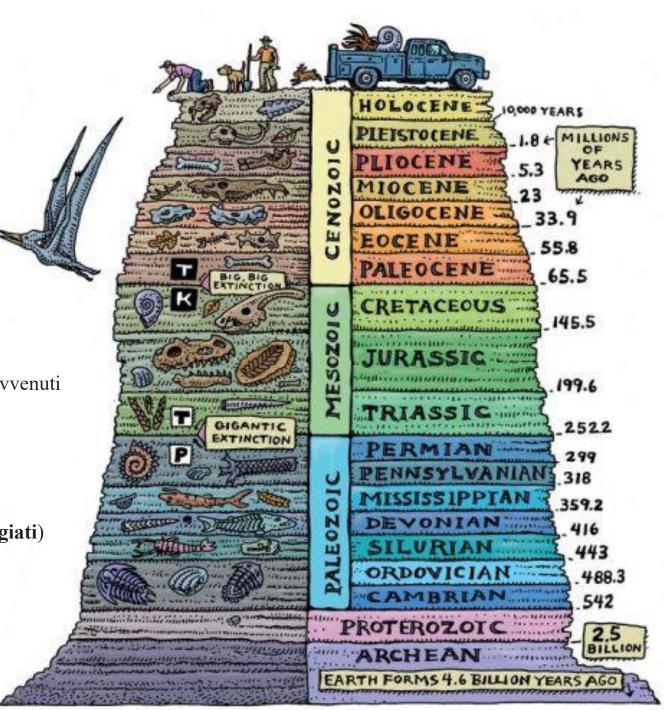


7) I fossili

H) Sequenza cronologica. I fossili si ritrovano in strati di rocce sedimentarie, con gli strati più profondi che rappresentano periodi più antichi e strati più superficiali che rappresentano tempi più recenti.

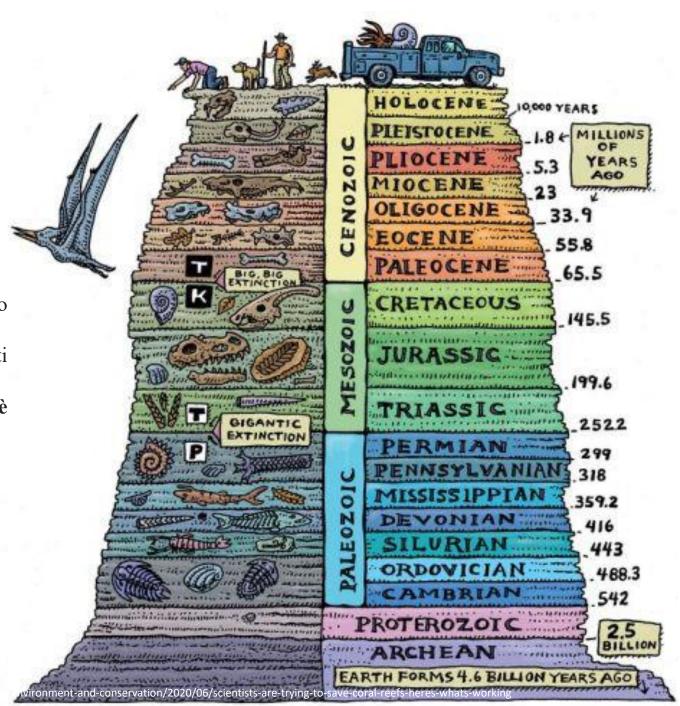
Questa sequenza cronologica permette di osservare i cambiamenti avvenuti negli organismi nel tempo, rivelando modelli di evoluzione come:

- l'apparizione graduale di nuove specie (gradualismo)
- la diversificazione di nuove specie in poco tempo (equilibri punteggiati)
- l'estinzione di quelle più vecchie.



7) I fossili

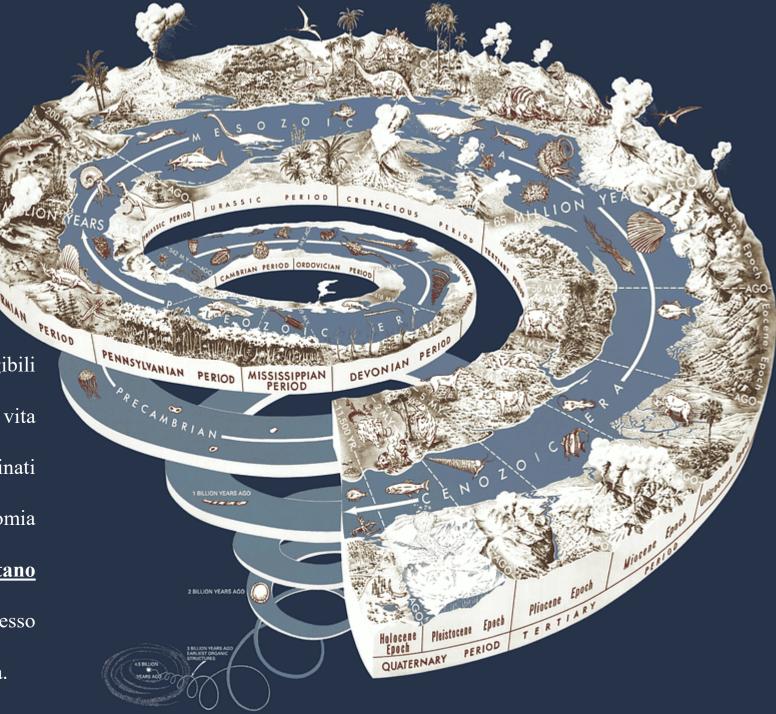
I) Inoltre, dal momento che gli organismi più semplici si trovano negli strati rocciosi più antichi e quelli più complessi negli strati più recenti, i fossili mostrano che la complessità biologica è aumentata via via nel corso del tempo, e quindi si è evoluta.



7) I fossili

In generale, dunque, i fossili offrono prove tangibili dell'evoluzione fornendo un registro delle forme di vita passate e dei loro cambiamenti nel tempo. Quando esaminati insieme ad altre linee di evidenza come l'anatomia comparata, la genetica e l'embriologia, <u>i fossili supportano</u>

<u>la teoria generale dell'evoluzione</u> come processo fondamentale che guida la diversità della Vita sulla Terra.





3.2.1 Microevoluzione e Macroevoluzione





Abbiamo visto come la selezione naturale agisce all'interno di una popolazione attraverso diverse forme di selezione (stabilizzante, direzionale, diversificante, sessuale, inclusiva) favorendo fenotipi che possono essere più adatti in un determinato contesto ambientale.

La comparsa di nuovi fenotipi vincenti e le loro variazioni

nella frequenza all'interno di una stessa specie è la microevoluzione.

- La microevoluzione è dunque l'evoluzione operante al di sotto del livello di specie ed è dovuta all'interazione tra fenomeni quali mutazioni, ricombinazione genetica, deriva genetica (=aumento casuale di un allele), interazione locale con altre specie (parassitismo, predazione e concorrenza) e la selezione naturale.
- Essa opera in tempi relativamente brevi ed è dunque possibile osservarla "in corso d'opera".
- La microevoluzione è quella che dà origine alle sottospecie.

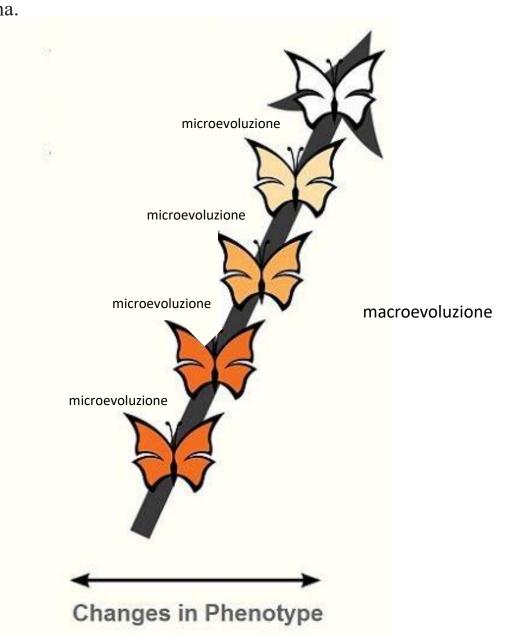
Varie sottospecie di Panthera tigris



Al contrario, quando la selezione naturale opera a livello di specie o al di sopra del livello di specie (generi, famiglie, ordini, ecc) si parla di macroevoluzione, che opera in tempi molto più lunghi, impercettibili in una vita umana.

Il prodotto più interessante della macroevoluzione è la nascita di una nuova specie, ovvero la <u>speciazione</u>.

- A lungo andare, la comparsa di nuovi e sempre più numerosi cambiamenti morfologici all'interno di una stessa specie, farà sì che gli individui "di partenza" e quelli "finali" (che hanno accumulato tanti cambiamenti genetici) saranno così diversi che non si potranno più incrociare tra loro.
- Le due popolazioni (iniziale e finale) sono ora diverse e quella derivata dalla prima può essere considerata **una nuova specie**.





3.2.2 Il concetto di specie





La disciplina che regola la definizione di una specie in paleontologia e che stabilisce i principi e le regole per nominare e classificare le specie è la

Paleontologia tassonomica, che rientra nel campo della Paleontologia Sistematica.

PALEONTOLOGIA GENERALE

Tafonomia

Paleoecologia

Paleobiogeografia

Paleoclimatologia

Biostratigrafia

Paleobiologia

PALEONTOLOGIA SISTEMATICA

Paleontologia tassonomica

Paleozoologia

Paleoicnologia

Micropaleontologia

Paleoantropologia

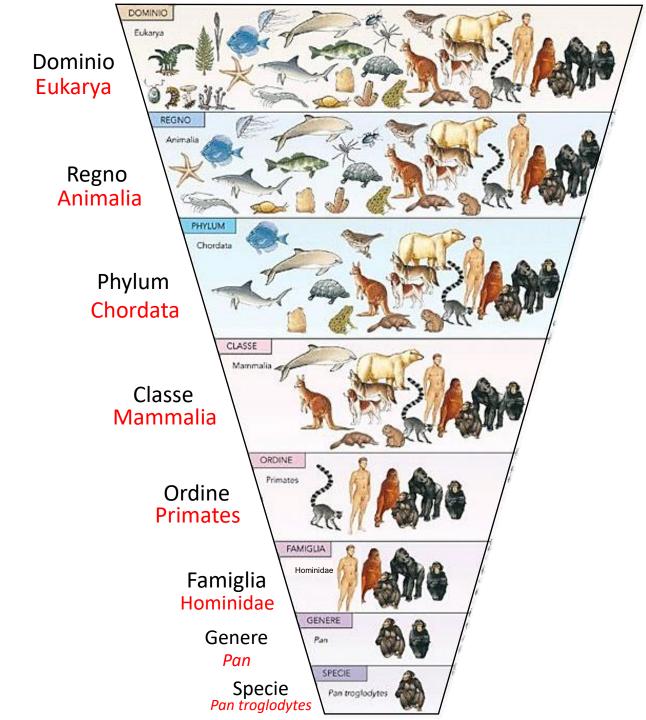
Paleobotanica

PALEONTOLOGIA SISTEMATICA

Paleontologia tassonomica

• E' la disciplina che stabilisce i principi e le regole per la classificazione degli organismi vissuti nel passato, e si basa sulle stesse regole del mondo vivente.

"Classificare" vuol dire <u>ordinare gli organismi all'interno di</u> <u>categorie tassonomiche gerarchiche omogenee</u>, ovvero i **taxa** (taxon al singolare) (specie, generi, famiglie, ordini, classi, ecc), in base alle relazioni tra essi.



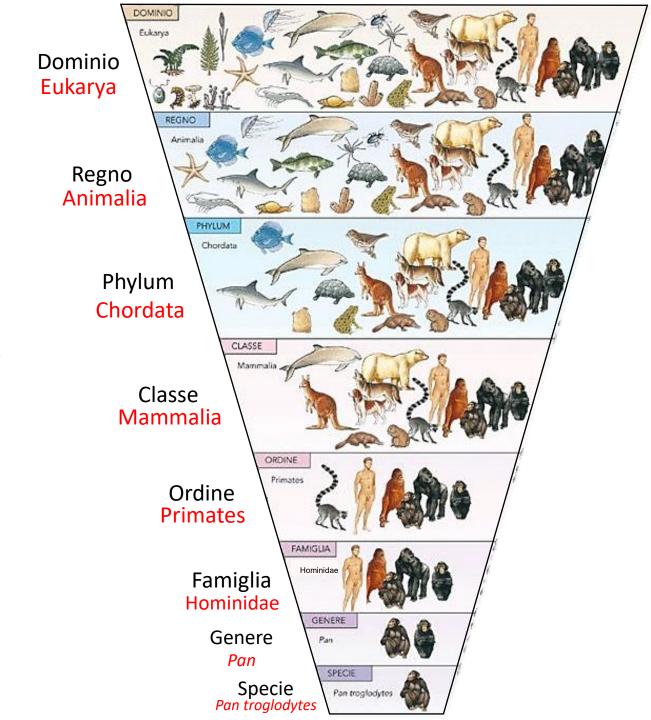
PALEONTOLOGIA SISTEMATICA

Paleontologia tassonomica

La paleontologia tassonomica include due branche principali:

1) Tassonomia, dal greco τάξις (taxis) "ordine" e νομία (nomìa) "metodo": disciplina che definisce i metodi per classificare gli organismi. È la base per la classificazione, ed è necessaria per studiare le cause delle relazioni e delle somiglianze tra i viventi e/o organismi fossili.

2) Nomenclatura: stabilisce le regole e i principi con cui assegnare un nome agli organismi.



Le principali fasi della paleontologia sistematica consistono in:

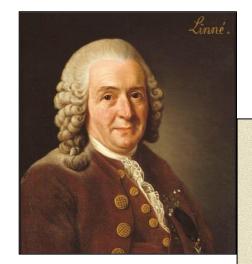
- 1. Descrizione dettagliata dei caratteri morfologici degli organismi fossili dal punto di vista anatomico/morfologico.
- 2. Classificazione, ovvero ordinare gli organismi in gruppi (categorie tassonomiche) in maniera gerarchica.
- 3. Nominare in modo univoco i taxa secondo le regole della nomenclatura.

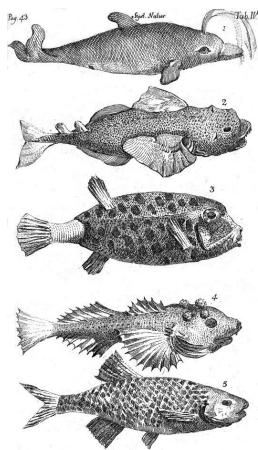
PS: Attenzione a non confondere la classificazione con l'identificazione (o determinazione) che consiste nell'attribuire gli individui oggetto di analisi a categorie tassonomiche precostituite (già stabilite).



Classificazione e categorie tassonomiche

- Carl Nilsson Linnaeus (1707-1776), conosciuto in italiano come Carlo Linneo, medico e naturalista svedese, tramite le celebri opere *Systema plantarum* (1752) e *Systema Naturae* (1758) fu il primo a proporre un sistema di classificazione, rispettivamente per le piante e gli animali, sulla base di caratteristiche morfologiche comuni, i cui fondamenti sopravvivono ancora oggi.
- Per questo motivo, le categorie tassonomiche (taxa) vengono anche chiamate **ranghi linneani**, sebbene vi siano alcune differenze tra il sistema usato da Linneo e i sistemi di classificazione moderni.





CAROLI LINNÆI

Equitis De Stella Polari,
Archiatri Regii, Med. & Botan. Profess. Upsal.;
Acad. Upsal. Holmens. Petropol. Berol. Imper.
Lond. Monspel. Tolos. Florent. Soc.

SYSTEMA NATURÆ

PER

REGNA TRIA NATURÆ,

SECUNDUM

CLASSES, ORDINES, GENERA, SPECIES,

CUM

CHARACTERIBUS, DIFFERENTIIS. SYNONYMIS, LOCIS.

Tomus I.

Editio Decima, Reformata.

Cum Privilegio S:a R:a M:tis Svecia.

HOLMIÆ.

IMPENSIS DIRECT. LAURENTII SALVII, 1758.

Classificazione e categorie tassonomiche

Alla base della classificazione ereditata da Linneo si colloca la

SPECIE

l'unità fondamentale del sistema di classificazione moderno, ovvero

il raggruppamento più piccolo che accomuna gli individui più simili

Tabella 11.1 Un elenco dei concetti di specie presenti nella letteratura (da Hev. 2001).

Biologico	Genetico							
Coesivo	Henningiano							
Ecologico	Filogenetico (versione diagnostica)							
Evolutivamente significativo	Riconoscitivo							
Evolutivo	Basato sulla competizione riproduttiva							
Agamospecie	Non-dimensionale							
Cladistico	Fenetico							
Composito	Filogenetico (versione monofiletica)							
Genealogico	Filogenetico (versione diagnostico-monofiletica)							
Genotipico	Politetico							
Internodale	Successionale							
Morfologico	Tassonomico							

E' necessario a questo punto definire cos'è la specie...

"... toute collection d'individus semblables que la génération perpetue dans le même état" (Lamarck, 1800)

"a reproductive community of individuals that share a common gene pool" (Dobzhansky, 1951)

".. a groups of inbreeding natural populations that are reproductively isolated from other such groups" (Mayr, 1963)

"... a complex of spatially distributed reproductive communities ... a complex of vicarying communities of reproduction .." (Hennig, 1966)

"... the smallest detected samples of selfperpetuauing organisms that have unique stets of characters (Nelson & Platnick, 1981)

".. a single lineage (an ancestor-descendant sequence of populations) evolving separately from others" (Simpson, 1981)

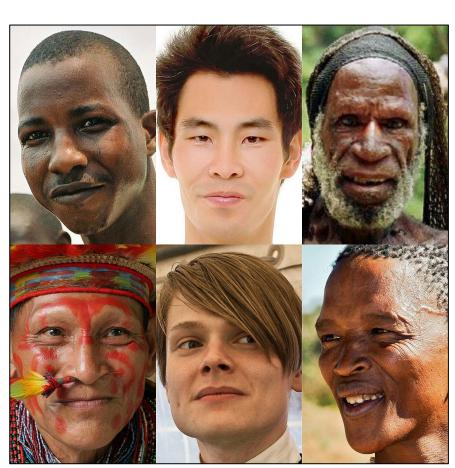
Il concetto biologico di specie

«Gruppo di individui capaci di incrociarsi tra loro e produrre prole fertile»

(Ernst Mayr, 1940)

- La specie è l'unità fondamentale di tutte le categorie tassonomiche e corrisponde all'unica suddivisione naturale del mondo organico.
- Essa è cioè l'unico rango linneano con un reale significato biologico.
- Al contrario, tutte le altre categorizzazioni, dal genere al regno, sono soggettive.





Homo sapiens

Canis lupus

Il concetto biologico di specie

L'unicità delle specie è mantenuta dalle cosiddette **barriere riproduttive** che impediscono il mescolamento di geni di specie diverse (anche se simili).

Esistono due tipi di barriere:

1) Barriere pre-zigotiche (impediscono la fecondazione)

- Isolamento spaziale o ecologico. Le specie vivono in ambienti diversi.
- Isolamento temporale. Le specie si riproducono in periodi diversi dell'anno.
- *Isolamento comportamentale*. Differenze nei rituali di corteggiamento fanno sì che le due specie non si riconoscono come partner.
- *Isolamento anatomico o meccanico*. La diversa anatomia degli organi riproduttivi impedisce la copula.
- Isolamento gametico. I gameti non si fondono a causa di barriere di tipo chimico.



rana leopardo meridionale (*Lithobates sphenocephalus*)



rana leopardo settentrionale (*Lithobates pipiens*)

Il concetto biologico di specie

2) Barriere post-zigotiche (impediscono lo sviluppo se i gameti si uniscono)

- Zigote anomalo. La cellula uovo fecondata non si sviluppa.
- Ibridi non vitali. Gli individui che nascono risultano deboli e/o malformati.
- *Ibridi sterili*. Gli individui che nascono sono sterili e non producono gameti in grado di garantire la riproduzione.





Ligre (Panthera leo \circlearrowleft + Panthera tigris \circlearrowleft)

Mulo (Equus asinus \circlearrowleft + Equus caballus \circlearrowleft)

Il concetto biologico di specie

• E' chiaro quindi che il concetto biologico di specie è fondato sul DNA dove sono registrate tutte le proprietà morfologiche e la capacità di riproduzione.

Possiamo applicare il concetto biologico di specie alla paleontologia ?



Tartarughe dal sito eocenico (47 Ma) di Messel (Germania), morte e fossilizzatesi nell'atto della copula.

LIMITI al concetto biologico di specie:

- Non è possibile sapere se due individui fossili simili potevano riprodursi o meno.
- Non è possibile dimostrare l'isolamento riproduttivo attraverso l'identificazione di barriere pre- o postzigotiche.
- Il DNA non si conserva!

Il concetto biologico di specie NON

è applicabile ai fossili!

La specie in paleontologia

Ecco perché in paleontologia si usa il concetto morfologico di specie, ovvero...

MORFOSPECIE

"Gruppo di individui con caratteristiche morfologiche simili"

Ne consegue che specie, generi, famiglie, ecc. sono identificati sulla base dei caratteri morfologici.

Per questo motivo i taxa in paleontologia vengono definiti **morfotaxa** (morfospecie, morfogeneri, ecc).

Le regole con cui assegnare i nomi alle specie paleontologiche sono stabilite (come per le specie biologiche) dalla **nomenclatura**...

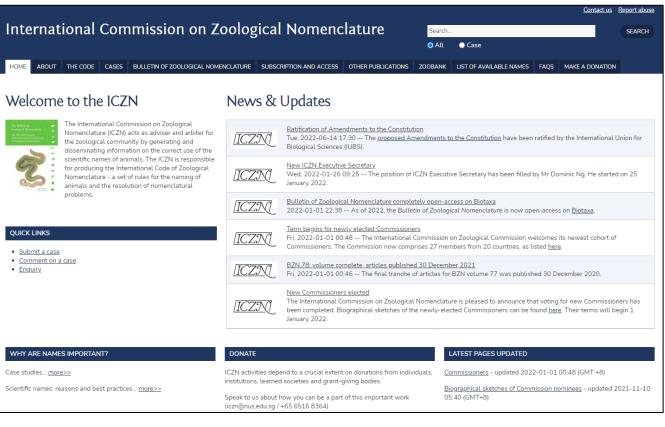


NOMENCLATURA

Disciplina che stabilisce le regole con cui assegnare un nome agli organismi.

E' regolata da due insiemi di norme:

- il Codice Internazionale di Nomenclatura Zoologica (ICZN)
- il Codice Internazionale di Nomenclatura per alghe, funghi e piante (IAPT)



International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants

INTERNATIONAL CODE OF NOMENCLATURE FOR ALGAE, FUNGI, AND PLANTS (SHENZHEN CODE) 2018



The International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants is the set of rules and recommendations that govern the scientific naming of all organisms traditionally treated as algae, fungi, or plants, whether fossil or non-fossil, including blue-green algae (Cyanobacteria), chytrids, oomycetes, slime moulds, and photosynthetic protists with their taxonomically related non-photosynthetic groups (but excluding Microsporidia). Before 2011 it was called the International Code of Rotanical Nonenclature (ICBN)

This edition of the Code embodies the decisions of the Nomenclature Section of the XIX International Botanical Congress (IBC), which took place in Shenzhen, China in July 2017. This Shenzhen Code supersedes the Melbourne Code (McNeill & al. in Regnum Veg. 154, 2012), published after the XVIII IBC in Melbourne, Australia in 2011. The rules of the Shenzhen Code became effective immediately upon acceptance of the resolution at the closing plenary session of the XIX IBC on 29 July 2017, that the decisions and appointments of its Nomenclature Section be approved. The Shenzhen Code in its final form was published on 26 June 2018 (printed version). This electronic version was made available on 27 June 2018. A PDF version was made available to members of the International Association for Plant Taxonomy on 27 January 2019.

Several authorized translations of the Shenzhen Code have been made available and can be accessed at https://www.iaptglobal.org/shenzhen-code. Note that in questions about the meaning of provisions in translated editions of this Code, the English edition is definitive. Automatic translations, such as those provided by some web browsers, may be inaccurate and should not be relied upon.

Provisions of the Code relating solely to names of fungi are gathered together in its Chapter F. The content of Chapter F may be modified by action of the Fungal Nomenclature Session of an International Mycological Congress (IMC). Chapter F was revised as a result of decisions approved on 21 July 2018 by the closing plenary session of the 11th IMC, held in San Juan, Puerto Rico. The resulting San Juan Chapter F was published in the journal IMA Fungus on 27 December 2019 as an open-access article. The San Juan Chapter F supersedes Chapter F of the Shorthern Code.

https://www.iczn.org/

Dal momento che i fossili sono da considerarsi *ex- vivi*, per essi si utilizzano i medesimi schemi
classificativi in uso per i viventi.

https://www.iapt-taxon.org/

NOMENCLATURA: Principi e regole fondamentali Bios





L QUADR Copper historium. 9

T-	C	A R C) L	I		LI	NI	V	Æ I			R	E G	NU	Ţ	M	A	ΝI	N	Л А	L E.	
I. Corpus	TTAI	DRUPEDIA.		II. A V E S. Cerpus plumosum. Als duz. Pedes duo. Restrum offcum.					III. AMPHIBIA. Corpus nudum, vel fiquamofum. Dentes molares nulli: reliqui femper. Pinna nulla.			V P	SCES			INS	SECTA.	1	V	I V E	RMES.	idæ affixi.
ANTHROPO. MORPHA. Dieste primores a.u- trinque: vel nulli,	Homo. Simia,	Nodes te ipfum. Austrația a. Forstatea a. Digiti Podesiorei anestochus fimilus. Digiti 3. vel a 3.	Europsus albefe. Americanus rubefe. Affacicau fulcus. Affacicau nigr. Simis cueda carera. Papio. Setyrus. Cercophibecus. Cynocephalus. Al. America.	₽.53	Strix. Falco.	Digisi pedis antici a. podici a. Objesi pedis antici 3. podicus r. quorum antimus retroctivim ficilis. Digisi pedis antici 3. podicus z. Pana a. lonalifficam . finenisce	Pfittacus. Bubo. Otus. Noctus. Ulula. Aquiia. Vultur. Bulto. Faico. Cynnopus. Milvot. Lanius. Pggargas. Tianunculus.	Teftudo.	Cerpu - quadrupedium , caudatur tella munitum. Cerpu - quadrupedium , cauda d filituum , quamis caress. Cerpu - quadrupedium , caudatu	. Garolina.	PLAGIUR Cauda horiz	Thrichechus. Catodon. Monodon. Balæna.	Desce in utraque maxilla. Des se impenne. Desse la inferiore maxilla. Desse in impenne. Desse in faperiore max. 4; Desse in faperiore max. 4; Desse in faperiore max. 4. Desse in faperiore max. 4. Desse in faperiore max. 4.	Manatus f. Feece mer. Cot. Fiftula in rollro Art. Cote Citaf. Monocoros. Uniseres. B. Groenland. B. Finfich. B. Manill. inf. lations. Art.	o dyu	Blatta, Dytifcus, Meloë,	5. FACES EXTERNA PACILE DISTINO. Epiras concreta. Ale sullis. Assessas truncate. Assistate removem forms & ufs. Ass. featcas. Assess apex bifuctus. Ass. featcas. Assess apex bifuctus. Ass. moniliformes. Es articulis obeum funden.	Scarab, tardipos, Blazza fostida. Hydrocantharus, Scarab, squaticus, Scarab, majalir, Scarab, unchoclus,	REPTI Nuda	Gordius. Tænia. Lumbricus.	Corpus filliforme , teres , fimples. Corpus filliforme , pleaum , articulatum. Corpus facciatum , pleaum , articulatum.	Seta aquatica. Vena Medina. Lumbricus longus. Intellinum terre. Lumbeicus latus. Afcaris.
P. P.	Urlus, Leo.	Digiti S. Scandens. Meneme 4. (Ald. S. Scandens. Calesceis infiltit. Polles extus positus. Digiti S. 4. Scandens. Lienas aculesta.	Al. dynevat. Tardigrados. Urfus. Costi Mrg. Wickhesd Angl. Leo.	1 % m	Coracias. Corvus.	Penne a. longiffirm , fingularet , nec ule , nec uropygio infane. Per ,dack. Reffriess exteriores gradatim breviores. Per ,dack. Reffriess mysilos. Digini pedis anciel a. pofici a. Refram inve.	Manacodata. Aris Peredifices. Pice. Corves. Monecula. Lupce. Giandaria. Caryocataftes. Cuculo. Torquill f. Junz.	Anguis	Contra analysis Mana Contra	Allegator, Cordylus, Drico volus, Scincus, Salamandra sq. terretiris, Calumileo, Sep., Senembl stry; Vipera, Cucilla,		Delphinus, Raja. Squalus.	Desirs in utraque maxilla. Desirs in utraque maxilla. Desirs pinnatum. Ferencias branch, utrinq. 5. Cerpus deportium. Ferenc. branch, utrinq. 5. Cerpus oblongum.	Orchs. Delphimus. Phocuens. Raja clav. síp. hev. &cc. Squatiso-Raja. Altavela. Palimaca mar. Aquila. Torpedo. Bog Fee.		Forficula, Notopeda, Mordella, Curculio.	Elytra bewiffina, rigida. Cauda biforca. Pofitum in dosfo saftir. Ant. capillacen. Cauda aculeo rigido fimplici armata. Ant. fitscom, bevera. Refirum potoficim, tetes, fimplex. Ant. chvatn in medio Rofin pofice.	Staphyllinus, Auricularia, Scarab, elaflicus, Negator ab Ariffondo, Curculio,	F I	Hirudo, Limax, Cochlea,	Corjos inferne pianum , foperne convex. tentaculă defiturum. Corpos inferne pianum , foperne conv. tentaculă inferefrum. Tofo univalvis , spiralis , unifoculatis.	Sanguifuga. Limax, Helix. Labyrinthus. Voluta. Cochles varia. Ruccipum.
inwes 6. utrisque : myhifdi , unguicuk	Tigris. Felis. Muftela.	Dight 5. Scandens. Attenus q umbiliciles. Lingus iculietts. Dight 5. 4 Scandens. Attenus 8. fc. 4 pcd. 4 thdom. Lingus sculetts. Dight 5. 5 Scandens. Dight 5. 5 Scandens. Double mobiles 4 utrinque.	Tigris. Panthers. Feils. Cates. Lyoz. Mantes. Zibellina. Viverrs. Muffels.	mprefium, convexu	Picus. Certhia. Sitta. Upupa. Ifbida.	Digis pedis antici a. Refrese angulatem. Pes sheft. Refr. gracile incurrum. Pes sheft. Refr. triangulate. Pes sheft. Coper plumis crillatum. Pes sheft. cupie digitus crilinus medic actendinus tribus automits tribus automits tribus anticolius tribus automits.	Picus niger. virida, varius. Certhis. Picus cinereus Upupa. Ifpids.			Afpis. Caudifona. Cobras de Cabelo; Anguis Æfculapii. Cenchris. Natris. Hydrus.	1	Acipenfer. Petromyzon, Lophius.	Forum, branch, utring, Gredental tubulatum. Forum, branch, utring, T. Coryan blepante. Copus magnitudine corporis. Appendies horizontaliter laters picks ambiguor.	Lumia, Galeus, Vulpes mat. Curelan, Vulpes mat. Centrine, Frithi. Sturio, Ichelspacolle, Ennecophthalimus, Lunpers, Murcha, Rana pifeatria. Rana pifeatria. Genecopis,		Buceros. Lucanus. Scarabæus. Dermeftes,	Cores 1. fimplex , rigidem , fixum , Ass. capitates , foliacex . Ceresa 2. temofs , rigida , mobilis . Ass. capitates , foliacex . 5. Avratus foliacex . 5. Avratus foliacex . Ceresa nuit . Ass. cavatus foliacex . Ceresa nuit . Ceresa nuit . Coresa nuit	Rhinoceros. Scarab. monoceros. Cervus voisse. Scarab. pilularis. Meiolocutha. Dermefles. Cantharus fafcistus.	TACEA, aculo Lapideo infire			Buccinum. Lyra. Turbo. Callida. Strombusi Pitula. Terebellem. Murex. Purex. Aportheis. Nerits. Trochus.
istermedii longiores : ti.	Didelphis. Lutra. Odobænus. Phoca.	Digit 5. Palmipes. Digit 5. Palmipes. Digit 5. Palmipes. Descriptor intermed fuperior longif. Digit 5. Palmipes. Descriptor intermed fuperior longif. Digit 5. Palmipes.	Municia. Pucorios. Philander. Feffam. Lutra. Roff. Marjus. Canis marious.	m. CH.E.	Grus. Ciconia, Ardea.	adnedživis tribūs atticulia. Ceper tribatum. Linguer plani , fubrotundi. Unguer medius inferne ferratus.	Gres. Ciconis. Ardes.	tas Creatoris malium Claik que de Dra releakiya fab tare vix posse	nus Classem ulterius contino Ea enim si tot Generibus , es comprehendunt , guaderet contibus , Bassilicis , ac eju ulantur , certé humanum ge t.	quot relique Ani- ; vel fi vera effent imodi monttris al enus terram inhabi-	ANCHIOST and offic car and off & me	Cyclopterus. Offracion. Baliftes.	tera pifcis ambiunt. Piana ventrales in unicam cisculurem concretae. Piana ventrales pullae. Cusis dura , fiape aculeata Denes contigui maximi. Acule aliquot robulti in doctio.	Lumpus. Lopus mer. Orbis div. fp. Pifc. triangul. Atinga. Hydrix.		Caffida. Chryfomela. Coccionella. Gyrinus.	Ant. Chrysto-fabriates. Chypes planus, antice roundatus. Ant. Singlices., city eo longiores. Crypu Siderotundum. Ant. Singlices, brevillense. Crypu benichharicum. Ant. Singlices, brevillense. Ant. Singlices, brevillense. Ant. Singlices, brevillense. Ant. Singlices. Ant. Singlices.	Scarab, clypeatus. Cantharellus. Cochinella vulg. Pulex squaticus. Pulex plantarum.	icta.	Nautilus,	Topa univalvia, fpicalis, mukilocularia.	1
emery scuti.	Hyana. Canis, Melcs.	Digiri 4. Calom fuperne jabatum. Cassa luevia. Digiri 5. Adamma 10. ft. 4. pcf. 6. shdom.	Hygna Poor. Prisas Londini super vi- dit er deferippe Antab. Conis. Lupus. Squillachi. Vulves.	Or den	Platelea. Pelecanus. Cygnus. Anas.	Rafer, deptello-planum, apier fubrot. Rafer, deptellim, apier unguiculato, inferne buris infiructum. Rafer, conico-convexum. Rafer, conico-deptellium.	Plates. Onocrotalus. Oloc. Aníser. Aníser. Anísers. Glascium. Bofchas. Penclops. Querquedus.	1	ARADO		ACANTH Pinne offce,	Gafterofteus, Zeus. Cottus.	Membr. branch, officults 3. Venser laminis offeis infir. Corpus compreflum. Squame fishelperm. Membrane branch, offic. 6. Capus aculeatum, corpore latius.	Aculestus. Pungeiras. Aper. Faber. Gallie mar. Cottas, Gobis fi. capit.		Necydalis, Attalabus. Cantharis.	du. clavato-produčia, Clypsa angultu, retundata. Aus. fimplices, confirucita anticulis co bicularibas, prater ultim, globoform 3. Antienna Satacea. Clypsa planus, margine undique promis Lipsa flatalia.	Scarabaro-formica. Scarab pratentis. Cantharis offe.		Cypræa. Haliotis.	Zeffe univalvis, convoluta, rima lon- gitadinali. Zeffe univalvis, patola, levter concasa, perforata, ad angulum fifealis.	1000
	Talpa, Erinaceus, Vespertilio,	Digis 5. Copus inglui ighti jufta longioren. Copus inperne allicat: inferne algrica. Digis 5. 5. autoires matini. Digis 5. 5. digis vel losies formació munica. Digis 5. Digis 5. Digis 6. La antica in als m expanius. Adenma 1. petionics.	Taxus. Zhecha. Talga. Echinus terrefiris. Armédilo. Vefperülio. Felis volans 3-6. Canis volans 3-6. Glis volans 3-6.	Crratum.	Mergus. Graculus. Colymbus. Larus.	Rafer, cylindriforme , apies adunco. Rafer, conicum , apies adunco. Rafer, fubulatum. Pedes infra seguilhe. Rafer, fubulatum. Pedes in seguilhe.	Mergus. Merganier. Carbo squat. Graculus squat. Colymbus. C. minim. Podiceps. Ardica.	nimalis specie per similis ple turaliter. Fi tes Ferino-m cillime detexe	orpore anguino, pedibus dem capitibus, alarum exper- tudinem referens Hydre Ap xu. & xuu. deferipto. Eag am plurimis probuit, def alb ura capita in uno corpore nur ratedom & errifictum, cum uffelini, sh Amplibiorum derune. Hots s. RANÆ IN PISCEM BOSS S. RANÆ IN PISCEM	b. Natura fibi fem- iquam produxit na lpfi vidimus , den entibus diversi , fa	TERYGII.	Trigla. Trachinus. Perca.	Appendies ad pinn. pect. articulate 2 vel 3. Operale branch. aculesta. Ocali vicini in vertice. Memb. branch. officul. 7. Pinne dorisles. 1 vel 1.	Lyra, Gamardas, Coculos, Lucerna, Himmdo, Milleus, Mullus barb, & Imbrib, Draco, Araneus mar. Uracofcopus. Perca, Lucioperca, Cemus, Schruifer, Sth.		Carabus. Cicindela. Leptura. Cerambyx.	Chysus free planus, marg, prominente Elyra fragilia. Chysus cythodraceus vel teres, Favery oris prominent. Chysus infortundata. Pade longi, Carpus tenue acuminatum. Chysus del laten mucrone prominet. Guerra, corpus longitudine sequant, vu fureratis.	Canthaus foeidus, Cantharus foeidus, Cantharus Marianus, Scarab, tenuis, Capricornes,		Patella. Dentalium.	Tafa univalvis , conceva , simplex. Tafa univalvis , teres , simplex.	Patella. Dentalium. Entalium. Tubus vermicul.
120	Hyftrix, Sciurus, Caftor, Mus,	derer humann. Coper filocium. Digiri 4. Conta longidim lañigera. Digiri 5. palmiyer pofilon. Digiri 5. palmiyer pofilon. Digiri 4. Conta horizontala , plana , nucla. Conta horizontala , plana , nucla.	Hydrix. Sciurus. Sciurus. volaris. Fiber. Rattus Mus domoticus. bacchirus. macroquis.		Hæmatopus, Charadrius, Vanellus,	Pss 3dadt. Anfri upen compression. Pss 3dadt. Anfri upen terei. Pss 4/adt. Anfrium digitis bruvlus. Gapus pernasto critistum.	Pica marine. Pica marine. Pica marine. Picarine. Picarine. Picarine. Copelle.	in aliam diver omnia, puln nofi, loco p Naturæ cont ftructus eft b verò pulmon	xa eft, quum Natura musaic rife Classis non admittat. R nonibus gaudent & offibus si ulmonum, branchiis instru- traria foret hace mutatio. S ovanchiis, erit diversus à Rau- et, erit Locerta; nam toro o	onem Generis uniu snæ, ut Amphibi sinofs. Pifces fpi suntur. Ergo leg i enim pifcis hie in sa & Amphibis. S selo à Chondrones	ř	Sparus, Labrus. Mugil.	Cpercula branch, figuamolia. Labia dentes regunt. Desse moisres obtines. Labia craffa dentes teg. Crite (peciolus. Marsh, iranch, offic. Geyas torum figuamolism.	Salpa. Melanurus. Sparus. Sargus. Sargus. Mormyrus. Mono. Smaru. Boops. Deates. Erythitus. Pagrus. Aurata. Cancharus. Julis. Sachettos. Turdus diverin. Spooler. Mugil. Cobbolas.	ANGIOPT.	Bupreftis. Papilio- Libellula, Ephemers.	Cippes Suprince puncils elevationotate Refress Spirite, Ale 4 Canda foliola, Ale 4 expanse, Canda foliola, Ale 4 excepts,	Papilio alis eredis. Piyche planis. Phalama compress. Peria. Virguncula. Musca Ephemera.		Concha.	Tyle biralrig;	Mytelus. Vulva merina. Pholus. Bucardium. Perna. Chama. Soirnes. Telina. Pinns. Ques.
hifeli.	Lepus Sorex.	Digiei 5. Canda bevillima , viltofa, Digiei 5. Democratico editus.	Marmora. Lepus. Cuniculus. Sorex.	1.00	Tringa. Numenius. Fulica. Struthio.	Pss. adatt. Raftrom digitis brevius. Capes limpies. Pss. 4datt. Raftrom digitis longius. Pss. 4datt. Digiti membranis sutti. Capes carnofo-crifiatum. Pss. adatt. sbligte politico.	Tringa. Octophus. Pograx. Galinola. Gallinago. Limofs. Anquata. Recursirofits. Gallinola squatica. Struthio-camelus.	Monocea cornu recto, tum est. Mi verò partibus Pelecani nante fangui ditur. Ansa Sarvani	giuris differt. os Peterum, corpore equin longo, fipiraliser intoreo, oxonono Arredi cjufinodi co multum differt. us roftro vulnus infligens fe te fittim pullorum levet, piòs m fibulæ dedit faccus fub gu caudatus, hirfutus, barbos t, gesticulationibus valde de s etf., fil unquam aliquis vifus de quibus recentiores perega de quibus recentiores perega de quibus recentiores perega	o, pedibus ferinis Pictorum figmen mu gerit, cæteri mori fuo, ut ema alofe ab Lifdem tra la pendulus.		Scomber, Xiphias, Gobius,	Memb. branch. offic. 7. Pinna dorfi 2 vel plates. Refram apice entiformi. Pinna ventrales milita. Pinna ventrales milita. Pinna vent. in 1 fimpl. concr. Iquema afperm.	Glucus. Amia, scomber. Thynnus. Trachurus. Saaras. Gladius. Gob. niger. Joro. Paganelus. Apkaa.	ERA. datæ, elytris deflitt	Hemerobius, Panorpa, Raphidia, Apis,	Canda fetola, Ale 4, comprellie. Canda cheliformia, Ale 4, Rafe, corn. Canda filmolo-fetacen. Ale 4, Cap. corn Canda aculeo fimplici. Ale 4. Canda aculeo partiro. Ale 4.	Crabro. Vefpa. Bombylius. Apis.		Lepas.	Tofic multivalvis, Valvade duabus plures	Mitella. Pomer.
Destri priserri incerti, casini exerti, validi	Equus, Hippopotamu Elephas, Sus,	Atanma z. inquinales. Préss integri. 8. Atanma z. inquirales (Arifl.) Préss quadrifici. Atanma z. pedronles. Préss y. cubis intrudi.	Equos. Alinus. Ousger. Zebra. Equos marines. Dephsa. / Khisoceros.	Roftras conco-incu	Cafuarius, Oris. Pavo, Meleagris.	Par 3dach. abdque podico. Capse glace de palescribes cenatum Par 3dach. abdque podico. Par 3dach. abdque podico. Par 4dach. Capse corolla pennac. om. Par 4dach. Parar papilla. Gale mem brant. unich longitudinali in firuda.	Tarda. Pave. Galloparo.	BOROMET agno adfimil pens umbilio	m generis funt. 2 s. Agnus Scyrnicus pla atur ; cui caulis alterius pla tum intrat ; idemque fangui	ntis scenfetur, 8 intæ è terrs erum ne præditus à feri	MALACOPTE Pinne offce, que	Gymnotus, Muræna, Blennus, Gadus,	Ademir, branch, official, 5. Pinne dorfalls rulls, Memir, branch offic, 10. Tabuli in spice roth: 3. Pinne ventr, confinet off, 1. Caput admodum decline, Memir, branch, offic, 7. Pinne dorfi. 2 vel 3.	Carapo. Anguilla. Conger. Fiuta. Septens mar. Alsuda non crist, 8c galer. Bicanus. Guttoregino. Afelius divertar, specier. Meribacchia. Antihis adus. Mustela. Egerinus.	# H	Mufca,	Sryles fub alls capitatus. Ala 2. Pedu G. Ala 4. Saperines capilloces.	Ichneumon, Mufca tripilis. Mufca div fpec. Oeftrum var. Oeftrum Leppenum. Tabares, Cufet. Teredo nav. Tipils. Formica-leo. Gryllus domeliicus.				Ballous Mannus.
obtufi. D	Camelus.	Mappes rc. abdominales. Pedo biungului : raro fimplices. Cirara nuits.	om. Aper. Porces. Baibyroulis. Tsjrce. Dromedarius. Bafridanas. Gianna. Pacos.	EFVUM.	Gallina, Tetrao.	firuda. Per 4dad. Press membrana ferrata. Gaia membe. dupici longitud. inf Per 4dad. Supereilia papilofa nuda. Refer, redum., ad bafin forferaceum. News obiongo, membranula fupero	Phafagus, Urogalius, Bonafia, Lagopus, Perdix, Corumix,	brye Ovis all buta. Psecenix duum, & q matibus firus tura prioris	ericans component. Natura legorice descriptus, qui om , Avis species, cujus unicum uæ decrepita ex ferali busto xerat, repuerascere fabulose i vinte periodum. Est verò Pa	nia data habet attri n in mundo indivi , quod fibi ex aro ertur, felicem fubi	RYGII. z onnes molles.	Pleuronectes. Ammodytes. Coryphæna.	Memir, iranth, off. 6. Grail ambo in codem later. Memir, iranth, edit., 7. Pione weett, palle., 9. Pione dottl à capite ad caudem.	Merlacelus Anislas adus Mulela Egerfinus Rhombus diveri (pecies Limmos, Hippopodin, Buglofi, Soles, Ammodytes, Telianus, Hippopusai, Pompilus, Novacula, Partes,	HEMIPTERA. Le clytis deflicate, tantum individus	Lampyris. Formica. Cimex.	Pedes 6. Chyese plants. Ale 4. Pedes 6. Ale 4. Canda sculeum condit. Pedes 6. Ale 4. crucifers. Referen Sylforms, rectum.	Gryllus domedicus. Gryllo-talps. Locada. Mantis. Ciciadela. Fornica. Cimex lectularius. Orfodachne. Tipula aquatica. Bruchus.	Artubus	Tethys.	Corpus forma variabile, molla, nudum- compus fabrotundum, testa testum, acu- leis armatum,	Holothurium, Penna marina, Echinus marinus,
etes primeres inferiores Pedes ungulari.	Cervus.	Corsus entuta , primem pilofa. folida , ab spice ercicenia. platimis remola : feminis rata. Corsus furfum verfa. ercela , feabra.	Camelopardalis. Capres. Azis. Certus. Platycero. Rieno. Raugifer. Alces. Hircus. Ibez. Rupicapre. Strepficetos. Gazella. Tragelaptus.	Roftrag conto-att	Sturnus. Alauda.	Rafer, parum convexum. Plama tofizi balin tegunt. Rafer, refium fuberres. Lingue bifds counts. Unquie digiti poffici digitis infu longion	Tundus, Merula. Soumus.	è lignis putr Sed fucum in modo adhære	As Anser Scottous & Co dis in mare abjectis rafici à mpolite Lepas internacis fuis endi, quasi verus ille anser orpore anguino, duobus pec s inflar, est Laterta alata, ta, & ficcata. Monaris Horologii minimi se	Veteribus creditur penniformibus, & Bernicia inde oriro		Echeneis, Efox, Salmo, Ofmerus,	Stric transversic, aspere, in su- perma capitis patte. Membr. branch. offic. 14. Membr. branch. offic. to-12. Cerpus maculosum. Membr. branch. offic. 78.	Remore, Lucius, Belone, Acus maxima figuanofa, Samo, Trutta, Umbla, Carpio lacuit. Eperlanus, Spiniaedas,	Quibufdam Au-	Notonecta, Nepa. Scorpio,	Pedes 6. quorum pofiel remorum figue ex ufu. Ad 4 crecifers. Pedes 4. Frees chelifers. Al. 4. crecif. Pedes 8. Frees chelifers. a culosta. Add 4. laxe. Assessa Capito breviores.	Notonefta aquatica. Scorpio squat. Scorpio terrefiria. Pediculus humanus. Ped. avitum. Ped. pifcium. Ped. pulistorius.		Afterias,	Corpus trelistum , corio tectum, fesheum. Corpus orbiculatum , gelstinofum , fubrus financascolum ,	Stella oligantis. St. pentactinoides. St. polyfactinoid.
untum; Superiores	Ovis. Bos.	Corana retroctum ficus intotu , rugota. Corana antroctum verfa; locutata , larta.	Strepficeros. Gazella. Tragelaphus. Ovis vulgaris. Arabicis. Africans. Angolenfis. Bos. Urus. Bifos. Bahalas.	mutum,	Motacilla. Lufcinia. Parus.	lafer, gracile. Passen nigricane. Lingus aper bifdun lageratus. Anfer, gracile rectum. Lingus aper bifdun laceratus. Rafer, gracile. Lingus aper. Lingus aper.	Motacilla; Oensathe, Merula aquatica. Lufcinia, Ficedula. Erithacus. Troglodytes. Carolina Radio. Parus. P. caudatus.	Auroma i rictibus , est esque inhabit	Montis Horologii minimi fe Peditalui pulfuserini dictus, ut.	nitum edens in pa- qui ligna perforat,		Coregorius. Clupea. Cyprinus.	Denies in wax. lingu. palut. Memir. branch. offic. 810. Myenda pinniformie. Memir. branch. offic. 8. Fanor acutus fetratus. Memir. branch. offic. 3. Deriva do officiona ventri- uli tantum.	Saurus. Abula. Leouress. Thymilles. Oxyrhynchus. Haeragus. Spenti. Escratischoin. Alofa. Erythrophthal Mugil. flay. Brena. Balleus. Cepto. Nafus. A. M. Caraffas. Cypc. nobilis. Bubus.	TERA.	Pulex, Monoculus, Acarus,	Peder 6. faltatrices. Per 1.1 Acteurs bifida; Peder 8. articulis 8 conflantes. Oraŭ 2. Ace, mislima.	Pulex vulgaris. Pulex arborefc. Susara. Manacalus Bradi. Apas Frifeb.		Sepia.	tus filamentofum. Gerhar oblongum i interne offtum i anterius ofto attubus donatum.	Urt. crinita. Utt. altrophyta.
			Dissales,		Hirundo. Loxia. Ampelis.	Refer, gracile, ad bafin depetifium minimum: rivide amplifiumo. Refer, creffum, magnum, brere, cue vum, undique convexum. Refer, creffum, rectum, demigam spices nonnulli member demigam spices nonnulli member	Hinando, Caprimulgus. Coccothraufter. Loxis. Fyrthuls. Garrulus Bohem.					Cobirus. Syngnathus.	Capus compretium. Pinne dorfi & ventrales eddem à rottro diffantia. Opercula innecé, ex lumina I. Manilla à luttribus claude.	Copro. Nafas. A. M. Crasilias. Cypt. noblis. Ruibas. A. Sura. A. M. Ruibas. A. Sura. Leucifout. Ghost. Leucifout. Phoxinus. Gobius fi. Cobitis. Barbanda. Milgurn. Acus lumbs. Acus Arifas. Hopportupus.		Araneus, Cancer,	Pedes S. Condi communiter S, Pedes 12. prieres cheliformes,	Scorpio - arancus, Pedic, inguinalis, Pedic, Scaribat, Pedic, Scaribat, Pedic, Scaribat, Pedic, Scaribat, Arancus, Tarantula, Phalungium, Cancer, Affacus, Paguras, Squifa, Majus, Eremita, Gammarus,		Microcofmus,	Corpus variis heterogeneis tectumi.	Microcolm marin.
Ordines	General	Characteres Generum:	Species.	(10.5)	Fringilla.	nace, Refer, craffem, Macille utraque siteram finu quodas ad batin recipit.	Pringills. Carducius. i imberita. Spinus. Paifer.			arter i						Onifcus. Scolopendria.	Poder 14i Poder 20, & ultre.	Afelius Offers, Afelius squat. Scolop, terrefiris. Scolop, marina, Julus.				