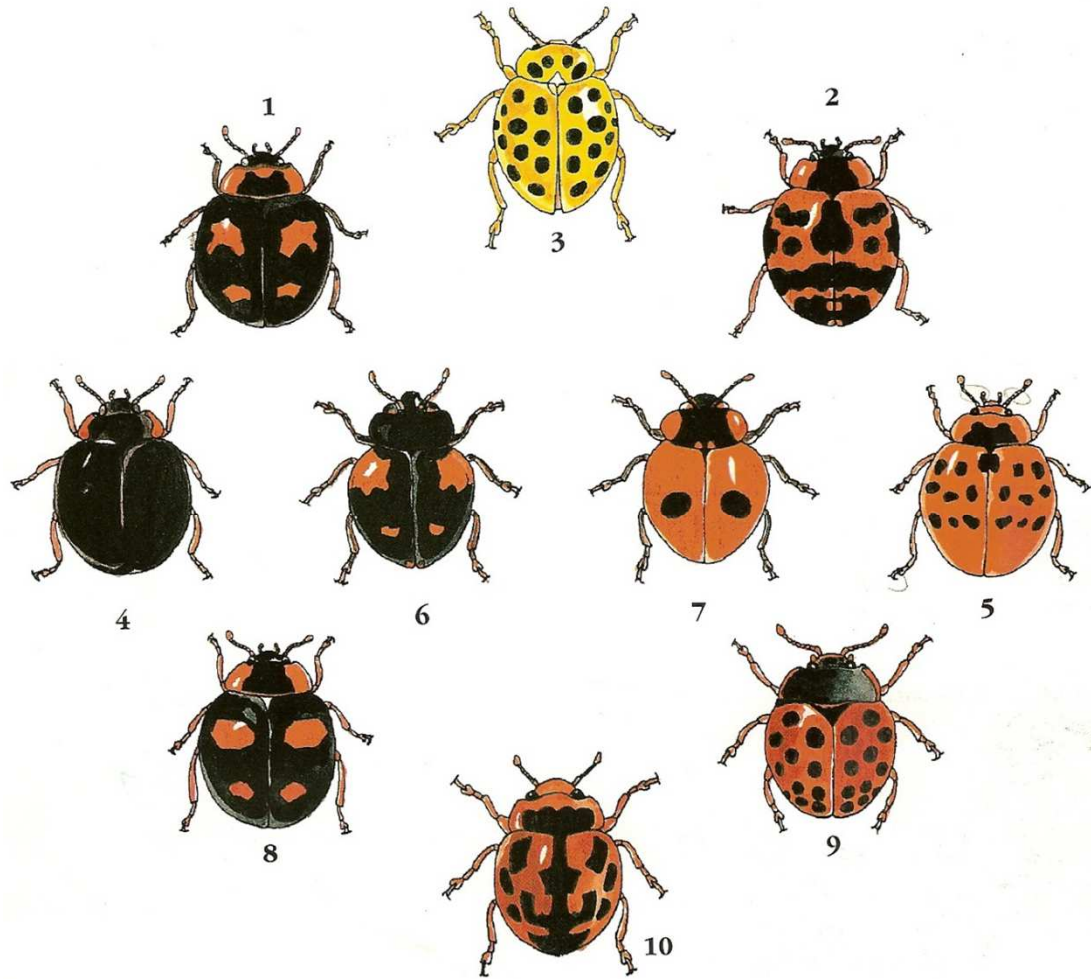


Les espècies i el medi canvien: l'evolució

Alba Guiral i Mercè del Barrio. FCE-UdL

Són de la mateixa espècie?



Harmonia axyridis – 1, 2, 4, 5, 8

Thea vigintiduopunctata – 3

Adalia bipunctata – 6, 7

Subcoccinella vigintiquatuorpunktata – 9

Propylaea quatuordecimpunctata - 10

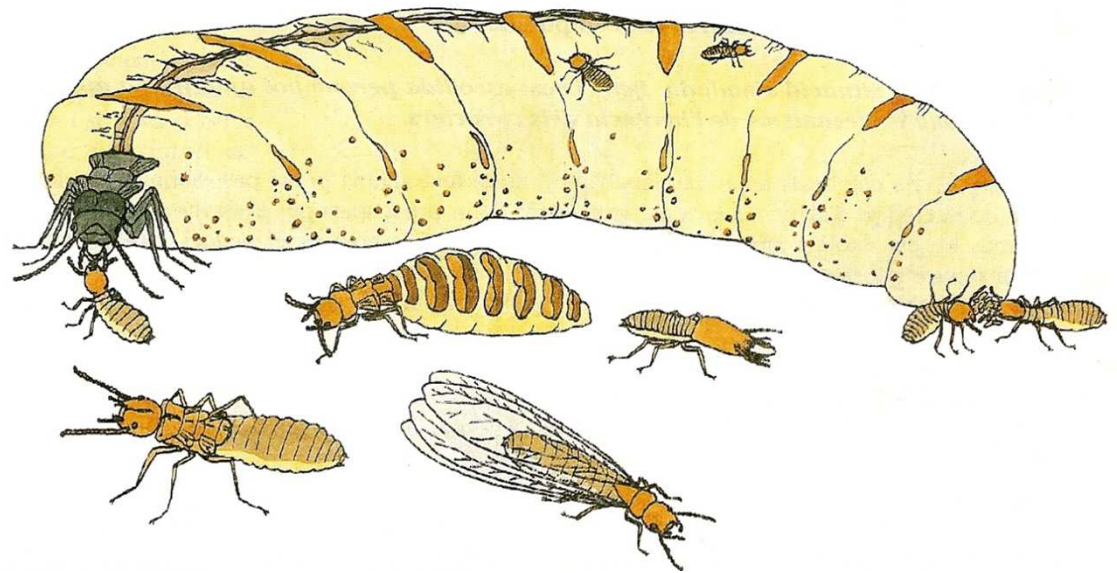
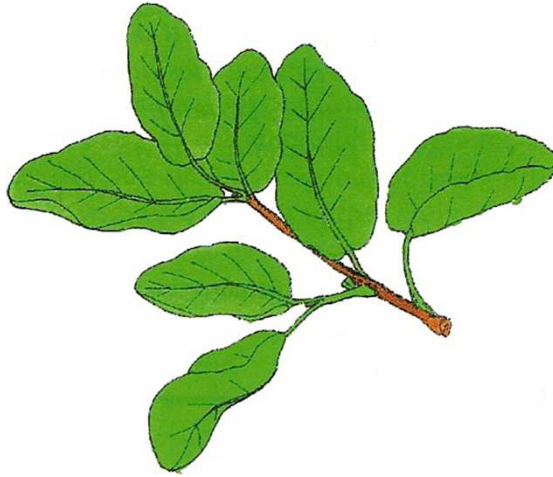
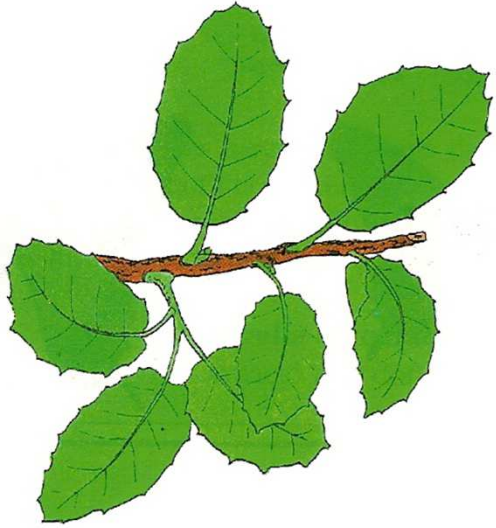


Són de la mateixa espècie?

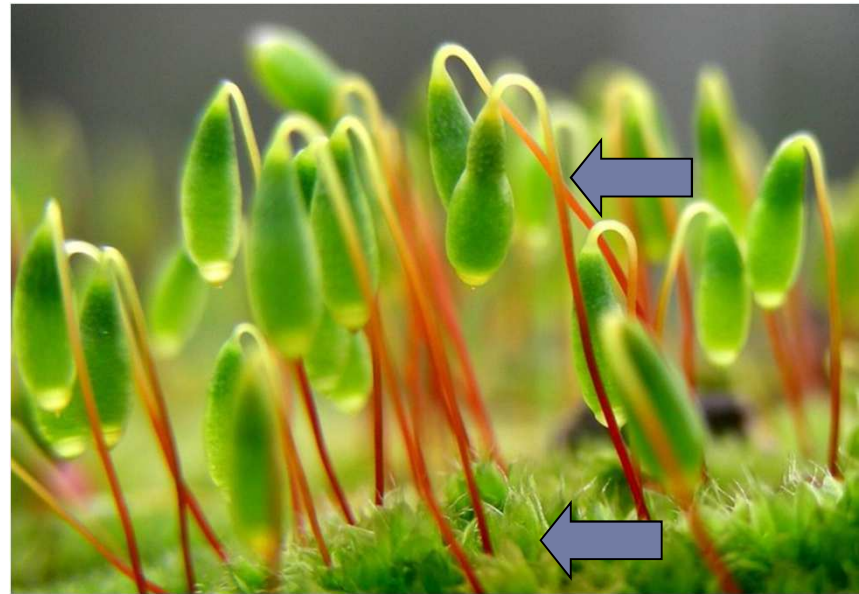


1. ¿Saps per què considerem que són de la mateixa espècie? Explica-ho.
2. Com es podria demostrar que pertanyen a la mateixa espècie? A partir de la teva resposta, fes una crítica del concepte biològic d'espècie.

Son de la mateixa espècie?



Son de la mateixa espècie?



El concepte d'espècie



Els naturalistes van adoptar ràpidament els criteris de Linné per catalogar les seves col·leccions d'organismes.

EL CONCEPTE POPULAR D'ESPÈCIE

L'estudi dels éssers vius requereix classificar-los en grups. El sentit comú permet entendre que aquestes agrupacions estiguin constituïdes per organismes molt semblants. Així, una espècie és el conjunt d'éssers vius que comparteixen certes característiques morfològiques. En la història de la biologia, aquest va ser el primer concepte d'espècie que es va utilitzar. El naturalista suec Carl von Linné, fent servir aquest criteri, va dur a terme una laboriosa tasca d'identificació i catalogació d'espècies animals, vegetals i, fins i tot, minerals.

EL CONCEPTE BIOLÒGIC D'ESPÈCIE

Les espècies s'identifiquen per l'aparença, però hi ha un fet de gran significat que va més enllà de la semblança entre els organismes: la reproducció. Això es recull en el *concepte biològic d'espècie*: les espècies són grups d'individus capaços de tenir descendència fèrtil quan es creuen entre ells, però no quan ho fan amb individus que pertanyen a altres grups. Aquesta definició ha recollit un gran consens entre la comunitat científica. No obstant això, s'han fet diverses crítiques a la validesa teòrica i a la utilitat pràctica del concepte biològic d'espècie perquè:

- ▶ **No es pot aplicar en grups d'organismes amb reproducció asexual únicament**, com quan es vol delimitar espècies com ara bona part dels protists. Hi ha un problema similar amb els procariotes, que no es reproduïxen sexualment en el sentit en què es formula en la definició del concepte biològic d'espècie. També és difícil d'aplicar entre els vegetals terrestres: moltes plantes s'autopol·linitzen.
- ▶ **No és aplicable en la pràctica**, ja que suggereix experiments d'encreuament entre individus per determinar si pertanyen a la mateixa espècie. Aquests experiments rarament es poden fer, però en el cas que sí que es pogués, el nombre d'assajos que caldria realitzar seria astronòmic. ¿Com es pot arribar a determinar si les truites de la capçalera de la Noguera Pallaresa i les de la Valira, dos rius relativament propers, són de la mateixa espècie?

En realitat, per delimitar les espècies, és més pràctic fer servir característiques morfològiques. Si els organismes s'assemblen prou, es consideren de la mateixa espècie fins que no es demostrï que hi ha una barrera reproductiva.

El concepte biològic d'espècie

Dos éssers vius són de la mateixa espècie quan es poden reproduir entre si i donar lloc a descendència fèrtil.



El concepte d'espècie

ALTRES VISIONS SOBRE LES ESPÈCIES

En l'actualitat, la determinació d'una espècie no es basa únicament en la seva morfologia. També es tenen en compte característiques com el nombre i la morfologia dels cromosomes, la ultraestructura cel·lular, les substàncies que apareixen en el seu metabolisme, etc. En aquest sentit, s'utilitza el concepte fenètic d'espècie: les espècies són els grups més petits d'individus que són persistentment diferents i distingibles d'altres per mitjans ordinaris. En aquest concepte d'espècie no s'oblida el criteri reproductor: el requeriment que les espècies siguin persistentment diferents implica un cert grau de continuïtat reproductiva.

Però el concepte fenètic d'espècie també té inconvenients. En primer lloc, hi ha casos de **polimorfisme**. El polimorfisme es dona quan els individus d'una espècie mostren aspectes diferents. És el cas del *dimorfisme sexual*, és a dir, el que afecta mascles i femelles. Entre els diversos exemples, crida l'atenció el dels insectes socials, en què hi ha dues menes de femelles (obreres i reina) i un mascle. En altres casos de polimorfisme, els individus d'una mateixa espècie mostren un patró de coloració diferent. Es tracta de variacions hereditàries que semblen proporcionar als portadors alguna mena d'avantatge, no sempre ben conegut.

Altres persones creuen que el concepte d'espècie ha de posar un èmfasi més gran en el seu significat evolutiu. Per això avalen el concepte filogenètic d'espècie: una espècie està constituïda pel conjunt més petit de poblacions (si mostren reproducció sexual) o llinatges (si mostren reproducció asexual) que tenen un origen comú.

El concepte biològic d'espècie ha estat molt útil per diferenciar espècies entre els vertebrats i força grups d'artròpodes. Però, en canvi, per delimitar entre espècies d'altres grups d'organismes, sovint es fa servir el concepte fenètic d'espècie. En la pràctica, segons el tipus d'organisme estudiat, s'utilitza el concepte més apropiat. En tot cas, convé no oblidar el significat filogenètic que hi ha darrere del concepte d'espècie: les poblacions que integren una espècie mostren un avantpassat proper comú (un mateix origen). Així, el concepte d'espècie pren també un significat evolutiu.



El dimorfisme sexual, com el que s'observa en la xinxa Ixodes (mascle petit copulant amb la femella), és propi d'un gran nombre d'espècies.



Polimorfisme en el cargol Cepaea nemoralis.



El concepte d'espècie

DOCUMENT

Més problemes amb el concepte d'espècie

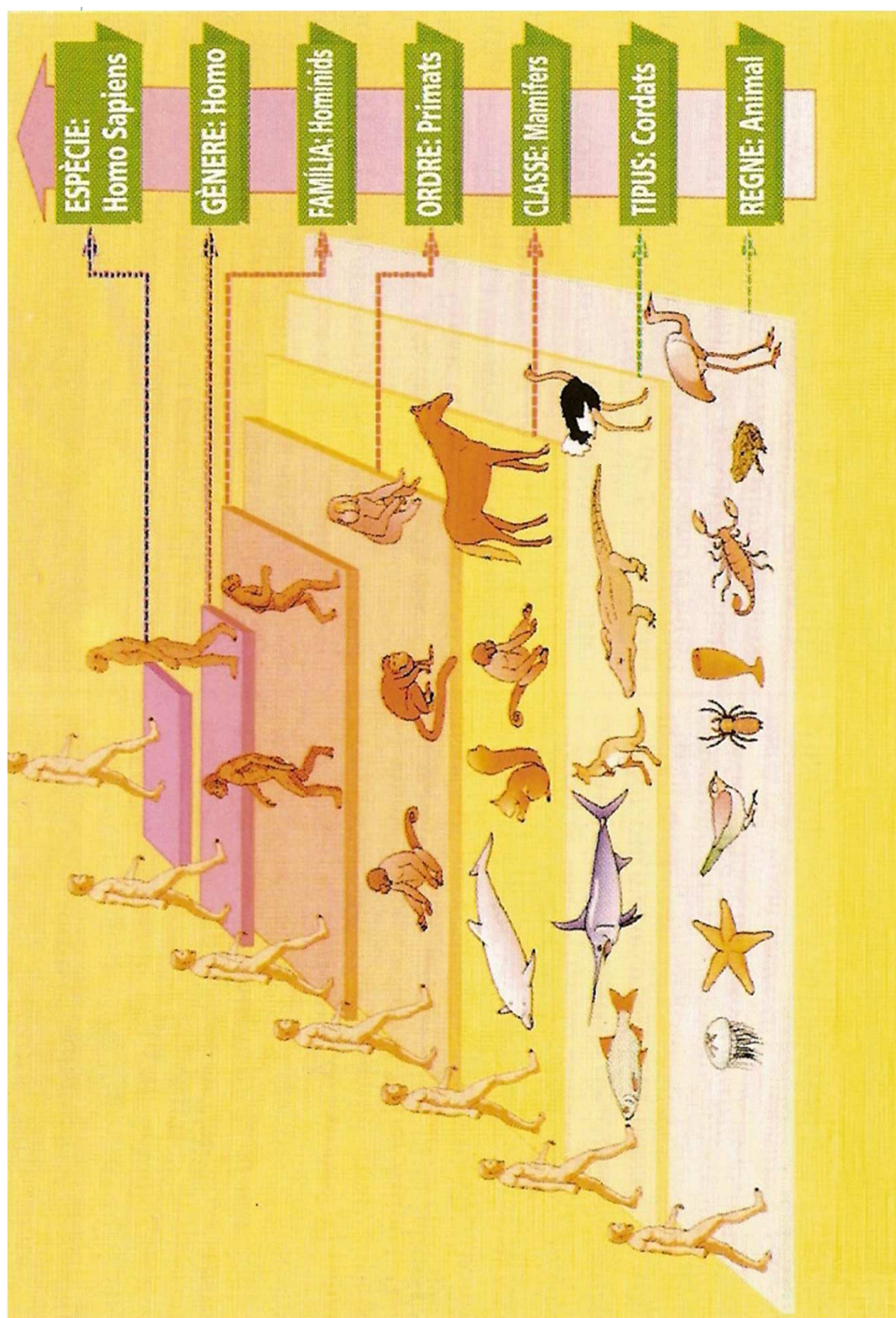
Els nostres avantpassats de fa un milió d'anys (unes cinquanta mil generacions) són classificats com a representants de l'espècie *Homo erectus*, mentre que nosaltres, tot i pertànyer al mateix gènere *Homo*, som individus d'una espècie diferent, *Homo sapiens*.

Malgrat que els canvis que es produeixen entre una generació i la següent són petits i que hi ha hagut una successió contínua de generacions des del passat fins al present, no seria raonable classificar els nostres avantpassats remots en la nostra mateixa espècie, tot i acceptar que la transició entre totes dues es pugui fer de manera gradual. Per distingir les espècies que han viscut en èpoques diferents, s'ha fet servir clàssicament el criteri següent: com que les diferències morfològiques entre les poblacions separades en el temps són tan grans com les que existeixen entre diferents espècies actuals, els organismes són classificats en espècies diferents. Aquest criteri es complementa en l'actualitat amb anàlisis bioquímiques que permeten comparar determinades biomolècules presents en els exemplars fòssils.

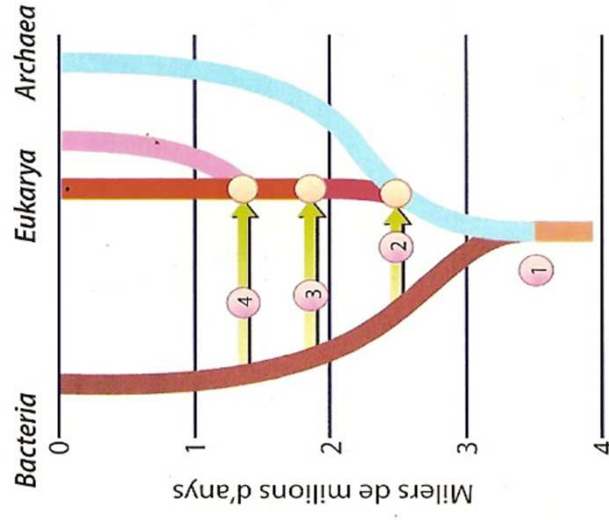
Les espècies amb noms diferents, que han viscut en diferents moments de la història evolutiva, però que estan relacionades pel fet que descendeixen les unes de les altres, es poden anomenar **cronoespècies** o *espècies temporals*: per exemple, *Homo erectus* i *Homo sapiens* són cronoespècies diferents.



1. Quin criteri s'utilitza per determinar l'espècie en organismes que han viscut en altres èpoques?
2. Per què el concepte biològic d'espècie és criticable, des d'un punt de vista evolutiu, quan ens referim a organismes que han viscut en diferents èpoques? Quins altres criteris s'estan aplicant en aquest cas? Per què?



Dos regnes Aristòtil (IV aC)	Tres regnes Haeckel (1866)	Quatre regnes Copeland (1938)	Cinc regnes Whittaker (1969)	Tres dominis Woese (1977)
R. dels metazous (Animals)	R. dels metazous (Animals)	R. dels metazous (Animals)	R. dels metazous (Animals)	Eukarya
R. dels metàfīts (Plantes)	R. dels metàfīts (Plantes)	R. dels metàfīts (Plantes)	R. dels metàfīts (Plantes)	
	R. dels protists	R. dels protocists dels protocists	R. dels fongs R. dels protists	
		R. de les moneres de les moneres	R. de les moneres de les moneres	
				Bacteria



Filogènia dels tres dominis.

1. Últim avantpassat comú.
2. Unió d'un Bacteria i un Archaea, que va originar el primer Eukarya.
3. Simbiosi d'un Bacteria, que va donar lloc al mitocondri.
4. Simbiosi d'un cloroplast, que va donar lloc a les algues i les plantes.

Dominis	Típus de cèl·lula	Nombre de cèl·lules	Nutrició i altres característiques
Bacteria	Procariotes	Unicel·lulars (Alguns cianobacteris formen colònies.)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Autòtrofa (fotosintètica o quimiosintètica) o heteròtrofa amb digestió externa 2. Peptidoglicans a la paret bacteriana. 3. Membrana amb àcids grassos. 4. DNA no associat a histones. 5. Una sola classe d'RNA polimerasa.
Archaea	Procariotes	Unicel·lulars (Algunes espècies formen colònies.)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Autòtrofa (quimiosintètica) o heteròtrofa amb digestió externa. 2. No peptidoglicans a la paret bacteriana. 3. Membrana amb isoprenoides. 4. DNA associat a histones. 5. Diverses classes d'RNA polimerasa.
Eukarya	Eucariotes	Unicel·lulars o pluricel·lulars	<ol style="list-style-type: none"> 1. Autòtrofa (fotosintètica) o heteròtrofa amb digestió interna. 2. No presenten paret bacteriana. 3. Membrana amb àcids grassos. 4. DNA associat a histones. 5. Diverses classes d'RNA polimerasa.

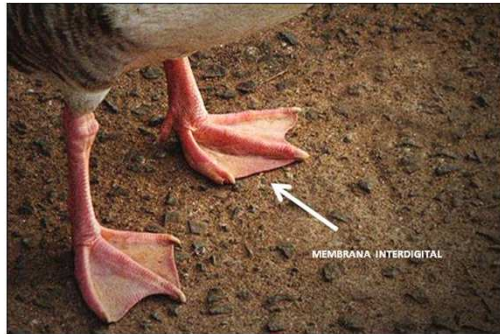
Les característiques dels quatre regnes del domini *Eukarya* són:

Regnes	Estructura	Nutrició	Grups clàssics
Regne dels protists	Unicel·lulars Unicel·lulars o pluricel·lulars tal·lofítics	Heteròtrofa amb digestió interna Autòtrofa fotosintètica	Protozous Algues
Regne dels fongs	Unicel·lulars o pluricel·lulars tal·lofítics	Heteròtrofa amb digestió externa	Fongs
Regne dels metàfits	Pluricel·lulars amb teixits (tissulars)	Autòtrofa fotosintètica	Briòfits o molques (sense teixit conductor) Pteridòfits o falgueres (amb teixit conductor) Gimnospermes (amb teixit conductor i amb flors) Angiospermes (amb teixit conductor, flors i fruits)
Regne dels metazous	Pluricel·lulars amb teixits (tissulars)	Heteròtrofa amb digestió interna	INVERTEBRATS: porífers o esponges , anèl·lids , platihelminths , nematodes , mol·luscs (gasteròpodes, bivalves i cefalòpodes), artròpodes (crustacis, insectes, aràcnids i miriàpodes) i equinoderms VERTEBRATS: peixos , amfibis , rèptils , ocells i mamífers



Com expliques que?

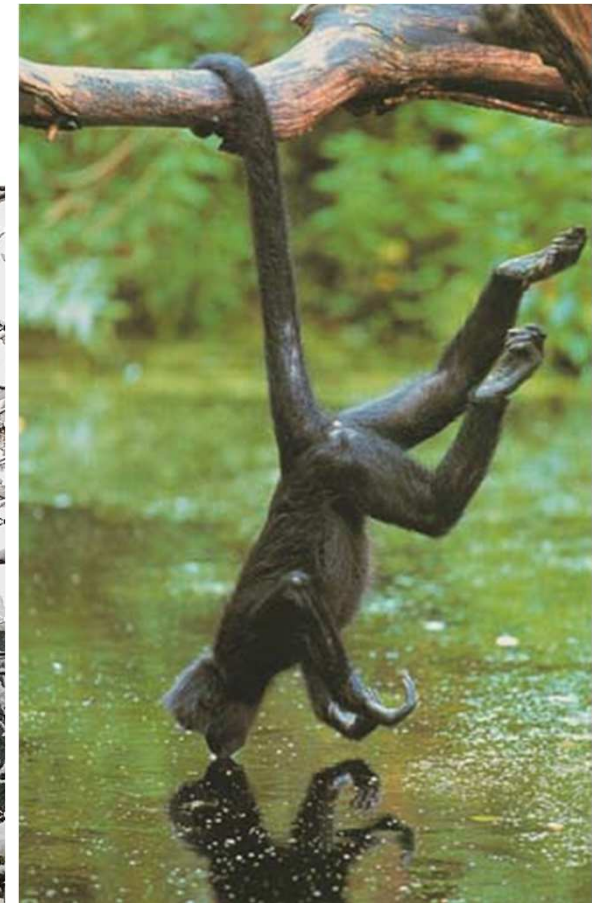
Com expliques que els ànecs tinguin membrana interdigital?



Com expliques la forma de la capçada dels avets? I la dels pins pinyers?



Com expliques la cua prènsil dels monos aranya?



Les preguntes clau

- ▶ Com expliques la gran biodiversitat d'èssers vius que existeixen avui en dia si tots tenim un avantpassat comú? (teoria de l'origen de la vida vs teoria generació espontànea)
- ▶ Què fa que les espècies canviïn?
- ▶ Com s'expliquen els canvis que esdevenen en les espècies?
- ▶ Com passen aquests canvis de generació en generació?

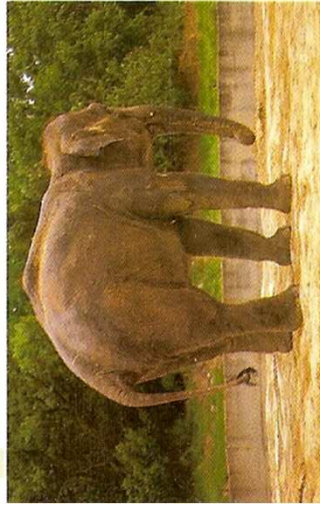


Algunes idees equivocades sobre l'evolució

L'evolució sí que ha estat observada

El desenvolupament de la resistència als pesticides en poblacions de diferents espècies, tant de plantes com d'insectes, o bé l'aparició de noves espècies vegetals per fenòmens de poliploidia o d'hibridació entre espècies parentals, són exemples prou clars de fenòmens evolutius.

Però també estan prou documentats els orígens, a partir d'espècies ancestrals ja desaparegudes, de nombrosos organismes actuals. En aquest cas, la mateixa naturalesa del procés evolutiu, que es produeix a una escala de temps molt més extensa que la vida humana, ens impedeix poder observar *directament* els canvis que es produeixen per originar noves espècies; tot i això, l'origen dels elefants (en la figura adjunta), dels óssos, dels cavalls o dels mateixos humans, per exemple, és, a grans trets, prou evident quan s'analitza el registre fòssil.



Elefant asiàtic (esquerra) i elefant africà.

L'espècie humana no és el cim de l'evolució

L'evolució no significa progrés. La visió popular que l'evolució es pot representar per una sèrie de millores des dels organismes unicel·lulars, passant per formes de vida més complexes, fins als humans és incorrecta. No hi ha arbre evolutiu, amb branques superiors triomfants. Una manera més adequada de representar l'evolució de les espècies és la d'un arbust ben ramificat. Els extrems de cada branca representen les espècies que viuen en l'actualitat. Enmig de la capçada, o en un racó d'aquesta, envoltada d'altres branques, hi ha l'espècie humana. Cap espècie actual no és un avantpassat nostre, i totes les espècies actuals tenen una història evolutiva igual de complexa que la història de l'espècie humana.

L'espècie humana no prové del mico

No venim del mico, almenys dels micos actuals. No obstant això, humans, goril·les, orangutans i ximpanzés tenim un origen comú. Però aquesta espècie ancestral, que era diferent dels humans i també dels micos, va evolucionar i es va diversificar per donar pas a noves espècies. Si no fos per la pròpia vanitat, els humans es podrien classificar amb els micos. L'organisme que ens és més proper és el ximpanzé, seguit del goril·la.



1. Per què no pot observar-se directament la transformació d'una espècie en una altra? Justifica-ho. ¿Significa això que l'evolució no pot observar-se?
2. El document defensa que els humans no som el cim de l'evolució. Quin argument proposa?

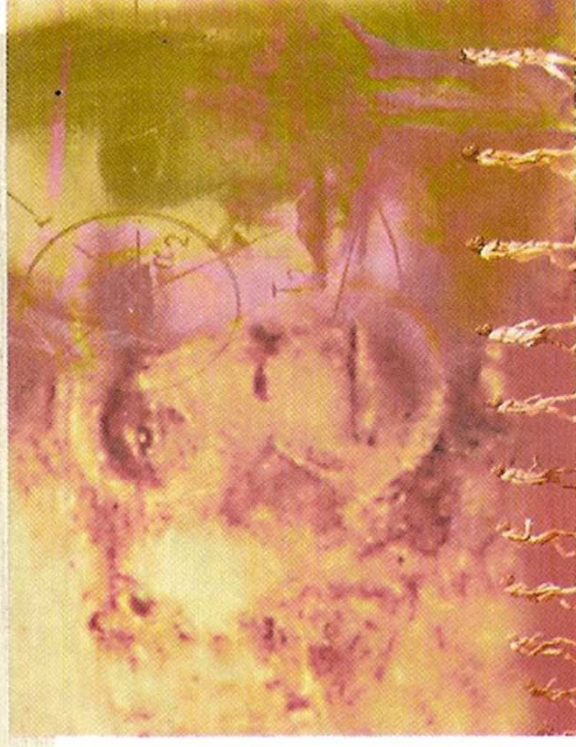
L'evolució és un fet

Els fets i les teories són coses diferents. Els fets són les dades del món. Les teories són estructures d'idees que expliquen i interpreten fets. Els fets no desapareixen quan científics rivals discuteixen per trobar-ne una explicació. La teoria de la relativitat d'Einstein ha substituït la de Newton, però les pomes no s'han quedat penjades enmig de l'aire esperant el resultat. I els humans i els pòngids, com el ximpanzé, el goril·la o l'orangutan, s'han originat a partir d'avantpassats comuns independentment de si Darwin proposa o no un mecanisme de com s'ha produït.

És un fet que la Terra, amb aigua líquida, té més de 3.600 milions d'anys. És un fet que la vida cel·lular eucariota ha estat donant voltes per aquí almenys la meitat d'aquest període i que la vida amb organització pluricel·lular fa uns 800 milions d'anys que va aparèixer. És un fet que la major part de formes de vida del passat no existeixen en l'actualitat, que van existir dinosaures i pitecantrops i s'han extingit. És un fet que totes les formes de vida provenen d'altres formes de vida anteriors. Per tant, totes les formes de vida actuals provenen de formes ancestrals que eren diferents. Els ocells provenen de *no-ocells* i els humans de *no-humans*. Cap persona que tingui algun coneixement sobre el món natural no pot ignorar aquests fets, com no pot ignorar que la Terra és esfèrica, que roda sobre el seu eix i que gira al voltant del Sol.

R. C. LEWONTIN, «Evolution/Creation Debate: A Time for Truth». *Bioscience* 31, 559 (1981)

1. Explica la diferència entre els fets i les teories.
2. Per què creus que l'autor d'aquest article considera que l'evolució és un fet? Justifica-ho.

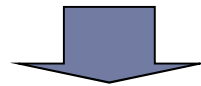


Què és evolució?

1. L'evolució és un fet ➡ és el desenvolupament i canvi natural de **les poblacions** constituïdes per organismes a través de generacions.

✓ Els individus no evolucionen, evolucionen les poblacions.

2. Teories que expliquen els mecanismes a través dels quals es produeix l'evolució



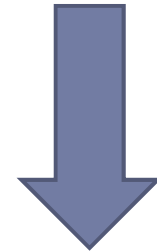
Teoria del Lamarkisme
Teoria del Darwinisme
Teoria del Neodarwinisme
Creacionisme



Museu del creacionisme de Kentucky



EVOLUCIÓ



Els fets són
les dades del
món



De Newton a Einstein:

<http://www.youtube.com/watch?v=39aT9Db9iYE>

Algunes idees equivocades sobre l'evolució

L'evolució ~~no~~ ha estat observada

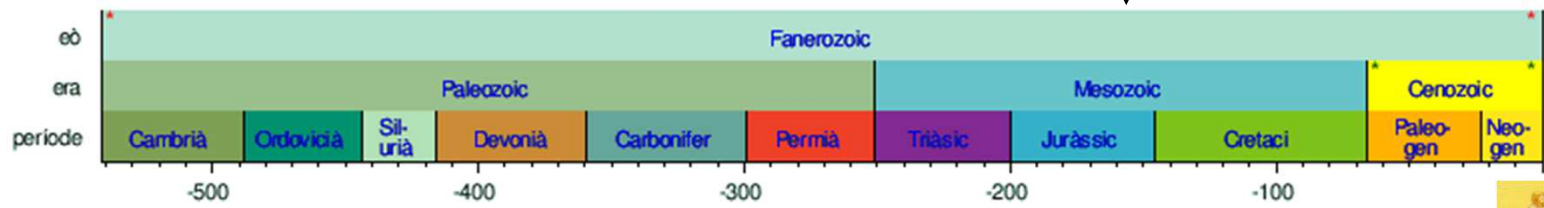
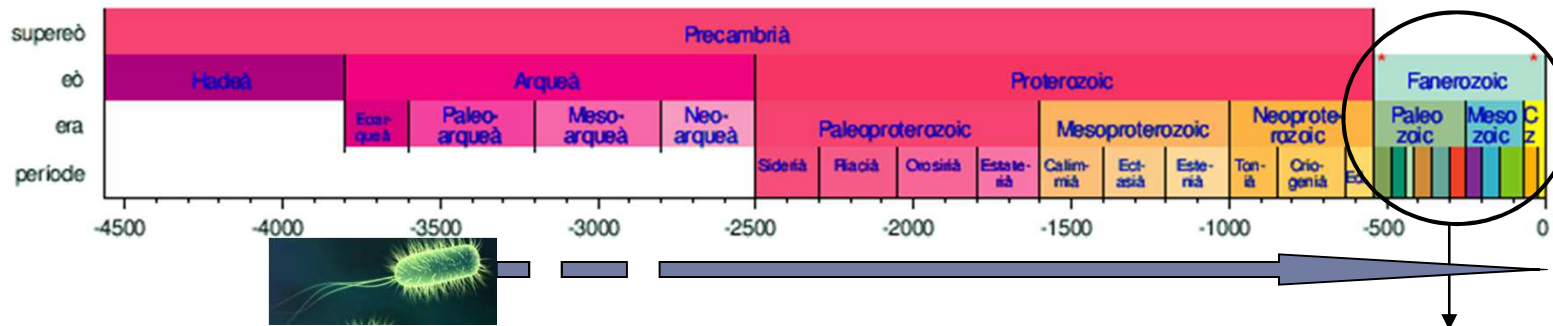
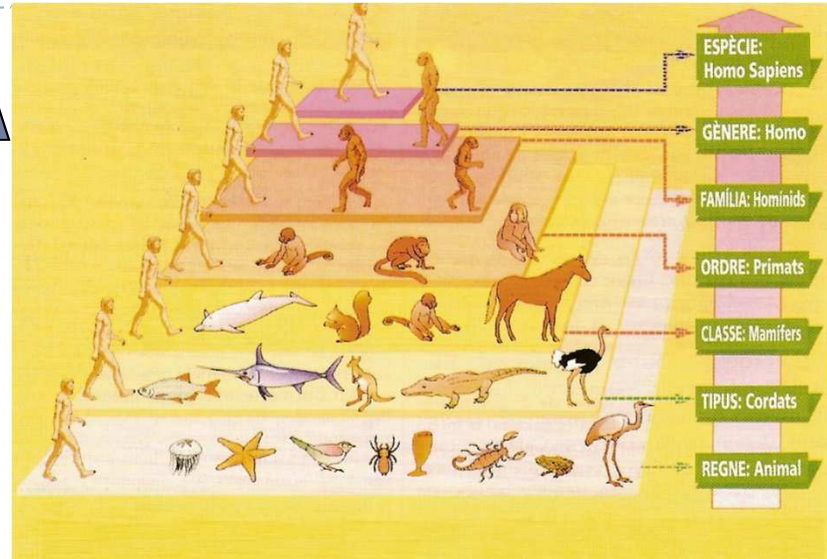


Algunes idees equivocades sobre l'evolució

no

L'espècie humana és el cim de l'evolució

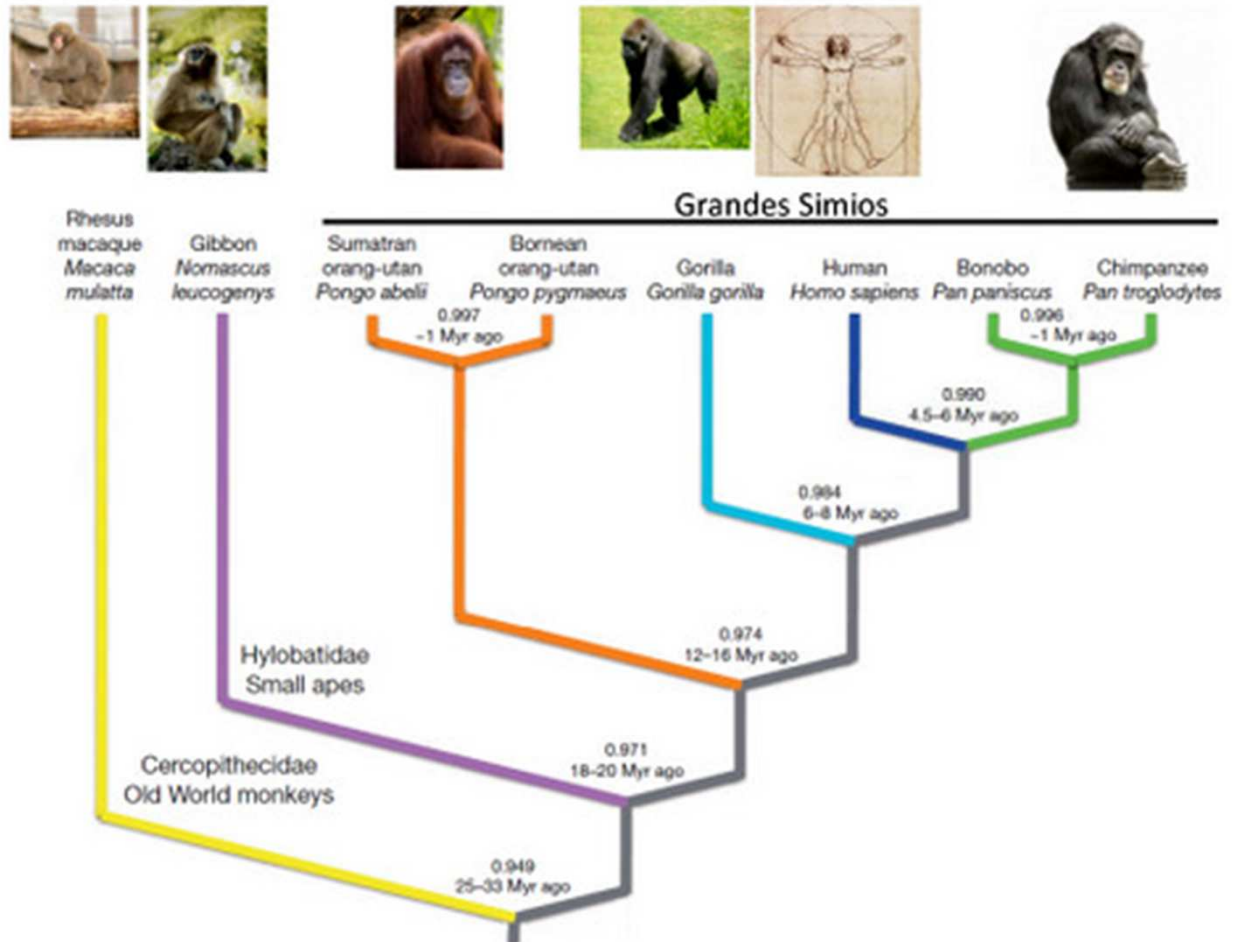
Progrés



Algunes idees equivocades sobre l'evolució

no

L'espècie humana prové del mico



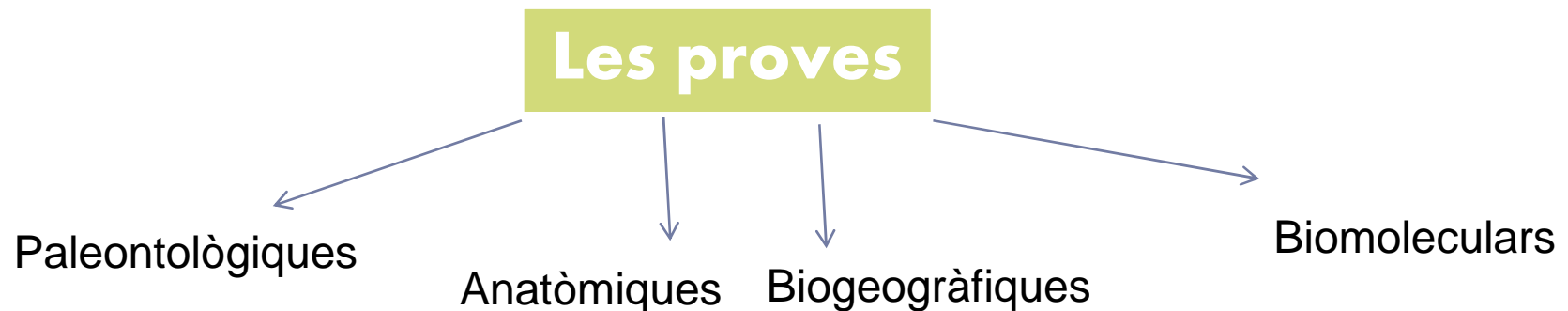


El fet de
l'evolució:
Proves



El fet de l'evolució: proves

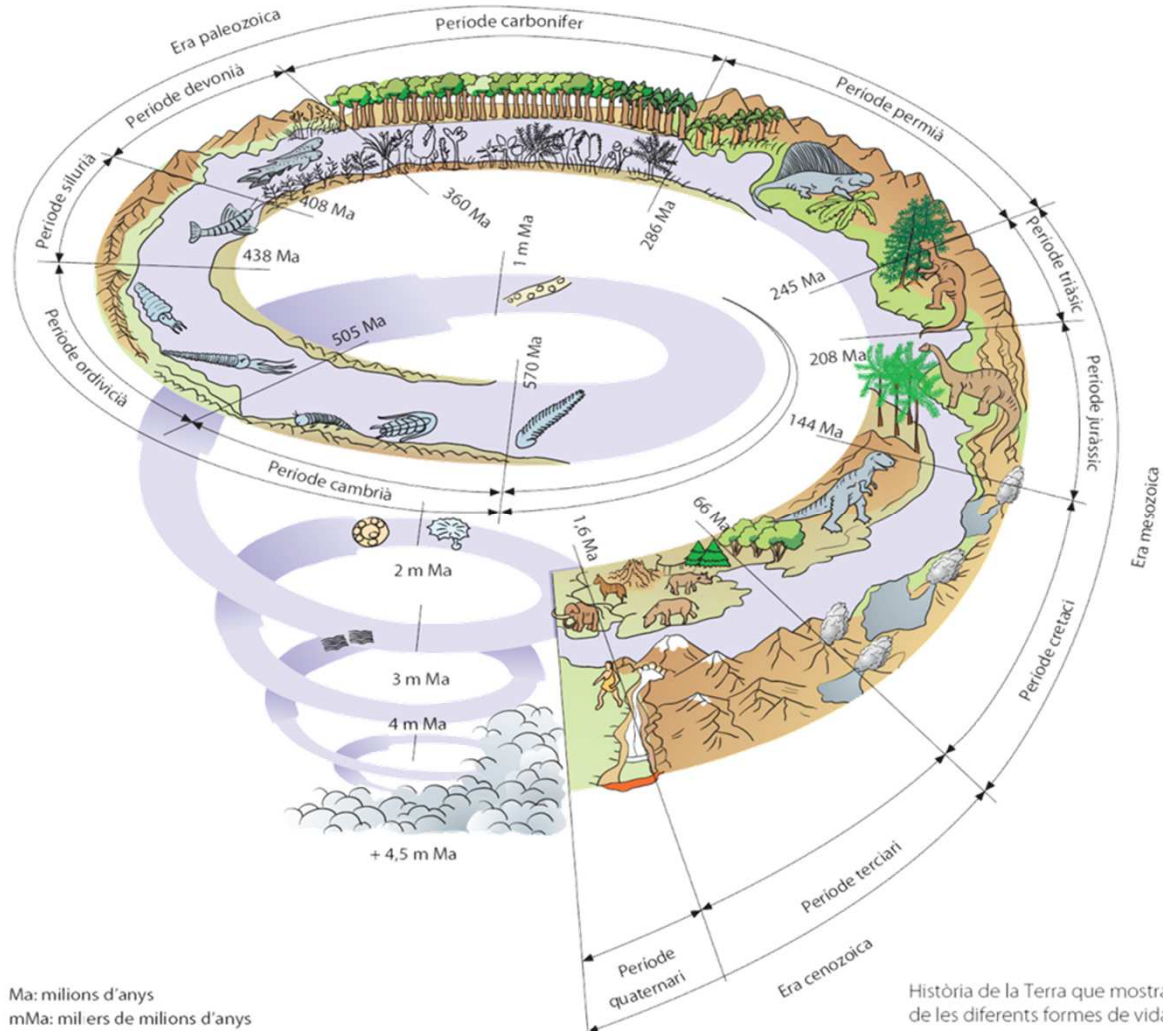
- Actualment en la comunitat científica no hi ha dubte, tota forma de vida existent a la Terra s'ha format a partir d'un únic tipus d'organisme o d'unes quantes formes simples inicials.
- Cada espècies fòssil o vivent, s'ha originat a partir d'una altra espècies que la precedeix en el temps.
- L'extinció de les espècies és un fet irreversible, quan una espècies s'ha extingit no torna a aparèixer mai més.
- L'evolució actualment continua actuant igual que al llarg de la història de la vida.



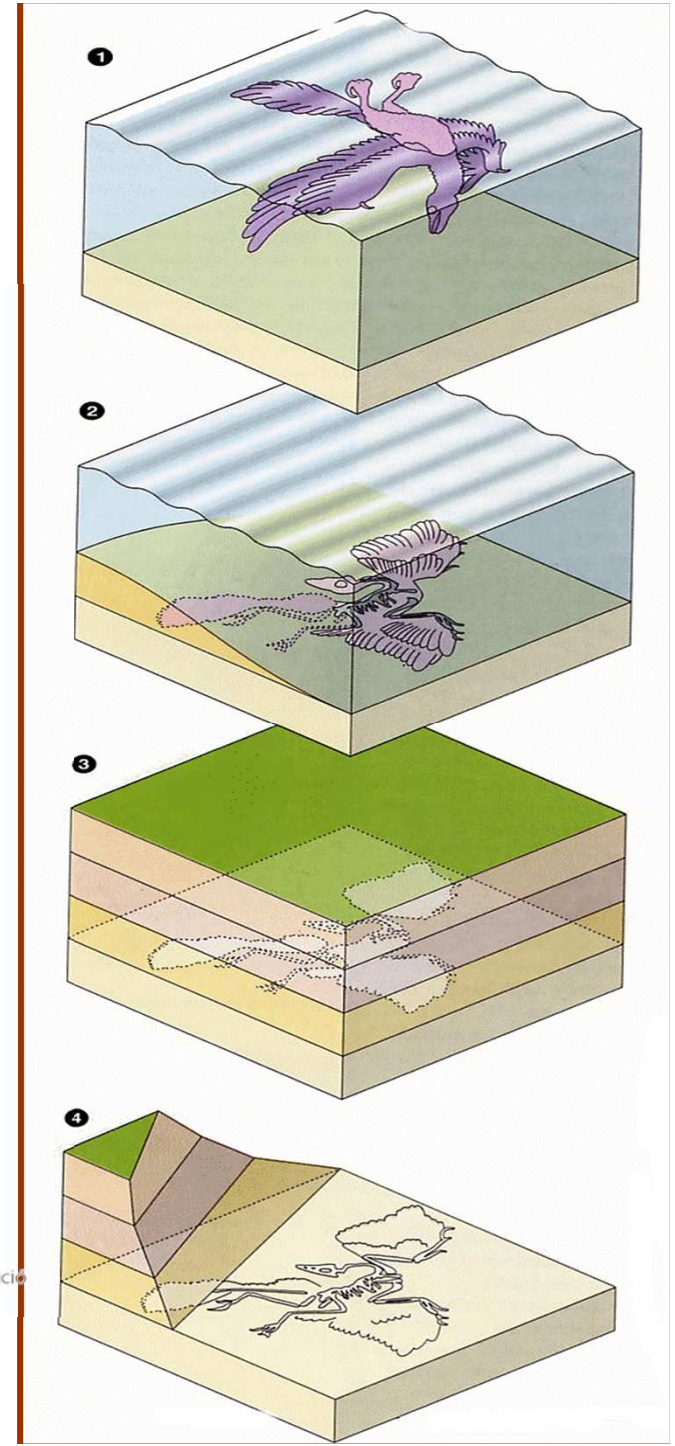


**PROVES
PALEONTOLOGIQUES**

Els fòssils: evidències de vida en el passat

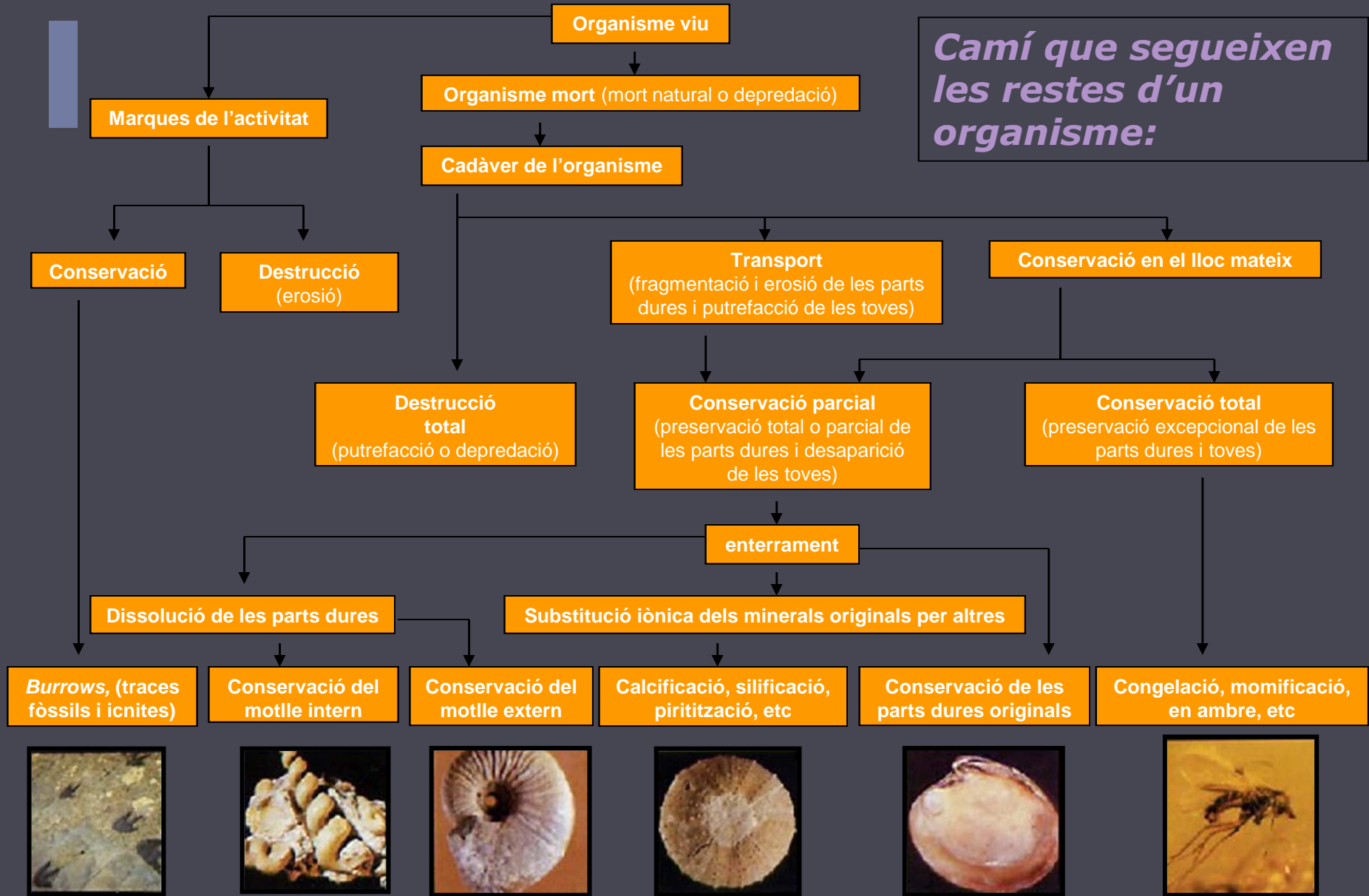


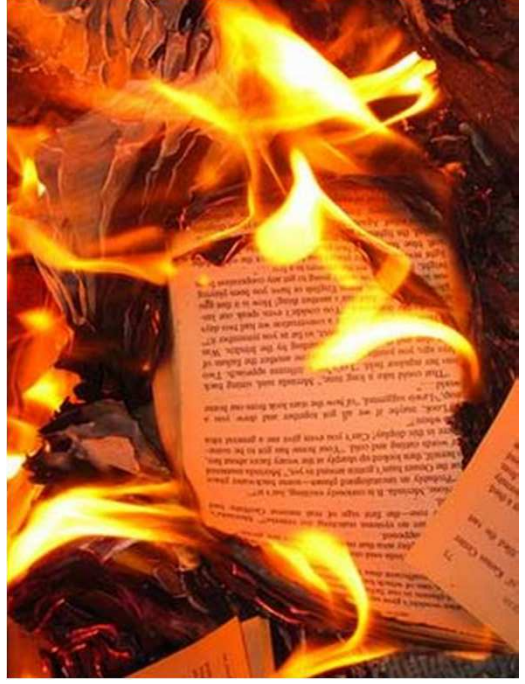
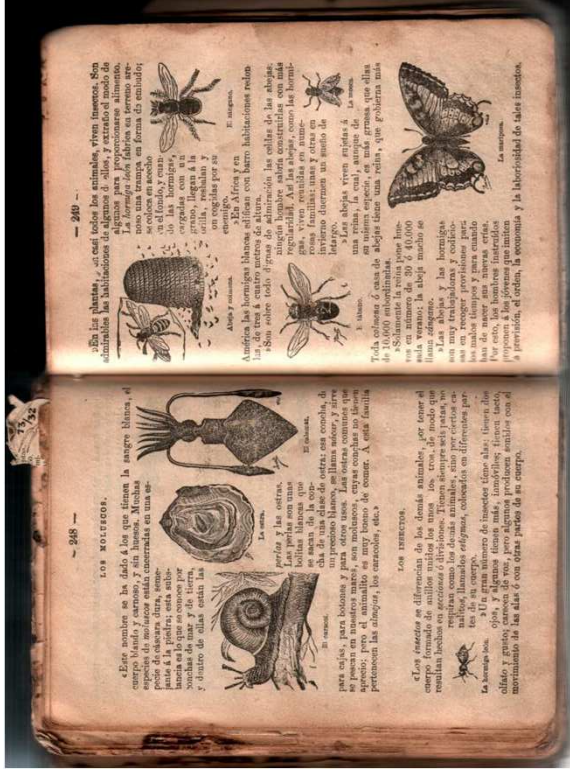
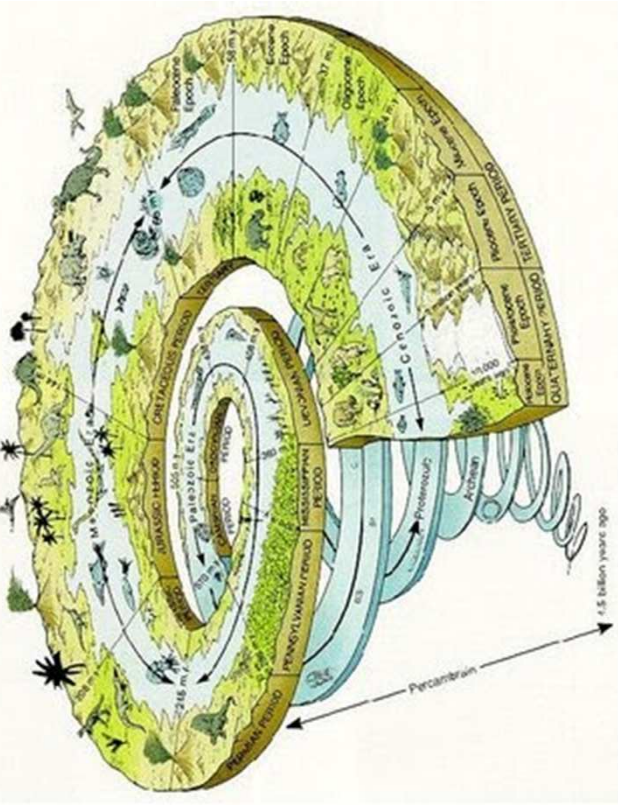
Història de la Terra que mostra l'evolució de les diferents formes de vida.





Camí que segueixen les restes d'un organisme:

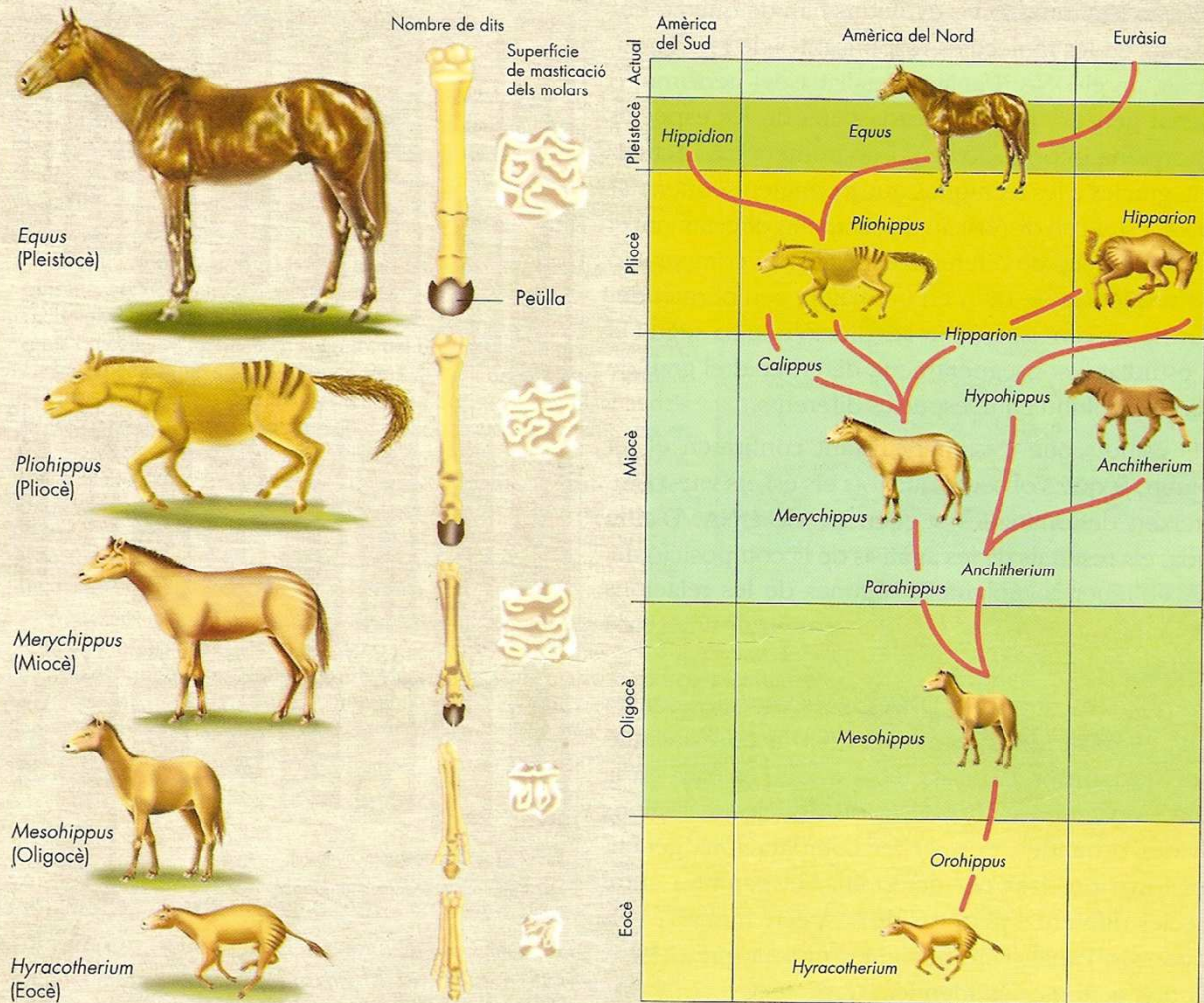


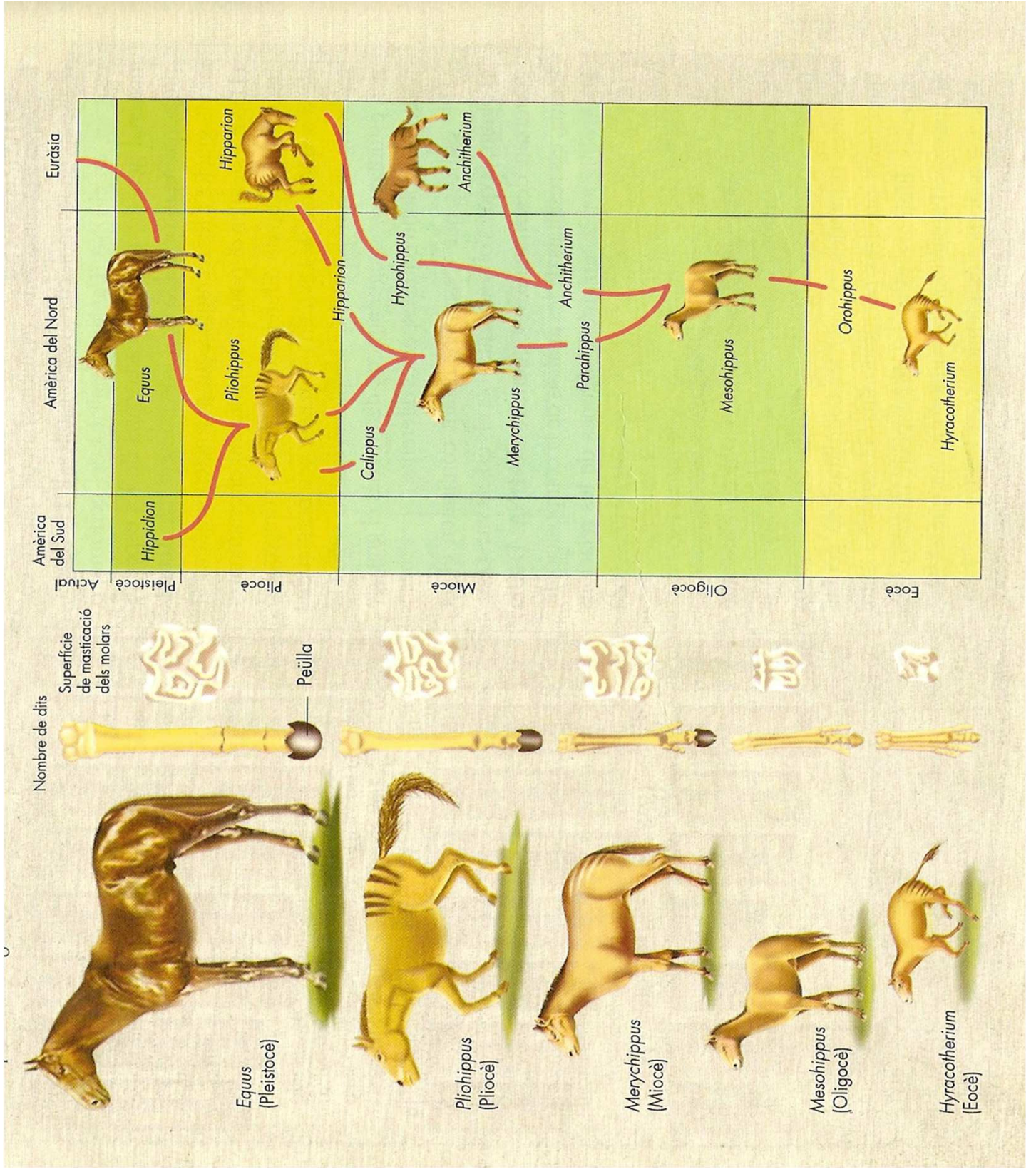


L'origen dels cavalls

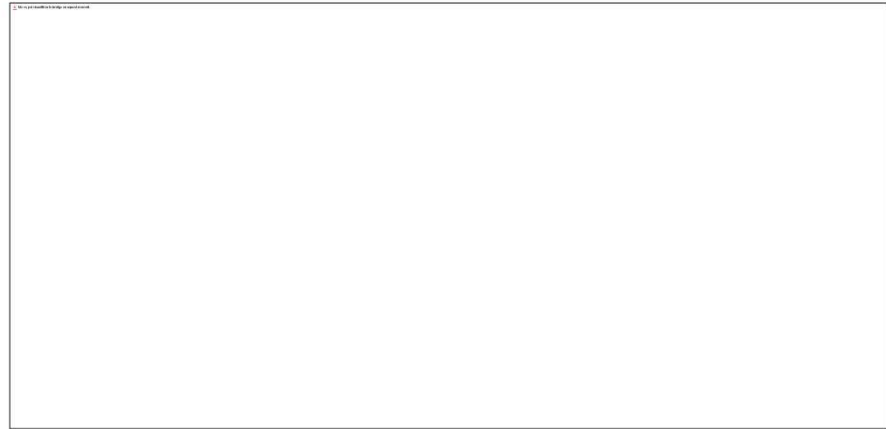
Un exemple il·lustratiu de la reconstrucció del camí evolutiu que condueix a una espècie actual és l'origen del cavall. La primera figura representa el cavall modern i alguns dels seus avantpassats (aspecte de l'animal, dits de les potes i superfície de les molars). La segona figura mostra l'arbre evolutiu de la família dels cavalls.

1. Quines són les tendències evolutives que condueixen a l'aparició del gènere *Equus*, els cavalls?
2. Segons la informació que proporciona el gràfic de l'arbre evolutiu de la família dels cavalls, en quin continent i en quin període geològic va viure *Pliohippus*, antecessor directe d'*Equus*?
3. Potser has sentit a dir que els cavalls van ser introduïts a Amèrica pels conqueridors espanyols. És compatible aquesta afirmació amb la informació que mostra el gràfic? Explica-ho.
4. Al dibuix de l'arbre evolutiu dels cavalls s'observen diverses branques que s'aturen a diferents alçades. Explica'n el significat.

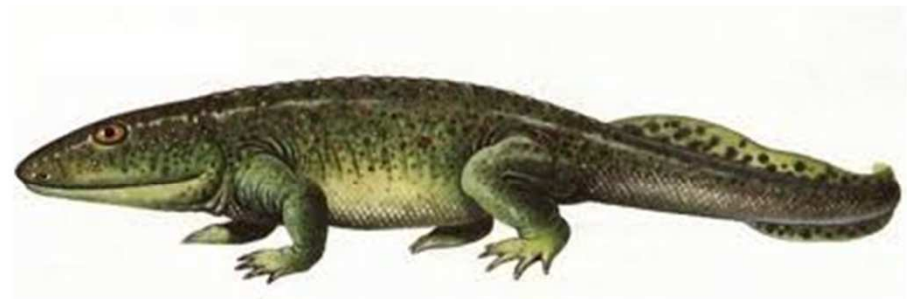




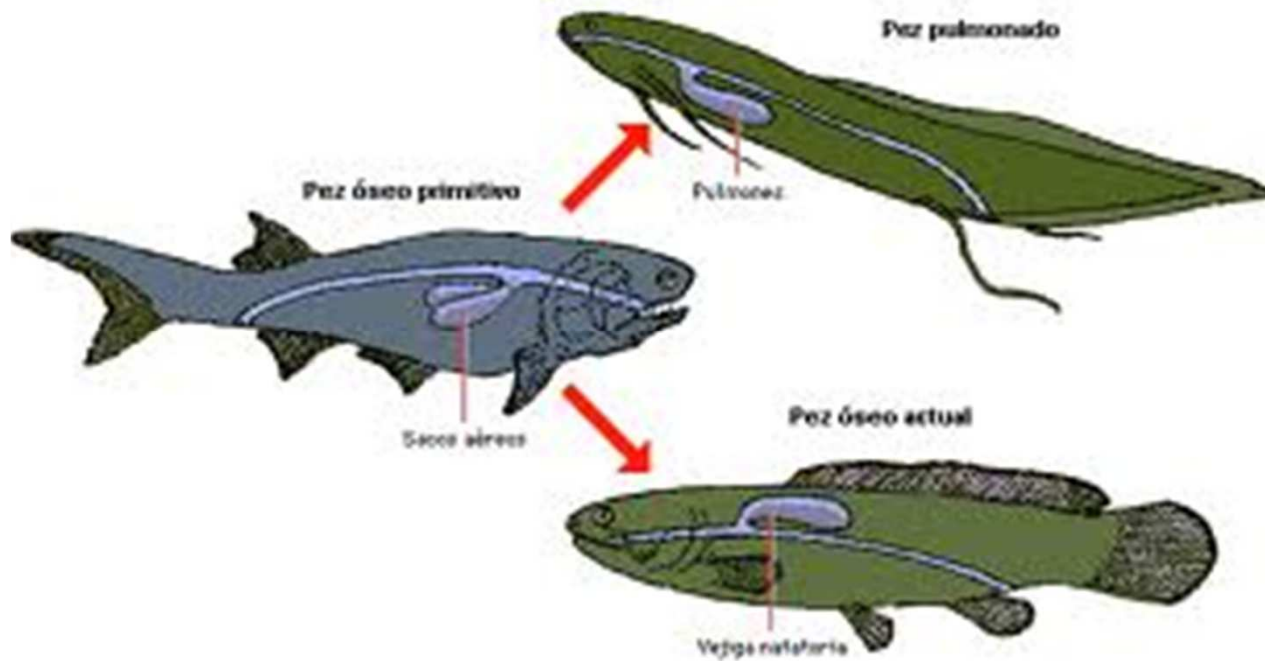
A quin grup de vertebrats corresponen
aquests animals?



Archaeopteryx



Ictiostega

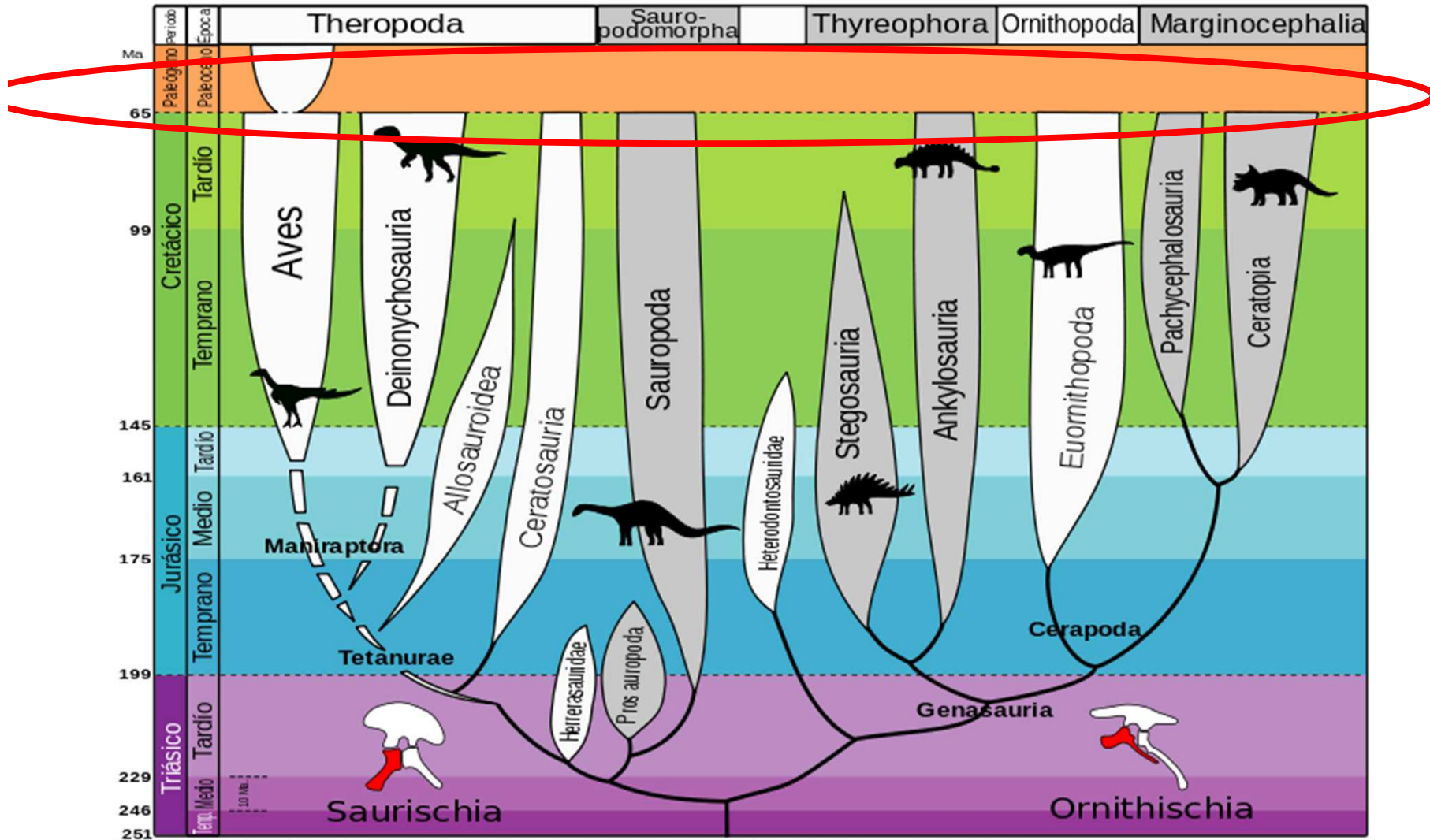


Canvis en el medi:

<http://www.youtube.com/watch?v=kHEYL9Mkkoc>



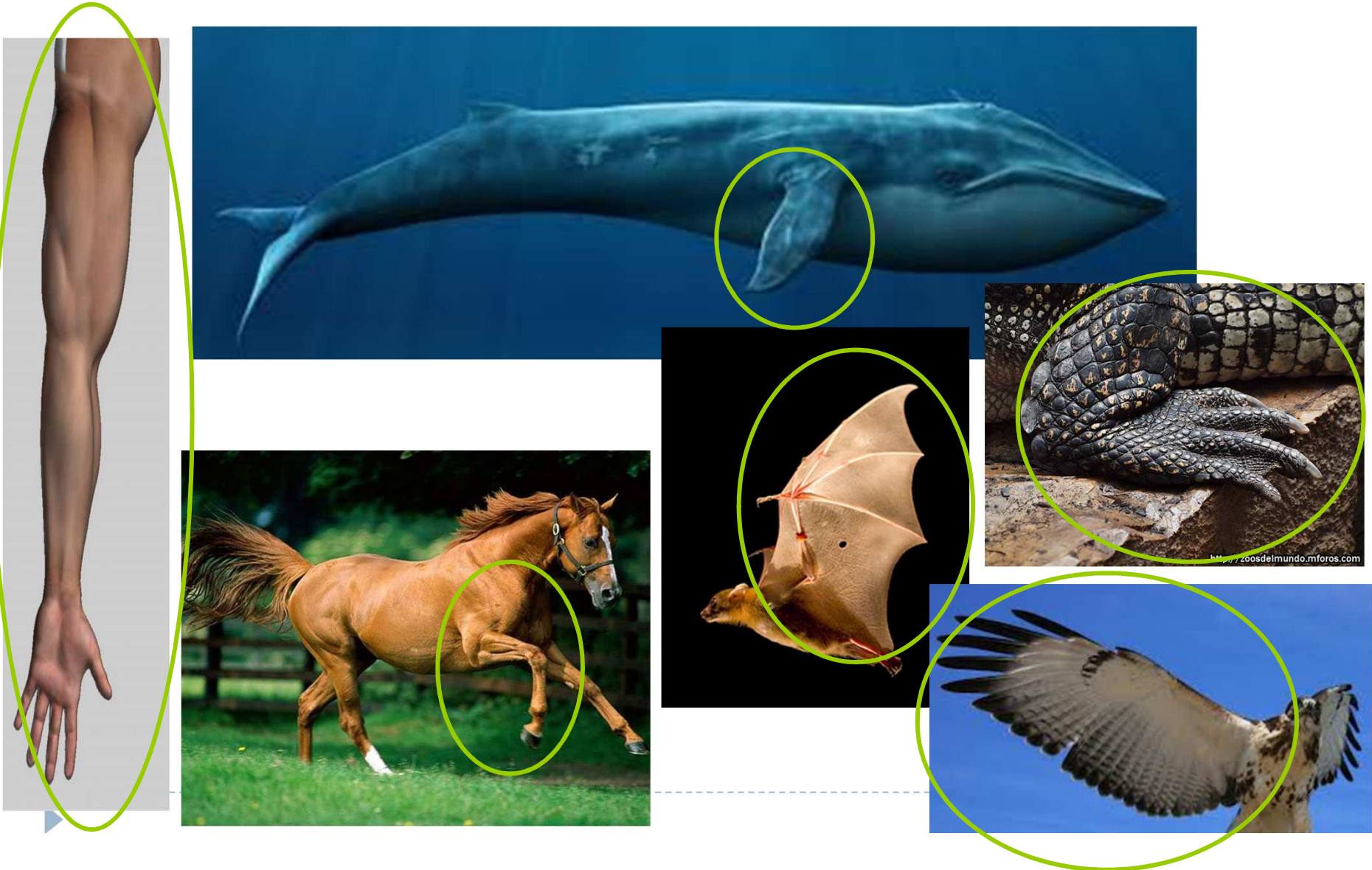
Què se n'ha fet dels dinosaures?

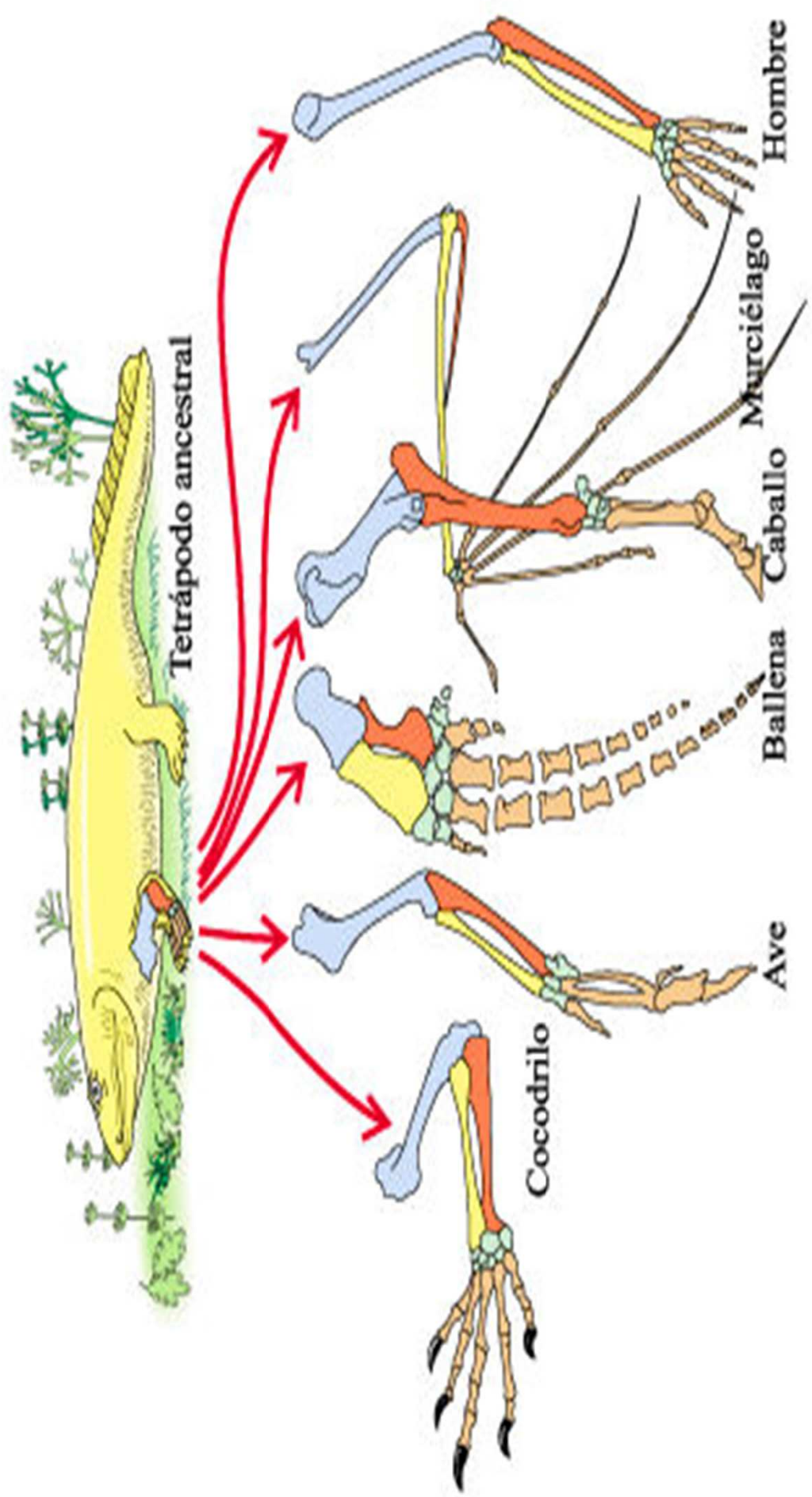




**PROVES
ANATÒMIQUES**

Creus que aquests organismes tenen parentesc evolutiu?

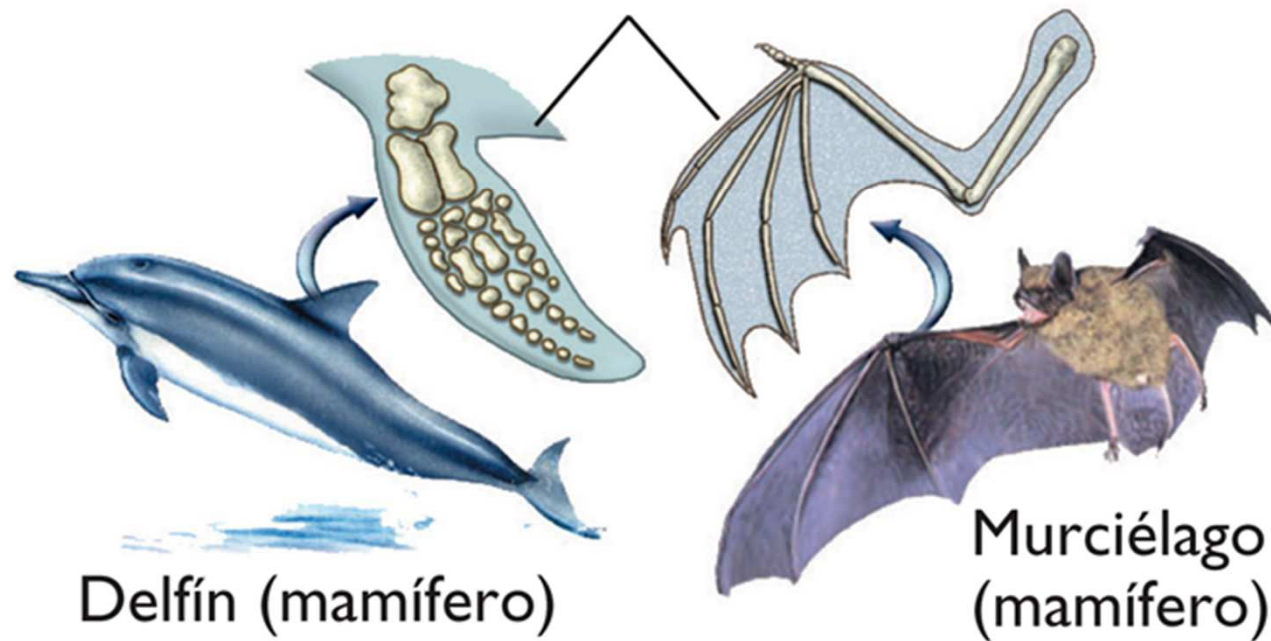






Convergencia evolutiva

ÓRGANOS HOMÓLOGOS



Divergencia evolutiva



Falcon

Ancestral
bird



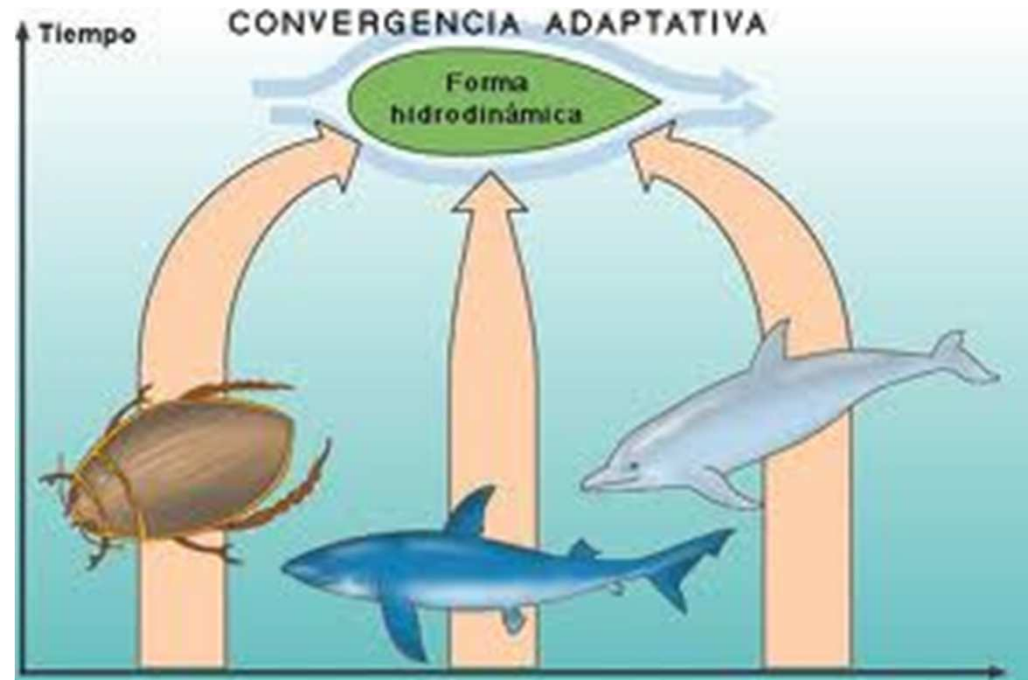
Bat

Ancestral
mammal



Pterodactyl

Ancestral
reptile



Convergencia evolutiva



PROVES
embriològiques

Proves de l'evolució: proves embriològiques

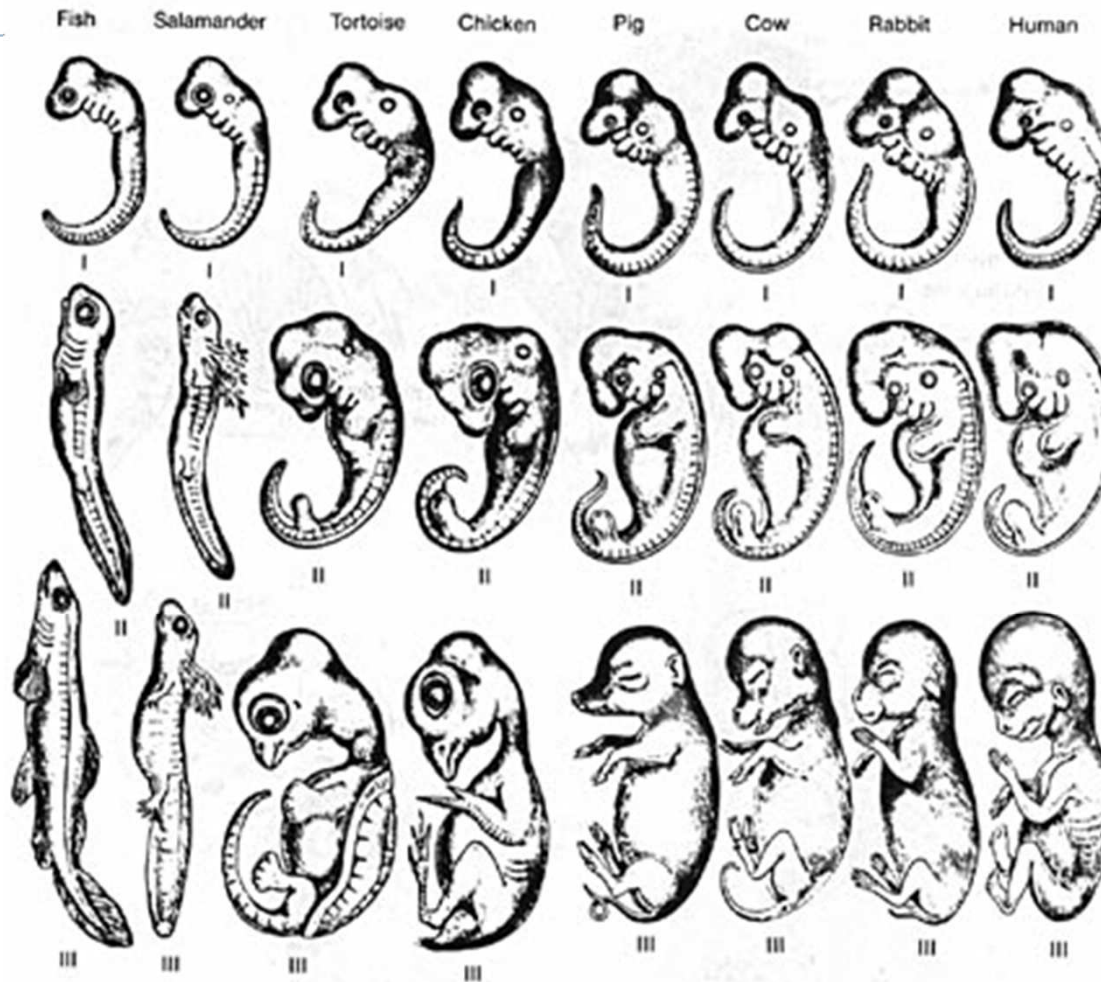


Figure 3-10

A series of embryos of different vertebrates at comparable stages of development. The earlier the stage of development, the more strikingly similar are the different groups. Note that each of the embryos begins with a similar number of gill arches (pouches below the head) and a similar vertebral column. In later stages of development, these and other structures are modified to yield the various different forms. (The embryos in the different groups have been scaled to the same approximate size so that comparisons can be made between them.) (From Romanes, adapted from Haeckel.)

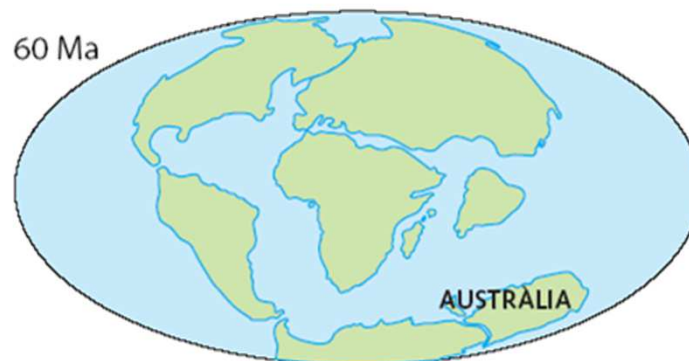


**PROVES
BIOGEOGRÀFIQUES**

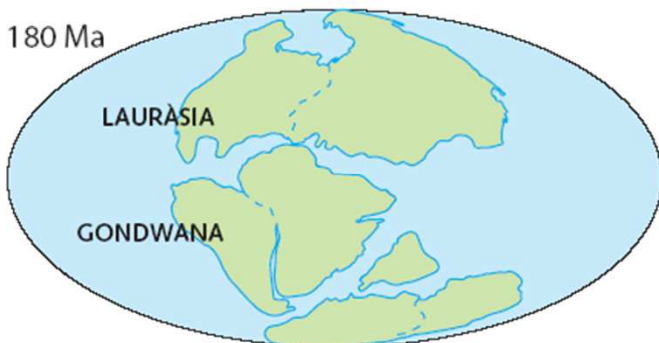
200 Ma



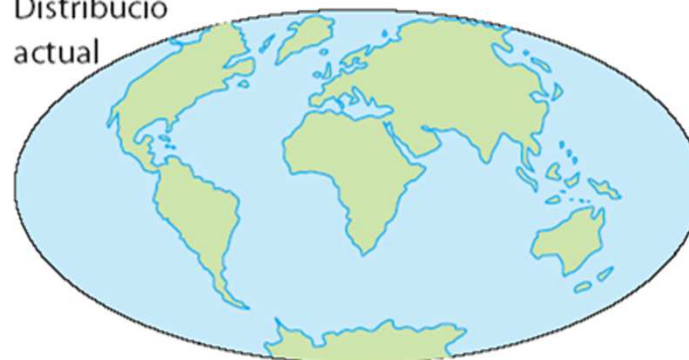
60 Ma



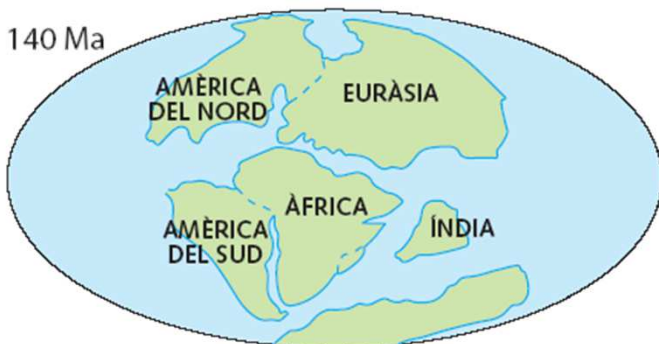
180 Ma



Distribució actual



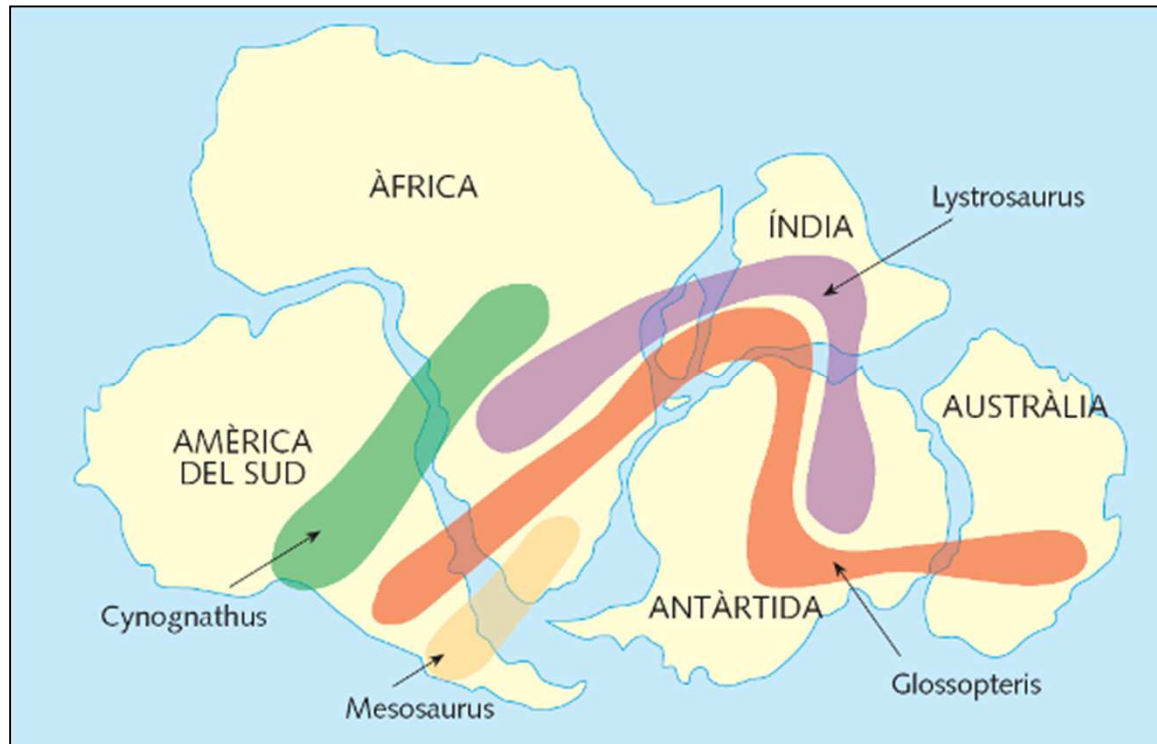
140 Ma



Fragmentació de la Pangea segons Wegener (edat en milions d'anys, Ma).

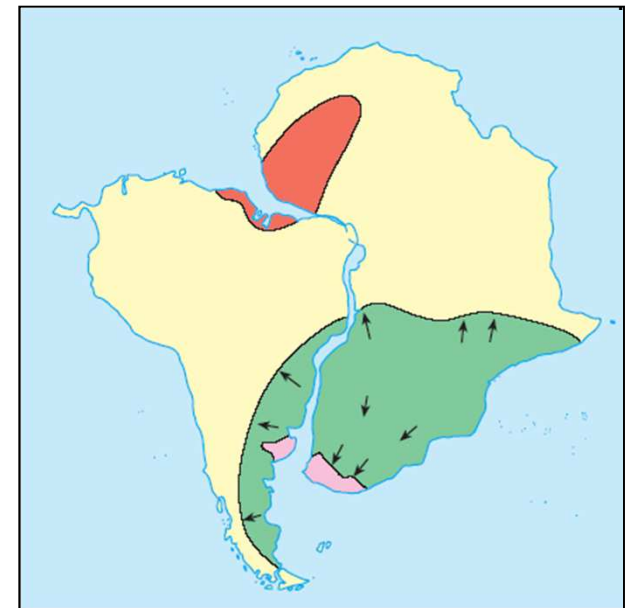
Pangea: http://www.cienciasmc.es/web/u3/contenido3.3_u3.html

Pangea: http://www.recercaenaccio.cat/agaur_reac/AppJava/ca/interactiu/20091204-recla-600-milio.jsp

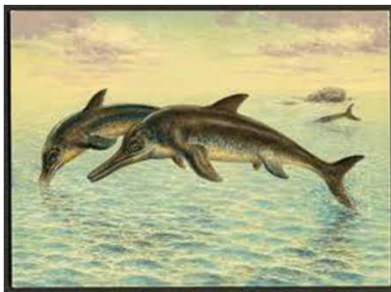
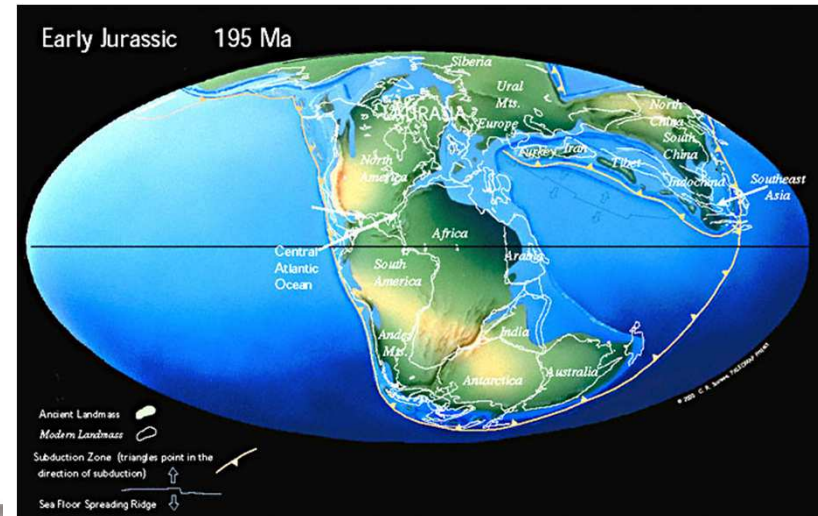


Distribució geogràfica de fòssils d'organismes que van viure fa més de 200 milions d'anys

Ajustament de l'Àfrica i l'Amèrica del Sud



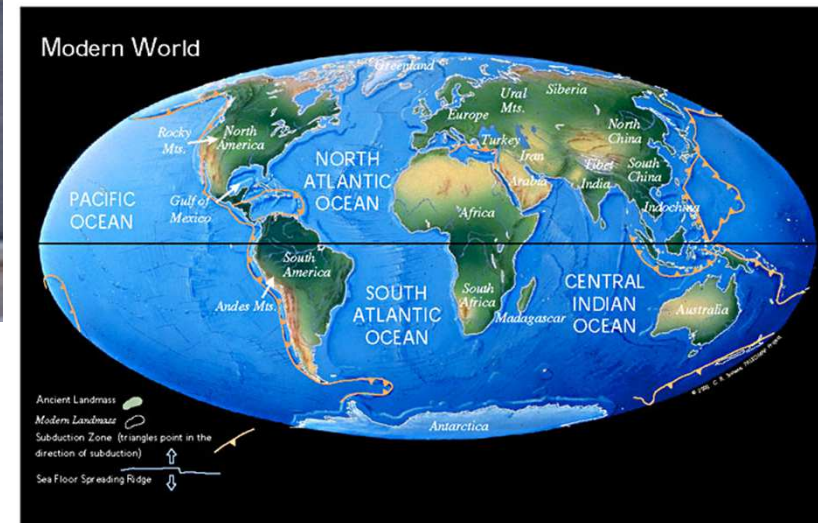
El que ens expliquen els fòssils



Stenopterygius quadriscissus

Sala d'Exposicions de l'Ajuntament d'Alòs de Balaguer. 21 vèrtebres d'ictiosaure.

<http://www.alosdebalaguer.com/alos-de-balaguer-ictiosaure>

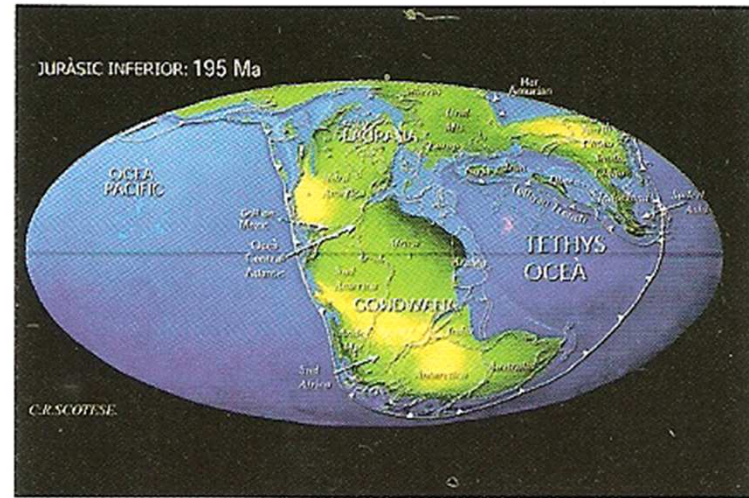


El que ens expliquen els fòssils

El planeta terra
fa 190-195
milions d'anys



Quan l'ictiosaure d'Alòs de Balaguer visqué, els continents del planeta tenien una geografia i distribució molt diferents a les de l'actualitat, ja que formaven un supercontinent conegut com **Pangea**. Fa uns 190 milions d'anys, el mar inundava les terres que serien Catalunya.

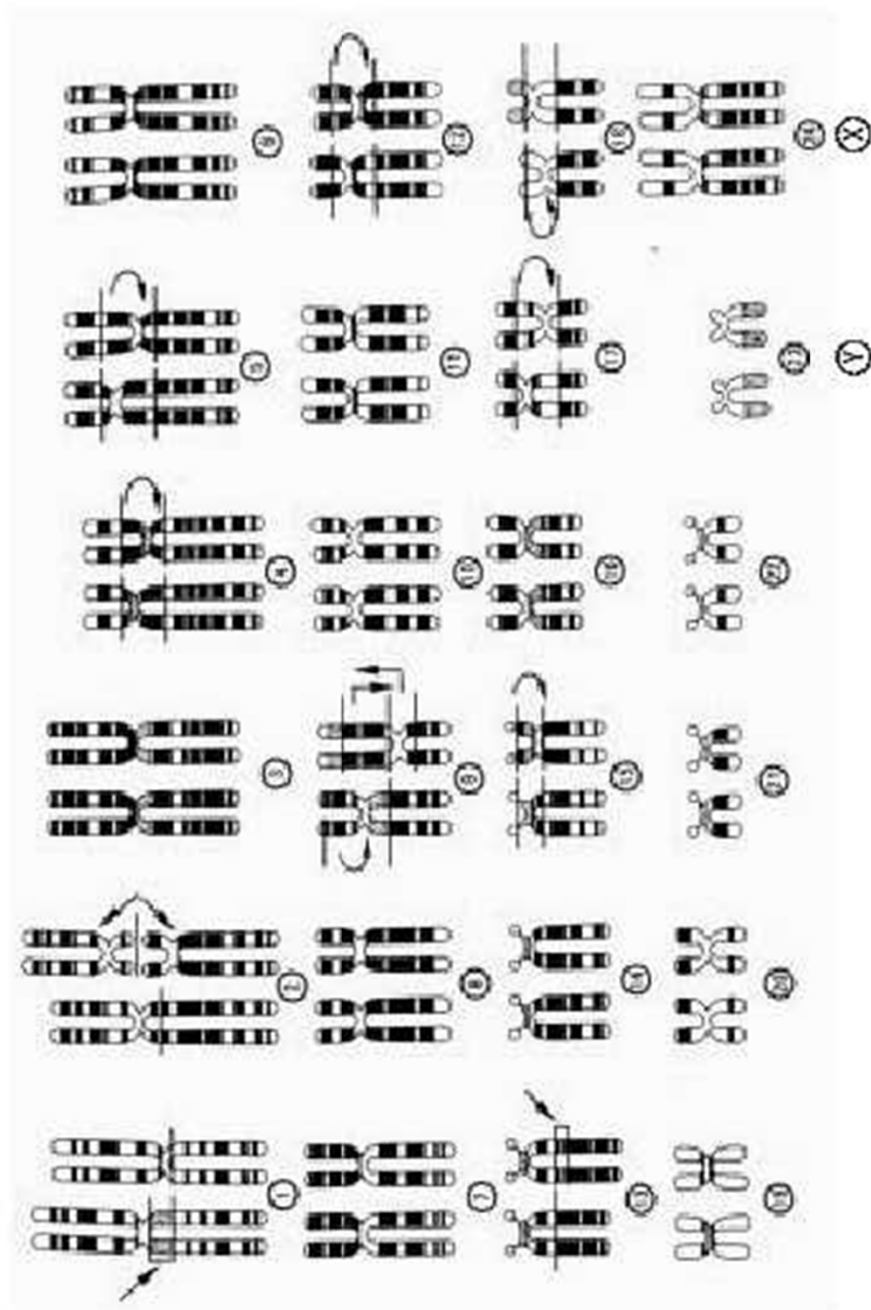


En el seu fons hi vivien moltes criatures, algunes de les quals s'exhibeixen en aquesta Sala. En ella hi podem contemplar closques de braquiòpodes, ammonits i belemnits que, tal com ja hem comentat, formaven part de la dieta dels ictiosaures. •




PROVES MOLECULARS

Figura 9: Homologías en los cariotipos del hombre y del chimpancé



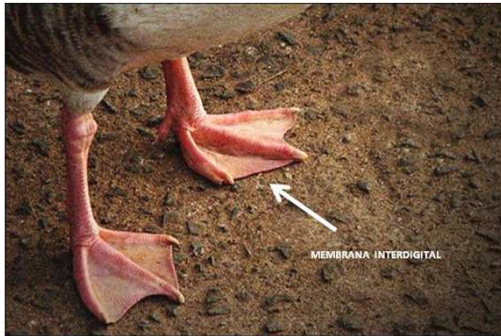
La comparación entre un cariotipo humano y el de un chimpancé muestra numerosas similitudes. Sus diferencias son apenas alrededor de una docena de cambios estructurales, que aparecen indicados por flechas. El cromosoma de la izquierda de cada par es el humano. Las bandas revelan homologías en 13 cromosomas. Otros cromosomas, que incluyen los cromosomas 4, 5, 12, 15, y 17, difieren solo por la inversión de un segmento alrededor del centrómero o por la adición de un segmento (cromosoma 1, 13 y 18). Los cromosomas 9 y 15 presentan modificaciones estructurales más complejas. El cromosoma 2 humano corresponde a la unión de dos cromosomas de chimpancé.



**Les teories que
expliquen el fet de
l'evolució**

Com expliques?

Com expliques que els ànecs tinguin membrana interdigital?



Com expliques la forma de la capçada dels avets? I la dels pins pinyers?

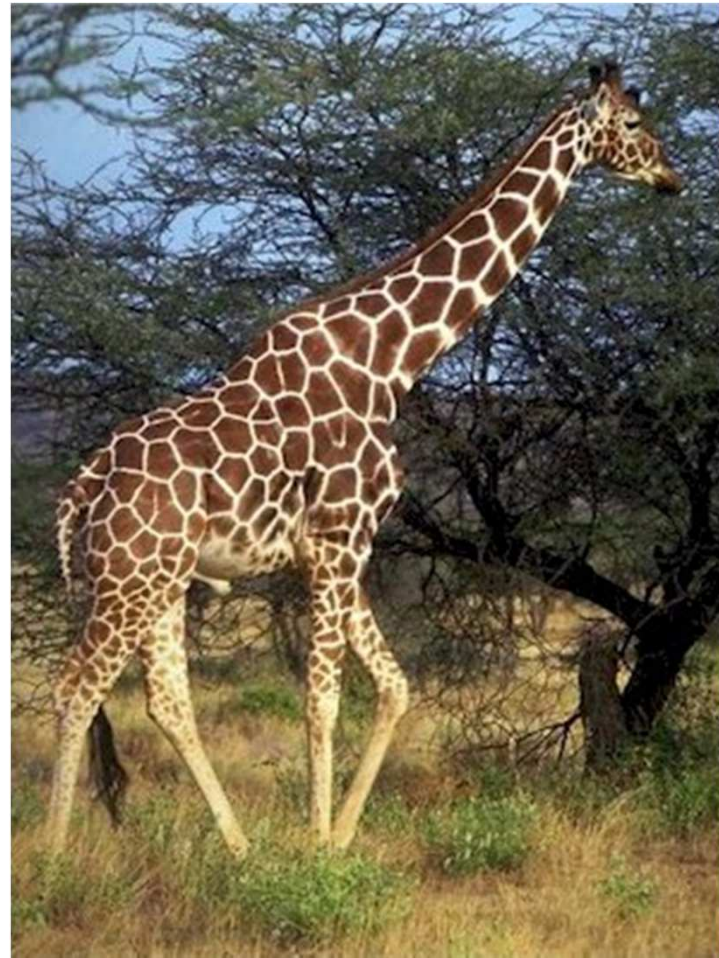


Com expliques?

Com expliques la cua prènsil dels monos aranya?



Com expliques el llarguíssim coll de les girafes?







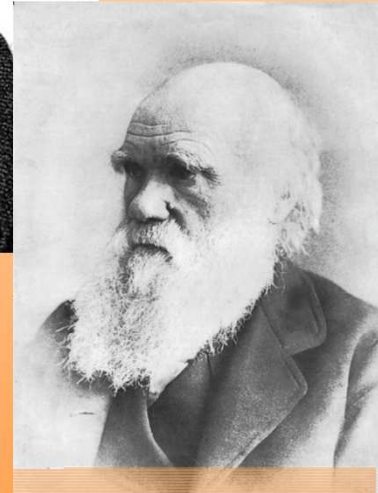
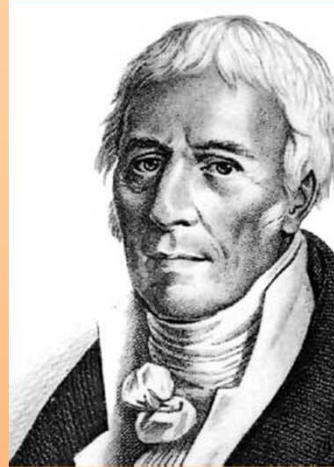
El fixisme i el creacionisme

El lamarkisme

El darwinisme

Neodarwinisme o teoria sintètica

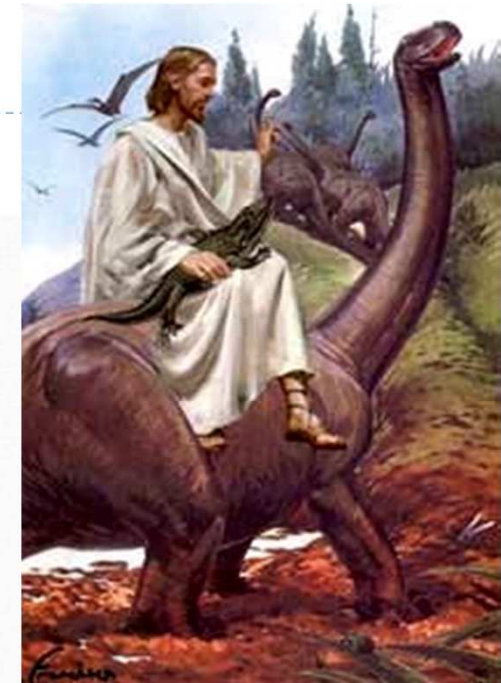
Puntualitzacions: Teoria neutralista, teoria de l'equilibri puntual, simbiogènesi (Lynn Margulis) ...



Les teories

Fixisme i creacionisme

- **Fixisme:** les espècies es mantenen invariables al llarg del temps.



- **Creacionisme:** l'origen de les espècies es deu a una acte de creació realitzat per un creador.
- Aquestes dues teories són recolzades per Cuvier i la seva teoria geològica del catastrofisme que diu que al llarg de la història unes quantes catàstrofes van produir la desaparició de les espècies i després es van crear unes altres. Aquestes noves creacions formen part de l'anomenat policreacionisme.
- El creacionisme avui en dia, encara constitueix una opció científica vàlida per molts científics. S'inclou a la constitució de Pensilvània.



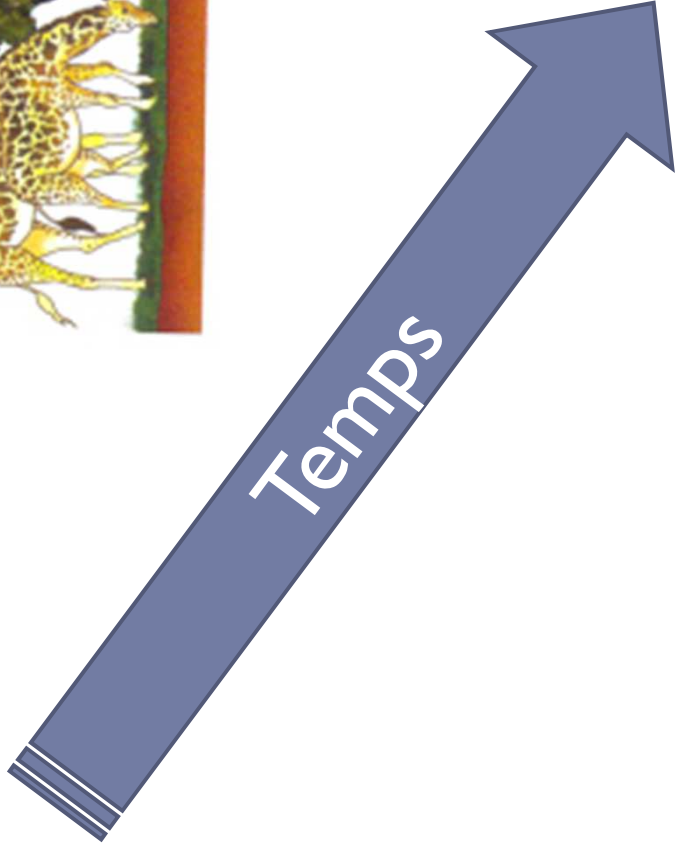
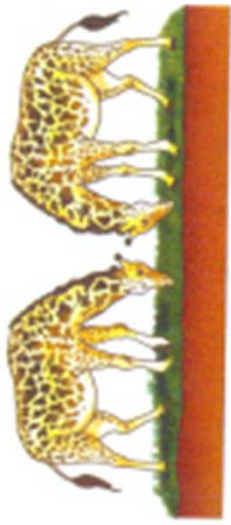
Les teories

Lamarckisme

Lamarck pensava que tot el que existeix està en constant estat de flux (pel que està viu i el que no). Unes espècies es transformaven en altres d'una manera continuada al llarg del temps. La seva teoria es basava en 4 punts:

- ✓ La interacció dels éssers vius amb el medi origina la diversificació
- ✓ Els organismes mostren una tendència cap a la complexitat. Els organismes evolucionen des de formes senzilles cap a formes complexes.
- ✓ L'ús repetit d'un òrgan en produeix el desenvolupament. Els canvis que tenen lloc en l'entorn fan que els éssers vius s'adaptin al medi modificant certs òrgans depenent de l'ús o desús que en facin. La funció crea l'òrgan i el desús en produeix la degeneració. D'aquesta manera els caràcters originaris van sent substituïts lentament per un seguit de caràcters adaptatius o caràcters adquirits
- ✓ A més, aquests caràcters que s'adquireixen en vida, es poden transmetre a la descendència. (Herència dels caràcters adquirits)





Més preguntes

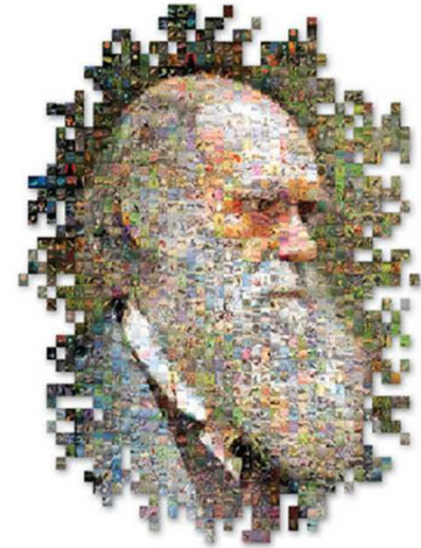
- ▶ Els organismes s'adapten al medi per necessitat?
- ▶ Els canvis evolutius es basen en els canvis en els individus com a resposta a canvis en les característiques del medi?
- ▶ Els caràcters adquirits es transmeten a la descendència?



Les teories

Darwinisme

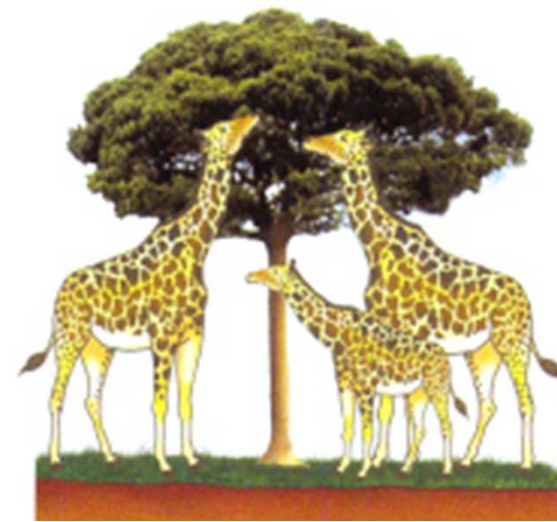
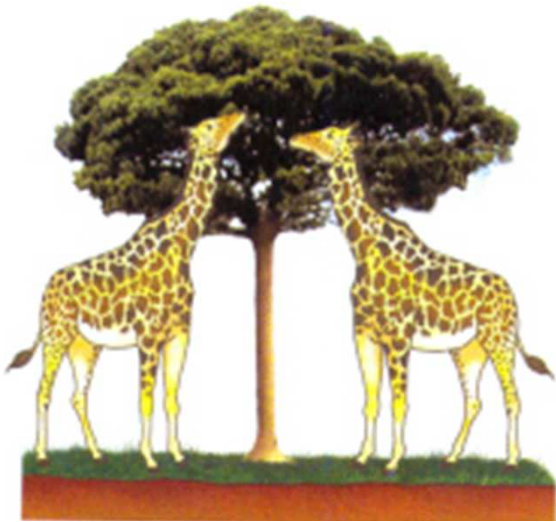
1. Els individus d'una espècie s'organitzen en poblacions. Els canvis evolutius impliquen la transformació de les poblacions.
2. Les poblacions d'organismes tenen un potencial reproductor que els permet deixar molta descendència. Malgrat tot, no tota sobreviu.
3. No tots els individus d'una població deixen la mateixa descendència. Alguns individus no neixen, altres viuen poc i no tots deixen descendència.
4. Els individus d'una població mostren **variabilitat intraespecífica**. Les activitats que els individus han de dur a terme per sobreviure determinen quines característiques són favorables i quines no.
5. Els individus portadors de característiques favorables, deixen més descendència.
6. La **selecció natural** és l'efecte de l'ambient (pressió) que actua sobre les poblacions i en possibilita o no la persistència dels organismes.
7. Constantment es produeix l'adaptació de la població a l'ambient. De no ser així, l'espècie desapareix.



1. Variabilitat de la descendència

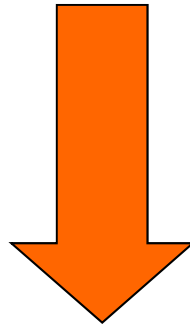


2. Selecció natural



On es va quedar Charles Darwin?

- ▶ Darwin no sabia explicar l'origen de la variabilitat existent. Parla de:
 - ▶ Variacions a causa de l'ús i el desús amb caràcter hereditari
 - ▶ Variacions espontànies d'origen desconegut

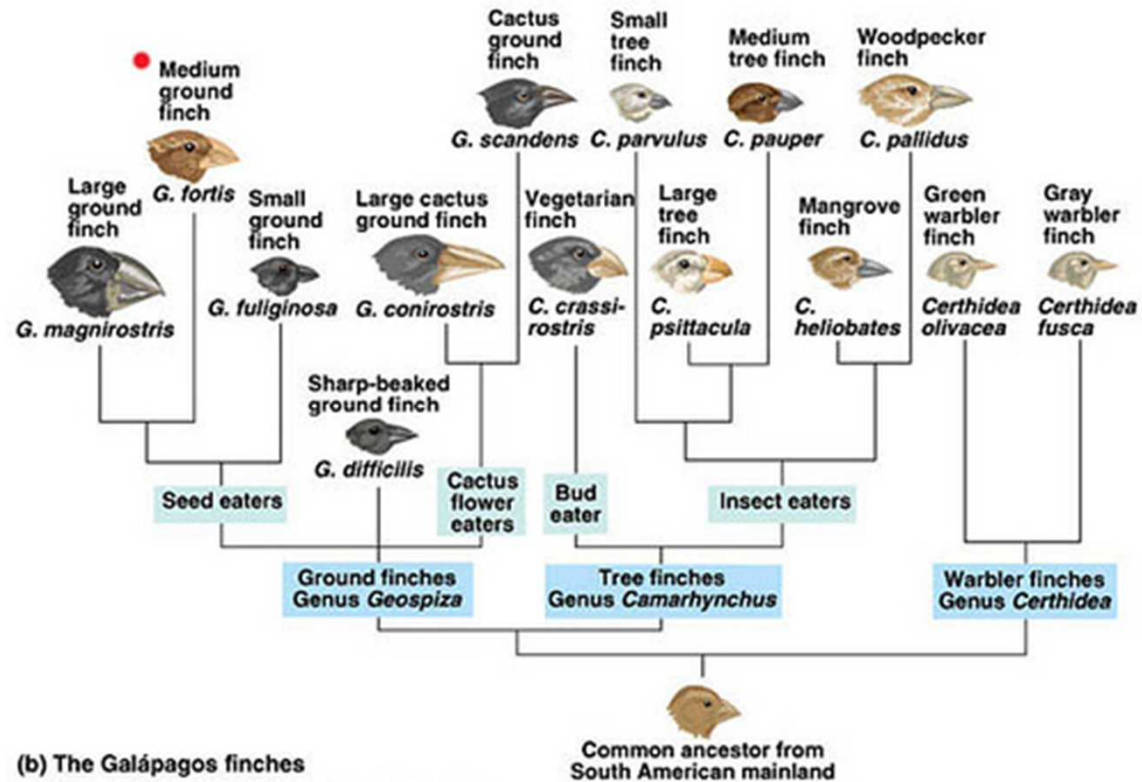


40 anys després, la genètica va resoldre aquest problem
mancava conèixer el concepte MUTACIÓ



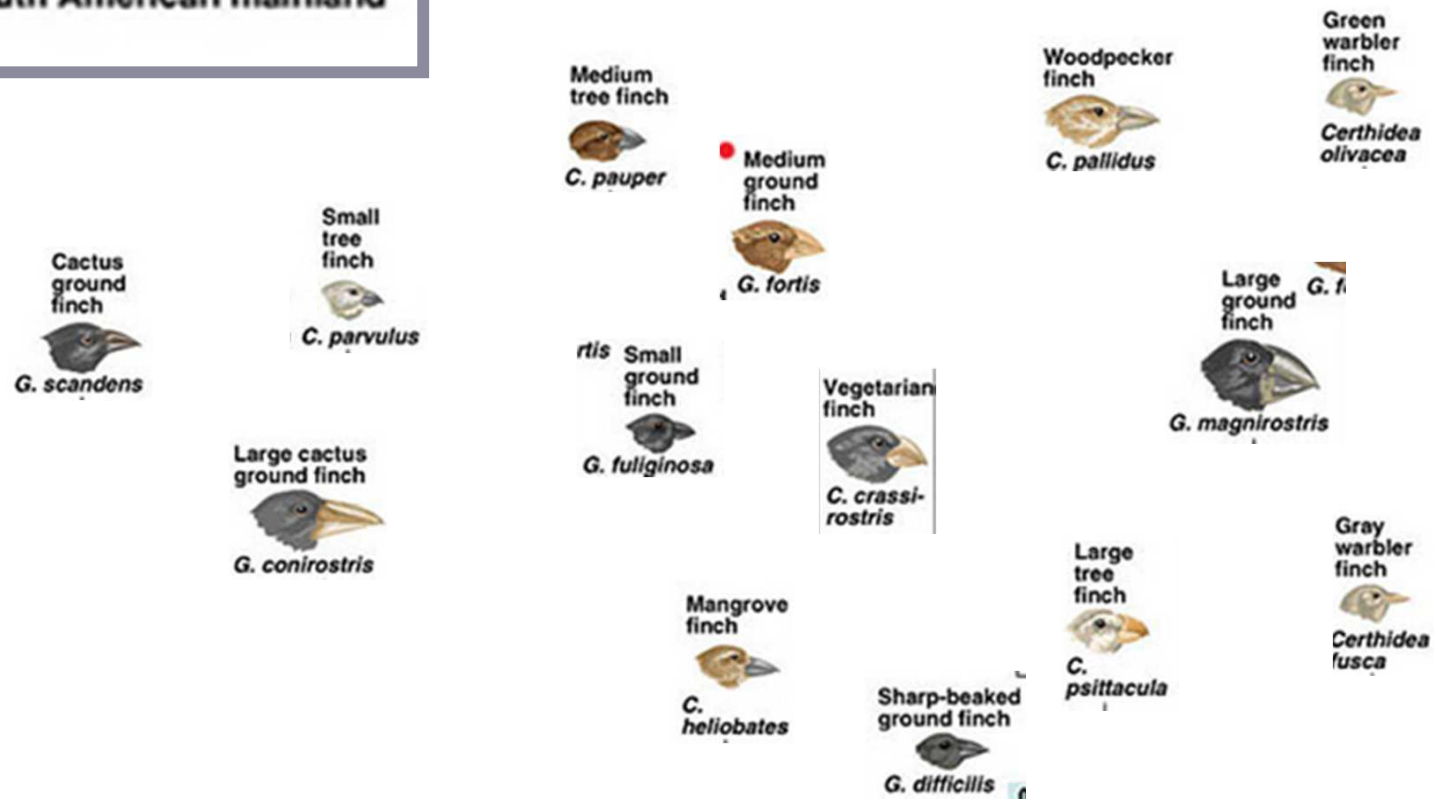
Les hipòtesis de Darwin

El primer esbós de Darwin sobre un [arbre evolutiu](#) al seu *First Notebook on Transmutation of Species* (1837)



Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

Com es van poder haver format les 13 espècies diferents de pinsans a les illes Galàpagos?



Associa l'anatomia dels becs d'aquests pinsans amb la seva alimentació



1
Pinsà terrós
gros



2
Pinsà gran
dels arbres



3
Pinsà
cantaire



4
Pinsà
terrós petit



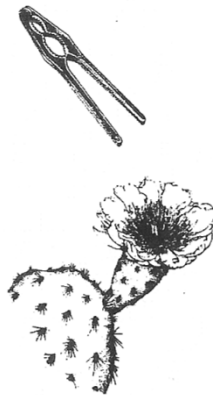
5
Pinsà dels
cactus



A
Insectes petits en
escletxes i civelles.



B
Llavors grosses i dures.



C
Llavors i nèctar
de cactus.



D
Insectes grossos,
com escarabats
i erugues.



E
Llavors petites i dures.



Les teories



Neodarwinisme o teoria sintètica (1942, Julian Huxley)

1. El procés de l'evolució es basa en els principis darwinistes de:



1. Variabilitat de la descendència

2. Selecció natural

2. Variabilitat de la descendència



mutacions



Son preadaptatives i es produeixen a l'atzar/
creen nous gens i al·lels

recombinació genètica de la **meiosis**



Crea noves combinacions de
gens i al·lels

Variabilitat en els clapat dels ous d'un ocell



Ous llisos detectats i eliminats pels depredadors >40%

1. Variabilitat de la descendència



2. Selecció natural



ADAPTACIÓ

La mutació i la selecció tenen accions antagòniques.

Mutació ➡ nous al·lels

Selecció ➡ Elimina els al·lels menys aptes



Neodarwinisme o teoria sintètica

- 3. Evolucionen les poblacions no els individus**, aquests moren i amb ells els seus gens, en canvi les poblacions perduren i van canviant les seves freqüències gèniques (Hardy i Weinberg).

Definim evolució com el canvi en les freqüències gèniques o al·lèliques d'una població.

Població mendeliana → Conjunt d'individus capaços de reproduir-se sexualment entre si, és a dir de compartir un fons comú de gens.



Neodarwinisme o teoria sintètica

4. Els factors que poden modificar les freqüències gèniques o al·lèliques de les poblacions són (Fisher, Haldane i Wright):

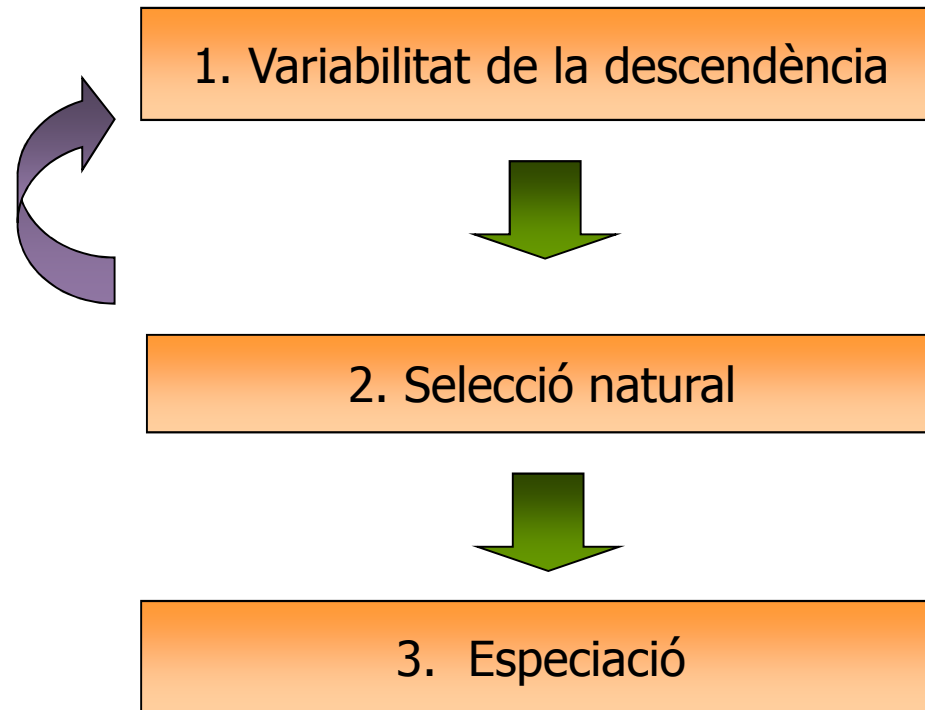


- ✓ La selecció natural
- ✓ Les mutacions
- ✓ Les migracions
- ✓ La deriva genètica (efecte fundador)



Neodarwinisme o teoria sintètica

5. Per que dues poblacions evolucionin de forma diferent fins a donar lloc a dues espècies diferents cal que es mantinguin aïllades entre si.



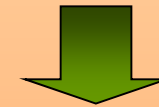
Algunes puntuacions actuals al neodarwinismes:

Teoria neutralista de l'evolució molecular (Kimura 1968)

Accepta el neodarwinisme però afirma que la major part de les **mutacions moleculars** no són favorables ni desfavorables, és a dir són mutacions neutres, per la qual cosa la selecció natural no actua sobre elles.

		Segona lletra				
		U	C	A	G	
Primera lletra (extrem 5')	U	UUU] phe UUC] UUA] leu UUG]	UCU] ser UCC] UCA] UCG]	UAU] tyr UAC] UAA stop UAG stop	UGU] cys UGC] UGA stop UGG trp	U C A G
	C	CUU] leu CUC] CUA] CUG]	CCU] pro CCC] CCA] CCG]	CAU] his CAC] CAA] gln CAG]	CGU] arg CGC] CGA] CGG]	U C A G
	A	AUU] ile AUC] AUA] met AUG]	ACU] thr ACC] ACA] ACG]	AAU] asn AAC] AAA] lys AAG]	AGU] ser AGC] AGA] arg AGG]	U C A G
	G	GUU] val GUC] GUA] GUG]	GCU] ala GCC] GCA] GCG]	GAU] asp GAC] GAA] glu GAG]	GGU] gly GGC] GGA] GGG]	U C A G

Clau genètica.



La major part dels canvis evolutius moleculars no serien adaptatius. Depenen més de l'atzar que de la selecció natural

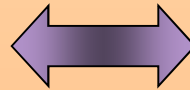
Algunes puntuacions actuals al neodarwinismes:

Teoria de l'equilibri puntual

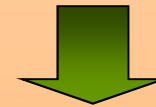
Microevolució



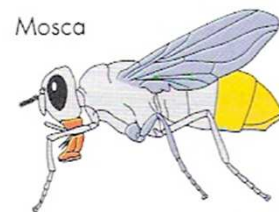
Moltes vegades el registre fòssil ens permet observar exemples clars **d'evolució gradual.**



Macroevolució

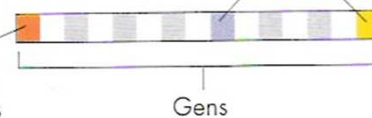


En ocasions s'observen **salts en l'evolució**, les noves espècies són molt diferents a les anteriors i no es troba cap forma intermèdia.

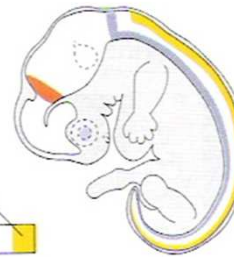


Gen que regula l'organització de la part anterior del cos

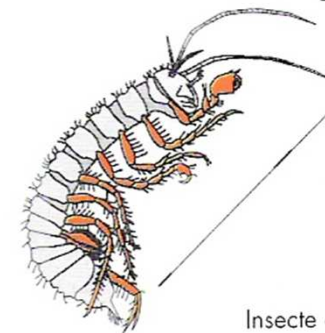
Gens que regulen l'organització de la part posterior del cos



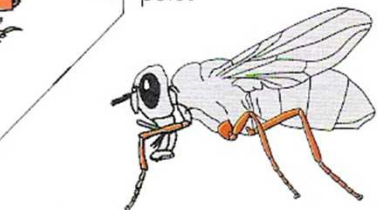
Gens



Embrió humà



Ancestre dels insectes amb molts parells de potes



Insecte amb tres parells de potes

Algunes puntuacions actuals al neodarwinismes:

Teoria de l'equilibri puntual

Microevolució

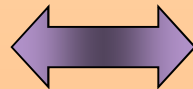


Moltes vegades el registre fòssil ens permet observar exemples clars **d'evolució gradual.**



Model de **gradualisme filètic:**

- Totes les espècies succesives formen una sola línia evolutiva a partir de l'espècie ancestral
- La transformació és lenta i contínua
- La transformació es produeix en tota la població



Macroevolució



En ocasions s'observen **salts en l'evolució**, les noves espècies són molt diferents a les anteriors i no es troba cap forma intermèdia.



Teoria de l'equilibri puntual (Eldredge i Gould):

Una petita població queda aïllada i evolució al marge de l'espècie principal.



Quan s'ajunten de nou aquesta es la que es fa més abundant



Algunes puntuacions actuals al neodarwinismes:

Microevolució

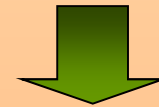


Model de **gradualisme filètic**:

- Totes les espècies successives formen **una sola línia evolutiva** a partir de l'espècie ancestral
- **La transformació és lenta i contínua**
- **La transformació** es produeix **en tota la població**



Macroevolució



Teoria de l'equilibri puntual (Eldredge i Gould):

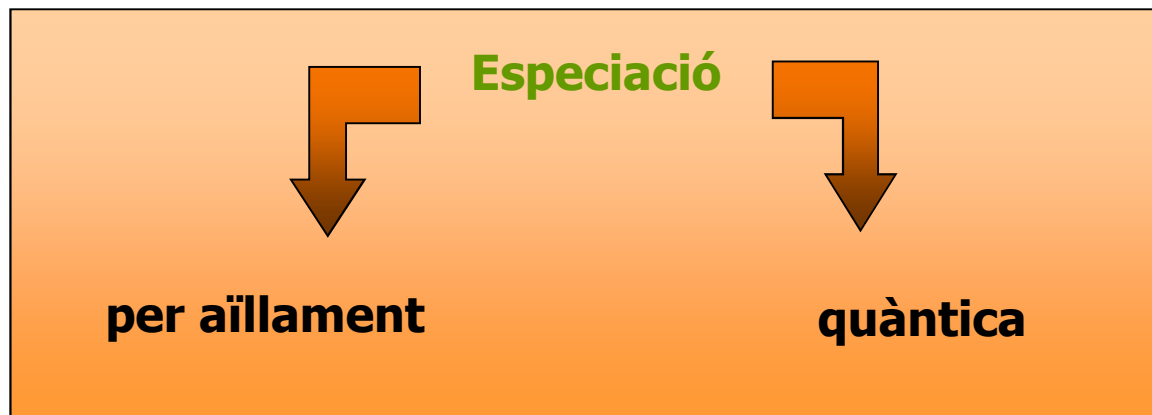
- Les espècies successives **no es formen seguint una sola línia** evolutiva a partir de l'espècie ancestral, sinó seguint dues o més línies evolutives.
- S'alternen etapes lentes anomenades **estasi**, amb etapes d'evolució ràpida anomenades **especiació**.
- La **transformació** fins a la nova espècie no es produeix en tota l'àrea inicial, sinó en **una àrea reduïda** on ha quedat aïllada una subpoblació petita.



ESPECIACIÓ

Procès evolutiu de formació de noves espècies a partir d'una espècie preexistent.

- Evolució filètica o anagènesi – Una sola línia evolutiva - Microevolució
- Cladogènesi – línies evolutives ramificades - Macroevolució

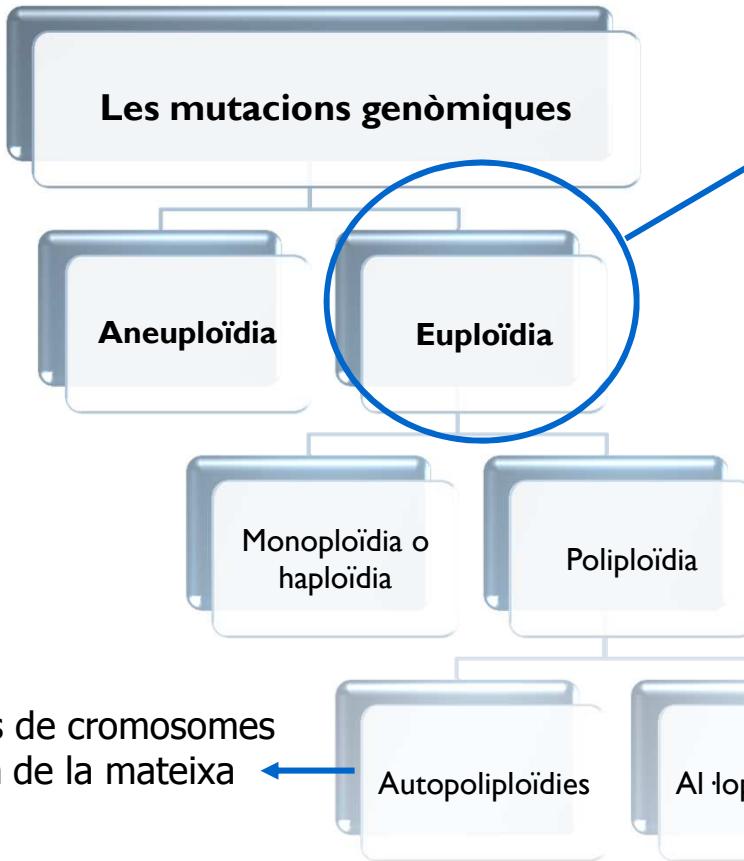
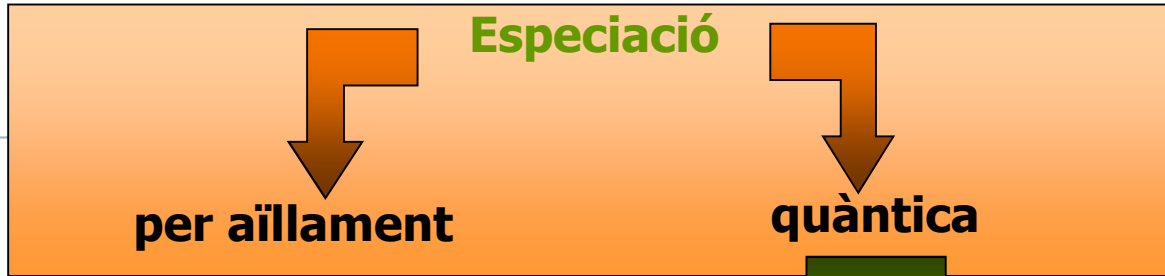


Especiació

per aïllament

quàntica

- **Especiació al·lopàtrica** → **aïllament geogràfic**
- **Especiació simpàtrica** → **barreres biològiques mecanismes d'aïllament reproductiu**
 - Prezigòtics {
 - Aïllament ecològic
 - Aïllament estacional
 - Aïllament etològic
 - Aïllament mecànic
 - Aïllament gamètic
 - Postzigòtics {
 - Inviabilitat híbrida
 - Esterilitat híbrida
 - Deteriorament híbrid



Existència de més de dos jocs complets de cromosomes.

Freqüents en plantes i rars en animals. Les formes poliploides tenen fulles i fruits més grans per la qual cosa són interessants en agricultura. El 47 % de les angiospermes que consumim.

Exemples:

Intent frustrat la *Raphanobrassica*

Procedeixen de la hibridació de dos espècies diferents.

Tots els jocs de cromosomes procedeixen de la mateixa espècie



Mutacions genòmiques: poliploidies

Cultivos poliploides: papa, banana, alfalfa
maíz, trigo

Tipos de Poliploidía

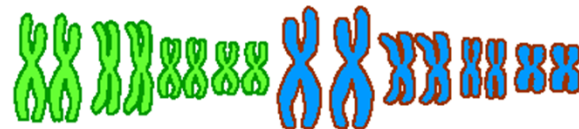
→ **AUTOPOLIPOIDES**: los juegos de cromosomas son del mismo tipo y tienen el mismo origen (misma especie).



$$2n=3x=12$$

AAA

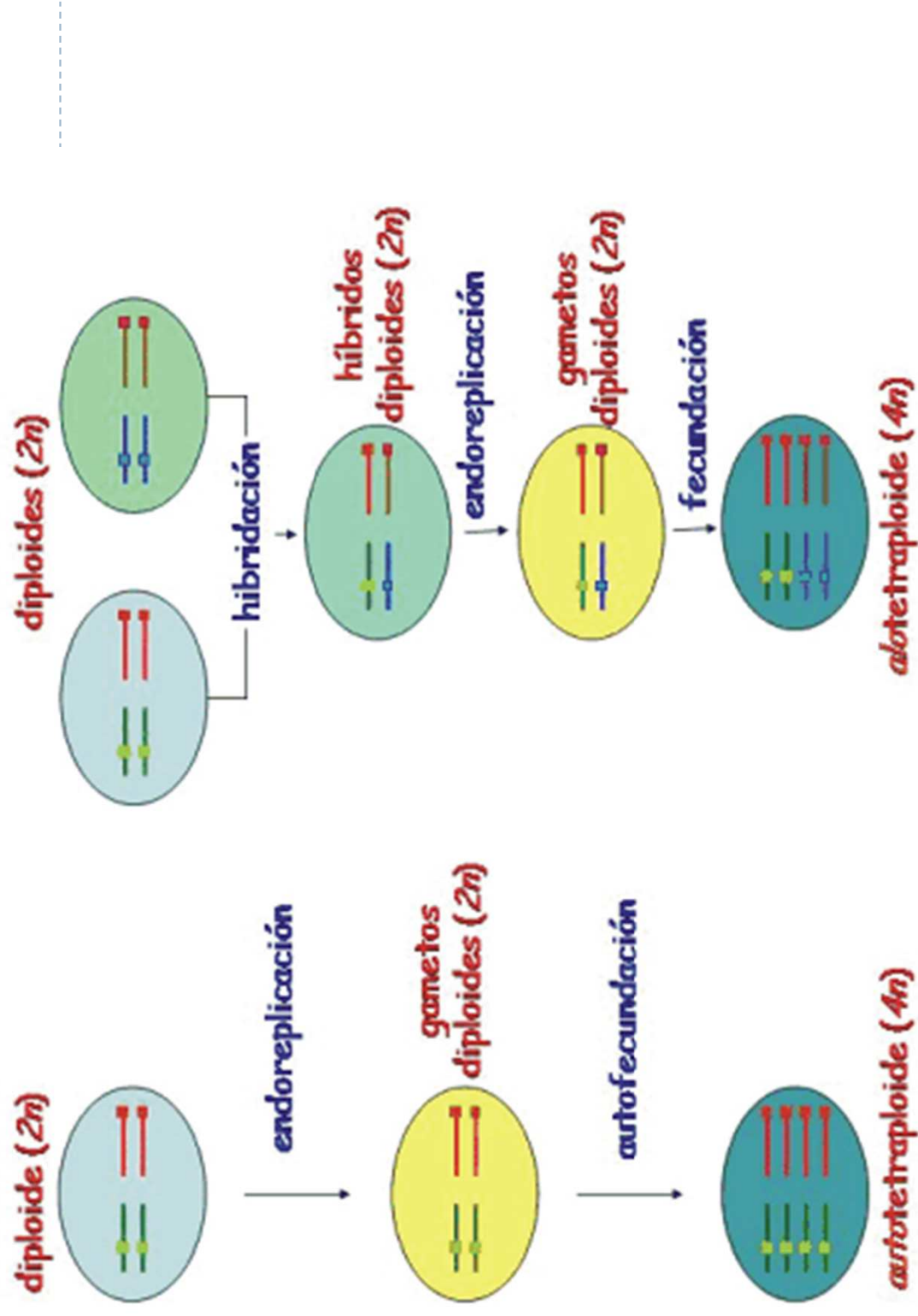
→ **ALOPOLIPOIDES**: el tipo de genomio y el origen de los mismos es diferente (especies distintas).



$$2n=4x=16$$

AABB



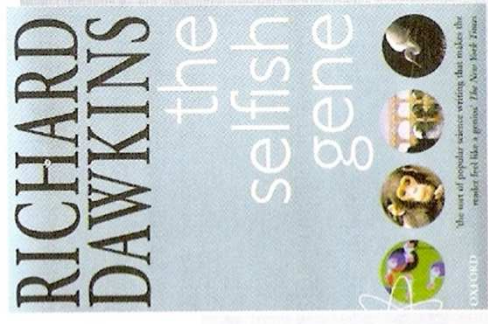


4 Altres mecanismes evolutius

Els últims descobriments en biologia i genètica molecular obren uns quants interrogants al voltant dels mecanismes que clàssicament s'han considerat des del punt de vista del neodarwinisme: les mutacions preadaptatives i la selecció natural que actua sobre aquestes. Analtitzem alguns d'aquests nous arguments:

EL GEN EGOISTA

Richard Dawkins va revolucionar les idees evolucionistes amb *El gen egoista*, on centra l'atenció en els gens com a protagonistes absoluts del fet evolutiu. Segons ell, els organismes no són més que màquines construïdes pels gens per tal d'assegurar-se la seva pròpia supervivència i multiplicació. Alguns investigadors han criticat aquesta teoria per haver oblidat la complexitat dels sistemes vius més enllà del nivell molecular. No obstant això, el comportament genètic de molts virus i l'existència dels *transposons* o *gens saltadors* (gens que poden deslligar-se de la seva ubicació habitual en els genomes) es podrien correspondre amb aquesta idea.

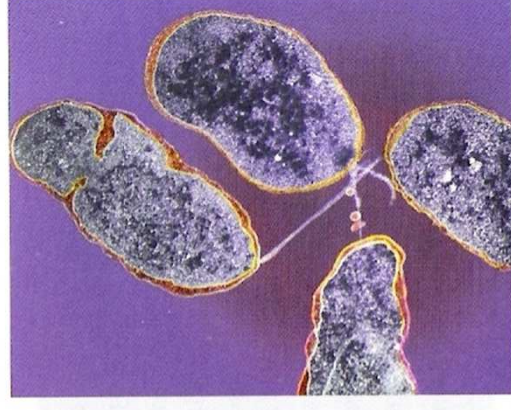


Portada de El gen egoista.

L'EVOLUCIÓ EN BACTERIS

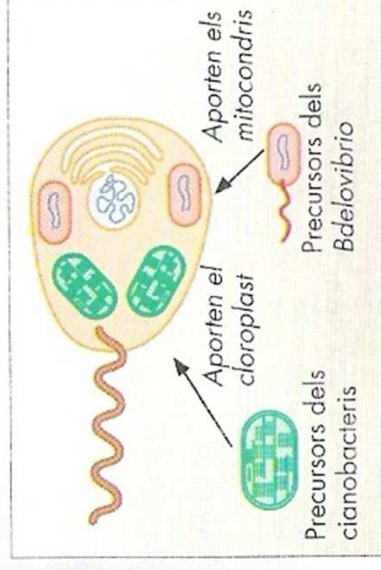
Els bacteris presenten una enorme variabilitat genètica que no sempre és deguda a mutacions, sinó en part a fenòmens de *parasexualitat* o *transmissió genètica horitzontal*, a partir dels quals s'intercanvien fragments de DNA. Això es pot produir per transformació (captació de DNA directa del medi), conjugació (intercanvi directe amb un altre bacteri) –amb la qual adquireixen sovint resistències a antibiòtics– o transducció (a partir de la infecció d'un *virus lisogènic*). D'altra banda, hi ha bacteris que tenen mutacions que alhora provoquen més mutacions, la qual cosa accelera enormement el ritme evolutiu, i sembla que *hi hagi intencionalitat en la mutació*. Els efectes extraordinaris d'aquestes mutacions «mutadores» i l'enorme capacitat replicativa dels bacteris podrien explicar aquest aparent contrast amb el neodarwinisme.

Conjugació bacteriana.



LA SIMBIOGÈNESI DE LYNN MARGULIS

Lynn Margulis dona una gran importància als bacteris en clau evolutiva, i postula la *simbiosi* a partir de diferents formes bacterianes com un dels principals mecanismes evolutius. Gairebé ningú no dubta de la *teoria endosimbiont* per explicar l'aparició de mitocondris i cloroplasts als primers eucariotes, però no sembla demostrat l'abast de la simbiosi en estadis evolutius d'éssers vius pluricel·lulars.



ELS GENS REGULADORS

Els gens reguladors del desenvolupament, els **gens Hox**, semblen poder explicar els grans canvis de morfologia apareguts a la història de la vida. Aquests gens decideixen la disposició dels diferents òrgans i estructures en invertebrats i en vertebrats. Els mateixos gens, per exemple, decideixen la ubicació de l'ala d'una mosca i d'un braç humà, amb l'única diferència que en aquests últims hi ha més còpies d'aquests gens «mestres».

Aparició dels cloroplasts i mitocondris per simbiosi bacteriana.

COMPLEXITAT I NOMBRE DE GENS

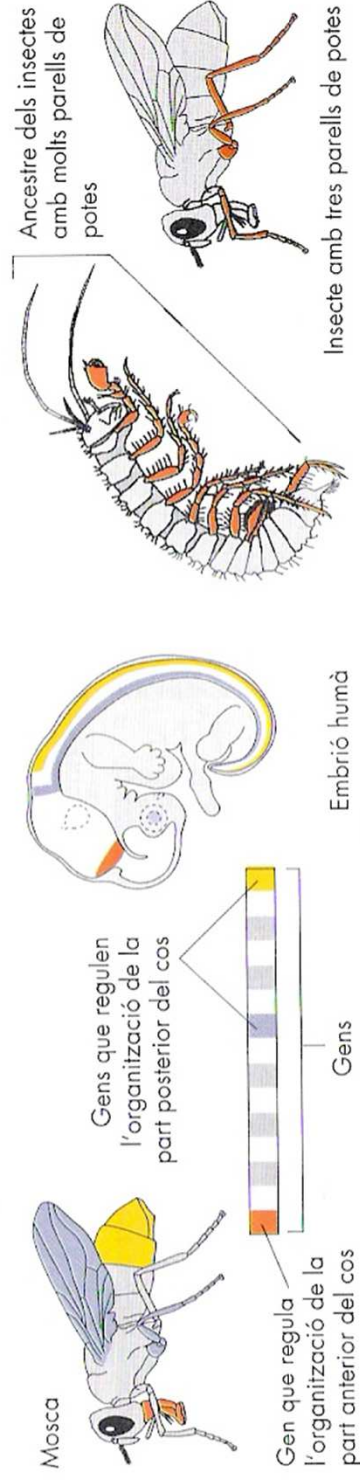
No hi ha correlació entre el nombre de gens i la complexitat de l'organisme. Per exemple, un vegetal com el blat de moro supera en nombre de gens qualsevol animal descrit fins ara. Com passa amb els gens Hox en animals, que estan duplicats, en el blat de moro hi trobem duplicats no solament un grup de gens, sinó més del 70%. Inicialment, tantes còpies són redundants, però més endavant poden acabar divergint i una de les còpies pot adquirir funcions lleugerament diferents.



Sobre gens *Hox*

S'han observat els mateixos patrons de desenvolupament en animals tan diversos com insectes, ratlins i els mateixos humans. La figura mostra una bateria de gens que es troben ordenats de forma lineal tant en el genoma de les mosques com en el dels humans. Aquests gens, anomenats *gens Hox*, dirigeixen en molts animals el desenvolupament de diferents segments de l'esquema corporal. Això ha fet pensar en l'existència d'un mecanisme de control comú del desenvolupament corporal.

Els biòlegs creuen que una simple mutació en aquests gens pot generar nous esquemes corporals, fet que corroboraria les opinions d'alguns evolucionistes sobre l'aparició sobtada i radical de nous dissenys corporals. Com que el disseny corporal dels insectes, amb tres parells de potes, s'origina en uns ancestres similars als crustacis, amb nombrosos parells de potes, s'havia d'explicar com es produïa la pèrdua d'un nombre elevat d'extremitats. Doncs bé, en les mosques s'ha identificat un gen *Hox* que suprimeix el desenvolupament de les potes. Una mutació en aquest gen, present també en el crustaci ancestral dels insectes, produiria un animal amb tres parells de potes.



1. Descrueu el paper dels gens *Hox* en el desenvolupament embrionari dels individus. Per què tenen importància evolutiva?
2. Els giràfids, com l'ocapi i la mateixa girafa, són mamífers remugants que mostren un característic allargament del coll. Utilitza els gens *Hox* per emetre una hipòtesi sobre el possible origen de l'allargament del coll d'aquestes espècies.

Drosophila melanogaster

Les poblacions de *Drosophila melanogaster* viuen en ambients força variats, un dels quals és la rodalia de fàbriques de cervesa i cellers, on la concentració d'alcohol en l'aire és força elevada. Proves de laboratori demostren que les mosques d'aquests ambients toleren l'alcohol molt millor que les procedents d'altres zones menys riques en alcohol.

Com creus que les mosques que viuen en ambients rics en alcohol s'han fet més resistents?

J. F. McDonald i els seus col·laboradors van fer-se la mateixa pregunta. Per això van investigar les bases genètiques de l'adaptació a altes concentracions d'alcohol. Una població de laboratori de *D. melanogaster* es va dividir en dues mostres. Una (S, per seleccionada) es va sotmetre a nivells progressivament més alts d'alcohol; l'altra es va utilitzar com a control (C). En la mostra S, només les mosques que sobrevivien a l'exposició a l'alcohol en cada generació podien reproduir-se. Després de 38 generacions de selecció, les mosques S eren definitivament més tolerants a l'alcohol que les mosques C. S'havia produït un fenomen d'adaptació.

Les drosòfiles metabolitzen l'alcohol a través de l'enzim alcohol deshidrogenasa (ADH), que està codificat per un gen (*Adh*) del segon cromosoma. Les proves de laboratori van demostrar que les mosques S tenien una activitat de l'enzim ADH superior a la de les mosques C; però, quan es va estudiar químicament l'enzim, no es van trobar diferències entre les mosques S i C. Els enzims ADH de les dues poblacions eren idèntics!

En canvi, es va detectar més quantitat de molècules d'enzim en les mosques S. L'adaptació de les mosques S a tolerar altes concentracions d'alcohol no va aparèixer per substitucions al·lèliques en el gen *structural Adh*, sinó per canvis en els gens *reguladors* que controlen la quantitat d'enzim ADH present en les mosques, probablement per control de la taxa de síntesi d'ADH. En sotmetre la mostra S a ambients progressivament més rics en alcohol, s'exercia una pressió selectiva que es traduïa en la supervivència de les mosques portadores de variacions genètiques en el gen regulador (variacions en la línia de permetre una taxa de síntesi d'enzim ADH superior). Els gens reguladors que controlen la quantitat d'enzim ADH estan localitzats en el tercer cromosoma, malgrat que el gen estructural estigui en el segon.

1. Per quina raó hi ha drosòfiles que poden viure en ambients amb alt contingut d'alcohol?
2. En quin tipus de gen es localitza la diferència entre drosòfiles resistents i drosòfiles sensibles? Per què?
3. En quin ambient creus que va aparèixer aquest tipus de mutació? Per què?

Coevolució

Els primers insectes van aparèixer fa uns 300 milions d'anys, però l'aparició de les angiospermes durant el període cretaci, fa uns 100 milions d'anys, va produir una important expansió i l'aparició de nous grups d'insectes, com ara les papallones, les formigues i les abelles, aquests dos últims grups amb una organització social força complexa.

Molts insectes s'alimenten de plantes, de la saba, les espores o dels fruits. Moltes flors també secreten el nèctar, líquid dolç que atrau insectes i ocells. Però les plantes també treuen profit d'aquesta relació. L'insecte penetra en la flor per arribar fins al nèctar i el pol·len s'adhereix als pèls de l'animal. Quan aquest entra en una flor de la mateixa espècie deixa anar el pol·len i es produeix la fertilització a través del tub pol·línic.

Les formes i els colors vius de les flors serveixen per atraure els insectes, la situació dels òrgans reproductors i dels òrgans productors de nèctar al centre de la flor facilita la pol·linització encruada. És un fet comprovat que les abelles poden distingir colors. Algunes plantes i alguns insectes es necessiten mútuament i evolucionen de manera paral·lela, per això es diu que hi ha una *coevolució* entre aquestes espècies.

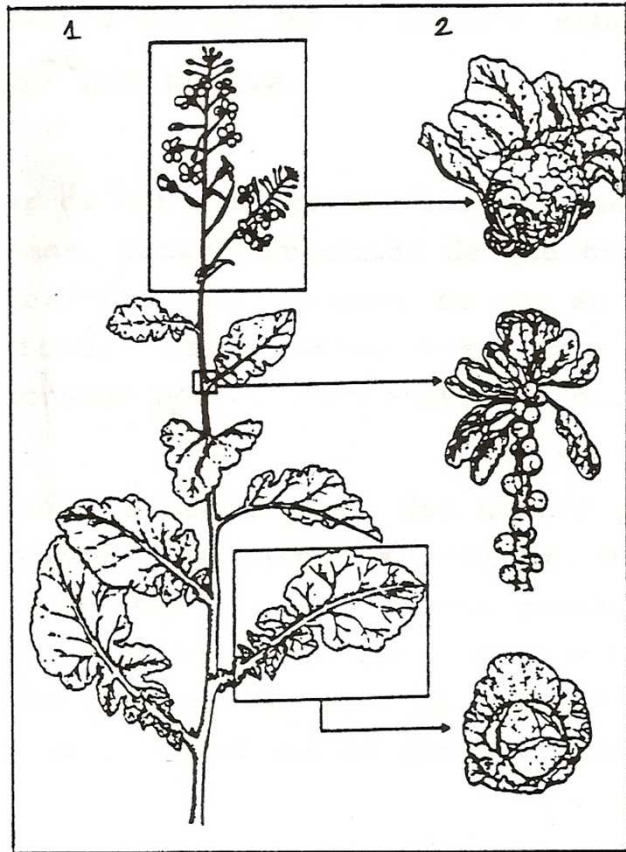


1. Quin avantatge suposa per a una planta tenir unes flors amb pètals de colors vius? Què proporciona la planta a l'insecte?
2. Per què la coevolució és un exemple de selecció direccional?

Evolució artificial



Evolució artificial

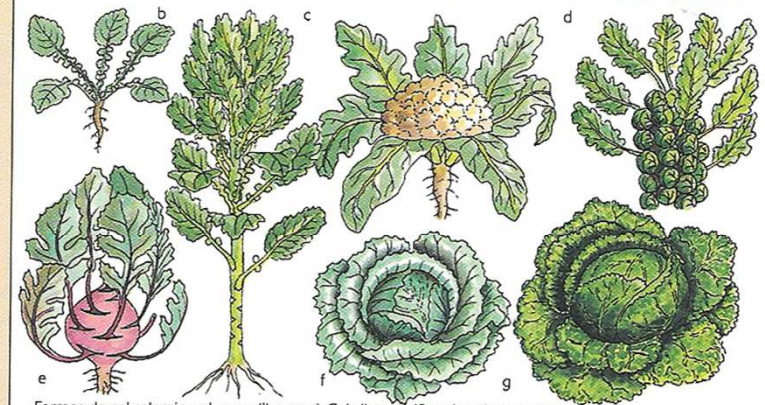


DOCUMENT

Selecció artificial

Charles Darwin va utilitzar les varietats de plantes de conreu i d'animals domesticats per desenvolupar la seva idea de selecció natural. Aquí tenim un text original en què en fa referència.

«Quan observem els individus de la mateixa varietat o subvarietat de les nostres plantes de conreu i dels nostres animals domesticats des de ja fa molt de temps, un dels primers detalls que ens sorprenen és que difereixen molt més entre si que els individus de qualsevol espècie o varietat en estat silvestre. Crec que hem de concloure que aquesta més gran variabilitat és simplement conseqüència del fet que han estat exposades a condicions de vida menys uniformes que en estat salvatge [...]. Un dels trets més notables de les nostres races domesticades és que veiem en elles adaptació, no pel bé de l'animal, sinó per utilitat o caprici de l'home. No podem suposar que totes les races es van produir de sobte tan perfectes i útils. La clau és la capacitat que té l'home per a la selecció acumulativa: l'home acumula les variacions successives en direccions que li són d'utilitat. Qualsevol animal que fos particularment útil per a algun propòsit especial seria preservat amb cura durant períodes de condicions precàries que tan sovint pateixen les varietats salvatges i, per tant, deixarien més progènie.»



Formes de col seleccionades per l'home: a) Col silvestre (*Brassica oleracea* var. *oleracea*). b) Col ferratgera (var. *viridis*). c) Coliflor (var. *botrytis*). d) Col de Brussel·les (var. *gemmifera*). e) Col-rabe (var. *gongyloides*). f) Col blanca i llombarda (var. *capitata*). g) Col arissada (var. *sabauda*).

1. Quins trets distingirien la «selecció artificial» de la «selecció natural»? Comenta-ho.
2. Posa tres exemples coneguts de selecció artificial. Escull en cada cas un caràcter i explica com creus que s'han aconseguit.

Evolució artificial



Brassica oleracea



Brocoli



Coliflor



Repollo crespo



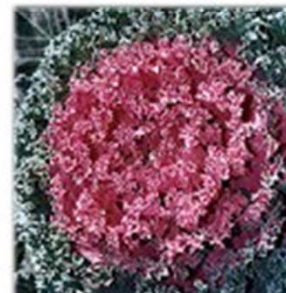
Bruselas



Rabanocol




Repollo



Kale

Seleccin
artificial





**Genètica de
poblacions**

La genètica de les poblacions

APLICACIÓ

Càlcul de freqüències gèniques i genotípiques a la flor de nit

Anomenem C^v l'al·lel que determina el color vermell als pètals de la flor, i C^b l'al·lel que hi determina el color blanc. Observem que tenim 40 plantes en total i, per tant, tenim 80 al·lells que codifiquen per al color dels pètals en ser un organisme diploide. Aquest és un cas d'*herència intermèdia* i, per tant, els genotips possibles per al color dels pètals seran:

C^vC^v = pètals vermells; C^bC^b = pètals blancs; C^vC^b = pètals roses

Freqüències genotípiques	
Genotip C^vC^v	$= \frac{10}{40} = 0,25$ o un 25%
Genotip C^bC^b	$= \frac{10}{40} = 0,25$ o un 25%
Genotip C^vC^b	$= \frac{20}{40} = 0,50$ o un 50%
Freqüències gèniques o al·lèliques	
Gen o al·lel C^v	$= \frac{10 \times 2 + 20}{80} = 0,50$ o un 50%
Gen o al·lel C^b	$= \frac{10 \times 2 + 20}{80} = 0,50$ o un 50%



Quan creuem dos heterozigots C^vC^b , obtenim unes proporcions genotípiques d' $\frac{1}{4} C^vC^v$, $\frac{1}{4} C^bC^b$ i $\frac{1}{2} C^vC^b$, amb el doble de proporció dels heterozigots.

Observa, a partir de l'exemple, que les freqüències genotípiques dels homozigots s'obtenen elevat al quadrat les freqüències gèniques o al·lèliques respectives. En canvi, la freqüència genotípica de l'heterozigot s'obté multiplicant per 2 el producte de les freqüències gèniques o al·lèliques respectives. La suma de totes les freqüències al·lèliques o bé genotípiques entre si sempre suma 1.

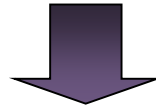
Suposem que en una població determinada hi ha dos al·lells, R i r , per a un determinat caràcter. R és dominant sobre r , de manera que, si encreuem dos heterozigots Rr , obtindrem una descendència RR , rr o bé Rr amb unes probabilitats respectives d' $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{4}$ i $\frac{1}{2}$. Sabem que la freqüència del genotip recessiu (rr) és 0,09, i la del genotip dominant (RR) és 0,19. Basant-te en l'exemple de la flor de nit, contesta les preguntes següents: ⁵¹

1. Quina serà la freqüència del genotip heterozigòtic, Rr , en la població?
2. Quines són les freqüències gèniques o al·lèliques de R i de r ? Justifica-ho en cada cas.

- ✓ Freqüències fenotípiques
- ✓ Freqüències genotípiques
- ✓ Freqüències gèniques o al·lèliques

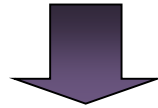
Llei de Hardy i Weinberg

En una població d'organismes amb reproducció sexual, en la qual tots els individus s'encreuen a l'atzar (població panmíctica o demo), i en la qual no hi ha mutacions, ni migracions, ni deriva genètica, ni actua la selecció, les freqüències gèniques i genotípiques es mantenen constants de generació en generació



Llei de Hardy i Weinberg

En una població d'organismes amb reproducció sexual, en la qual tots els individus s'encreuen a l'atzar (població panmíctica o demo), i en la qual no hi ha mutacions, ni migracions, ni deriva genètica, ni actua la selecció, les freqüències gèniques i genotípiques es mantenen constants de generació en generació



Si les freqüències gèniques i genotípiques no es mantenen constants.



EVOLUCIÓ

Definim evolució com el canvi en les freqüències gèniques o al·lèliques d'una població.

- ✓ Les mutacions
- ✓ Les migracions
- ✓ La deriva genètica
- ✓ La selecció natural



MUTACIONS

- ▶ A l'atzar
- ▶ Preadaptatives



Cucurbita sp.



GUÍA

Variabilidad intraespecífica
de las conchas del género
IBERUS Montfort, 1810 del sur
de la Península Ibérica



ConchBooks

Dr. José Lléter Gallego



www.iberus-shells.com
www.elrincondelmalacologo.com

MIGRACIONES

- ▶ Emigracions
- ▶ Immigracions
- ▶ Flux genètic



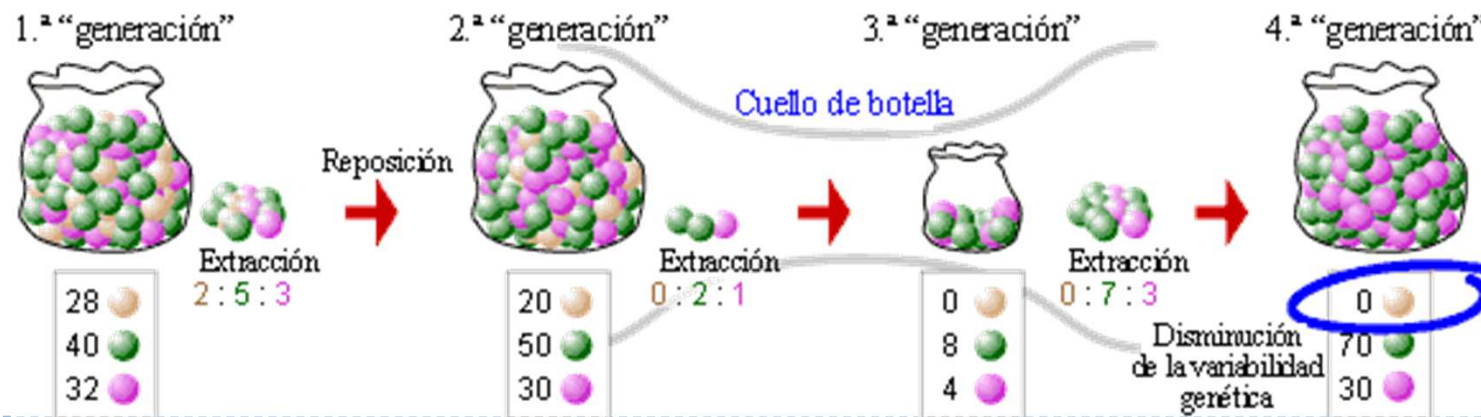
Deriva genètica

- ▶ Poblacions molt petites
- ▶ Efecte fundador
- ▶ Efecte coll d'ampolla

Los elefantes marinos del norte tienen poca variabilidad genética, probablemente, por un cuello de botella por el que les hicieron pasar los hombres en la década de 1890. La caza hizo disminuir el censo poblacional hasta tan sólo 20 individuos a finales del siglo XIX. Desde entonces, su población ha «rebotado» hasta más de 30 000, pero sus genes todavía llevan las señales de ese cuello de botella: su variabilidad genética es mucho menor que la de una población de elefantes marinos del sur que no sufrió una caza tan intensa.



Entre els amish de Lancaster (Pensilvania), està present amb freqüència un gen escàsissim en la resta de la població mundial, que en homozigosi provoca nanismo i polidactilia. Desde que es va fundar al 1770, ha presentat un porcentaje molt alt d'aquesta malaltia, el 13% porta o manifesta el gen afectat, ja que dels 12 individus fundadors, uno d'ells era portador.



Selecció natural

Hi ha tres tipus:

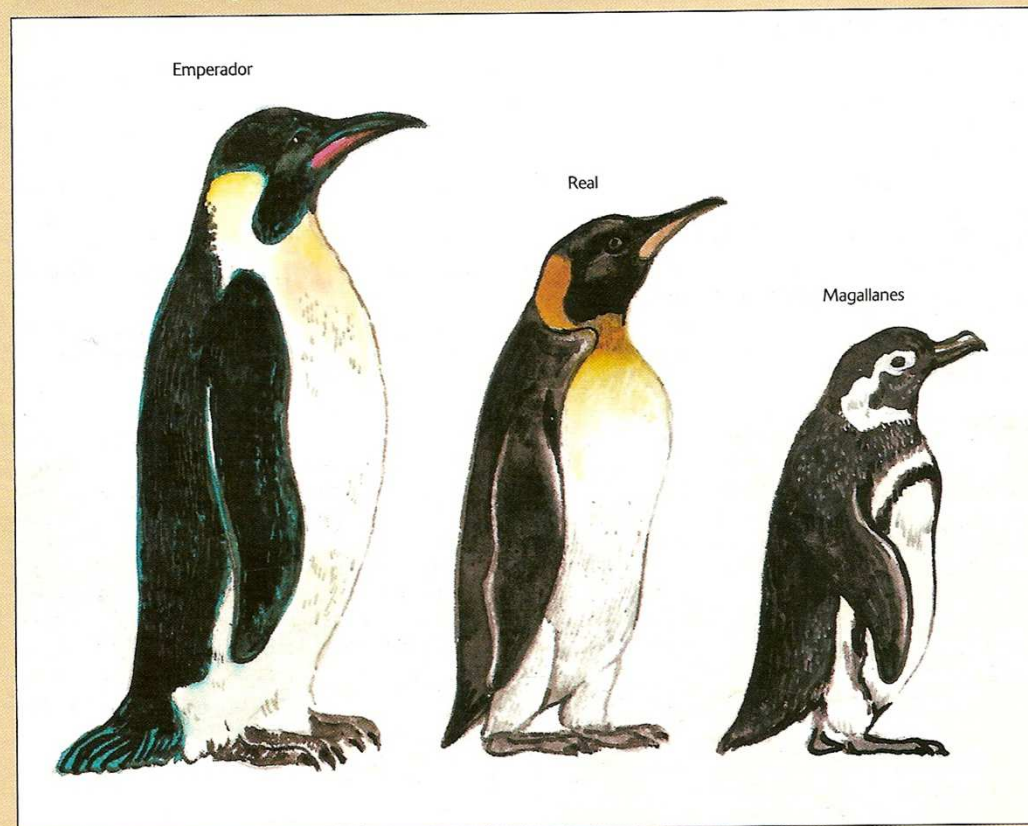
- **Selecció direccional** – S'af
- **Selecció disruptiva** – S'af
- **Selecció estabilitzadora** –

INTERPRETACIÓ

Grandària i adaptació en els pingüins

S'ha observat que els animals que viuen a latituds més fredes tendeixen a ser més grossos que no pas els que viuen a latituds més càlides. Els més grossos exposen una superfície més petita per unitat de volum.

Els pingüins són animals de sang calenta, i la seva capacitat de supervivència depèn de la seva capacitat de mantenir l'escalfor que generen gràcies al seu metabolisme cel·lular.



1. Penses que el fet de ser més grossos afavoreix els pingüins que viuen en ambients més freds? Per què?
2. Com pots explicar-ho des del punt de vista evolutiu? Suposa que l'avantpassat d'aquestes tres espècies fos un pingüí de mida relativament petita.

Selecció natural

Hi ha tres tipus:

- **Selecció direccional** –

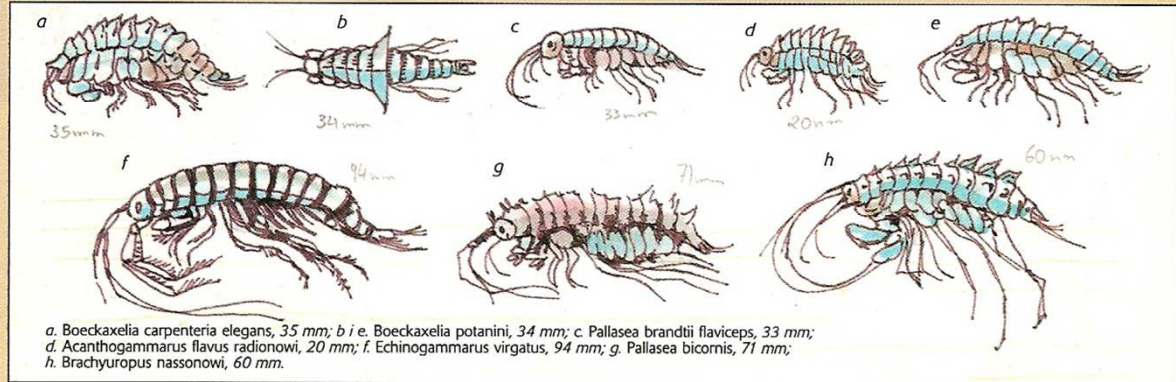
- **Selecció disruptiva** –

- **Selecció estabilitzada**

Es dona gràcies a la superioritat de

INTERPRETACIÓ

Els llacs són medis on s'observa un procés actiu d'especiació. El nombre d'espècies depèn directament de l'antiguitat del medi lacustre. La major part dels llacs actuals són recents, d'origen glacial; a aquest fet s'atribueix que siguin relativament pobres en espècies. No obstant això, llacs com ara el Baikal, d'origen molt antic, contenen una vida més diversificada. En concret, el 90% de les espècies estudiades al Baikal són endèmiques, pròpies del llac. Un exemple el tenim en els *amfípodes*, un tipus de crustaci sense closca amb el cos allargat i deprimat lateralment. D'aquests, hi ha moltes espècies exclusives d'aquest llac, molt antigues, que tenen de particular la gran diversificació respecte d'altres amfípodes d'aigües dolces. Observa la figura següent:



1. Classifica les diferents espècies d'amfípodes en dos grups diferents en funció de la seva mida.
2. Creus que totes les espècies d'amfípodes del llac Baikal provenen d'una sola espècie inicial? Per què?
3. A partir del que es comenta al text, creus coherent pensar que en aquest cas ha actuat la selecció disruptiva? Raona-ho.

Selecció natural

Hi ha tres tipus:

- **Selecció direccional** – S'afavoreix un fenotip extrem

- **Selecció disruptiva**

- **Selecció estabilitzadora**

Es dona gràcies a la superioritat

INTERPRETACIÓ



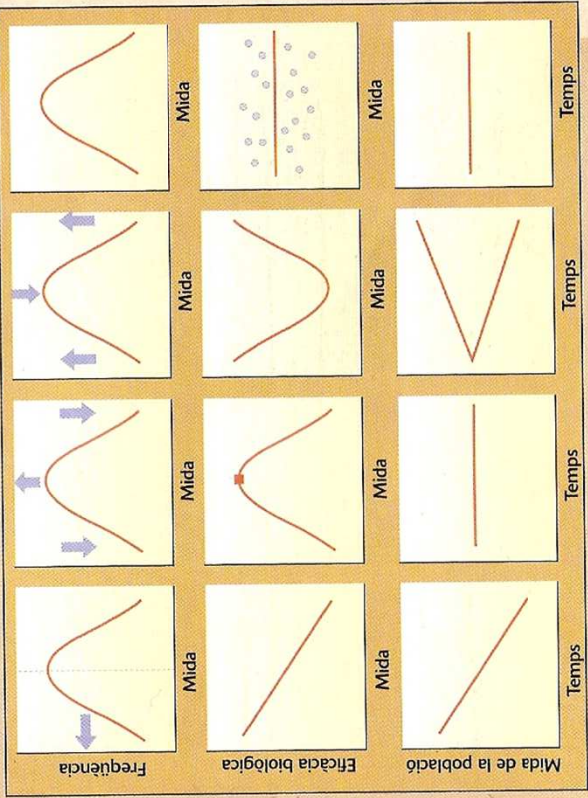
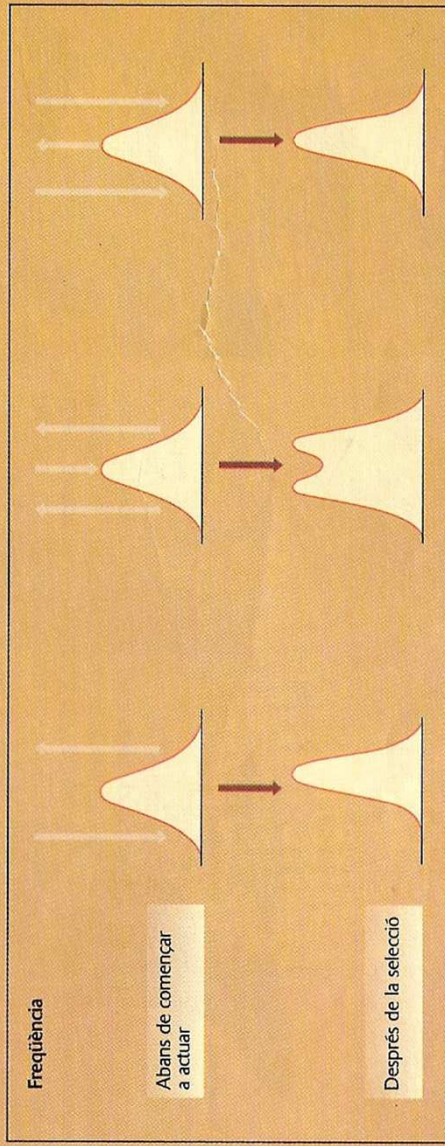
A començament de segle, els genetistes es preguntaven si les variacions en les mides de certes espècies (variacions quantitatives) eren hereditàries i, en cas de ser-ho, si s'heretaven d'acord amb les lleis de Mendel. Van concloure que les variacions quantitatives eren degudes, d'una banda, a la influència de l'ambient i, de l'altra, a les diferències genètiques. Per determinar aquestes últimes, se sap que hi ha diversos gens implicats, cadascun dels quals produeix un petit efecte que, en conjunt, origina el fenotip final. Aquest és el cas de la mida de la panotxa del blat de moro.

Observa la taula següent de freqüències:

Longitud de la panotxa	Freqüència absoluta	Freqüència (%)
12,5-13,5	3	3,03
13,5-14,5	11	11,1
14,5-15,4	12	12,1
15,5-16,5	14	14,1
16,5-17,5	26	26,3
17,5-18,5	14	14,1
18,5-19,5	10	10,1
19,5-20,5	7	7,1
20,5-21,5	2	2,1

1. Omple la columna de freqüències relatives en %.
2. Representa les dades de la taula en un histograma.
3. A partir del gràfic, ¿pots concloure que en aquest cas hi ha un polimorfisme equilibrat? Per què?

1. Interpreta els gràfics següents i associa'ls a cada tipus de selecció.



1. Observa les sèries de gràfics a, b, c i d. Tres sèries representen com actua la selecció natural sobre el caràcter «grandària dels individus» en diferents poblacions al llarg del temps. L'altra representa una població sobre la qual no actua la selecció.

 - a) Assigna a cada sèrie el tipus de selecció que actua modificant les poblacions i interpreta cadascun dels gràfics. Justifica la teva resposta.
 - b) En quina sèrie de gràfics no actua la selecció natural? Justifica-ho.
2. Observa aquestes tres fotografies i interpreta com aquests tres éssers vius poden haver adquirit els caràcters següents:

 - a) Ales curtes de l'estruc.
 - b) Color blanc de l'ós polar.
 - c) Curvatura del bec de l'àguila reial.



Eficàcia biològica W

L'èxit d'un genotip que perdura a través de generacions i en un ambient determinat.

- Els portadors d'aquest genotip arriben amb més facilitat a l'edat adulta
- És reproduïen amb més efectivitat.

$W = \text{Freqüència del genotip en la població final} / \text{Freqüència del genotip en la població inicial}$

$W > 1$ Ha resultat seleccionada positivament. Per calcular S el valor màxim de W serà 1.

$W = 1$ No hi ha hagut selecció

$W < 1$ Ha resultat seleccionada negativament



Coeficient de selecció S

Reducció d'eficàcia biològica d'un genotip.

Normalment és un número molt petit

$$S = 1 - W$$

S > 0 L'eficàcia biològica està reduïda, és a dir el fenotip es seleccionat negativament. Màxim valor de S és 1 (genotip letal).

S = 0 No hi ha reducció d'eficàcia biològica, és a dir el fenotip és neutre o es selecciona positivament



Variabilitat en els clapats dels ous d'un ocell



Ous llisos detectats i eliminats pels depredadors
>40%

Ous clapats nomès ho són en un 40%

Coeficient de selecció **S = 0,4**

Valor adaptatiu **W = 1 - S = 0,6**

La mutació i la selecció tenen accions antagòniques.

Mutació ➡ nous al·lels

Selecció ➡ Elimina els al·lels menys aptes

1. Variabilitat de la descendència



2. Selecció natural



ADAPTACIÓ

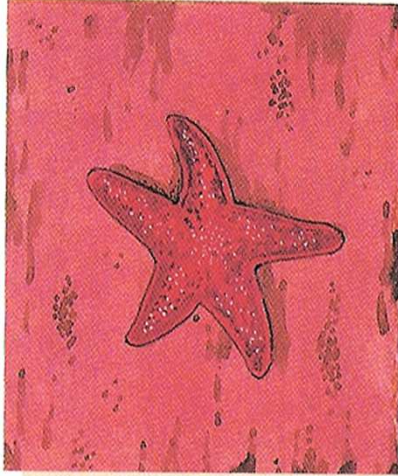
Les freqüències gèniques són el resultat de l'equilibri entre la mutació i la selecció.

Com la taxa de mutació són baixes 10^{-5} valors de S molt alts poden eliminar totalment un al·lel



INTERPRETACIÓ

Imagina l'existència d'una espècie d'estrella de mar (un equinoderm) que basa la seva supervivència en la capacitat de camuflar-se en un fons fangós argilós, amb una tonalitat vermelloso. Les estrelles que tenen un color vermellós, semblant al del fang, passen desapercebudes i poden apropar-se i atrapar eficaçment les seves preses (garotes, holotúries). Suposem que una determinada mutació els fa desaparèixer el color vermell, llavors són visibles per les seves víctimes i pels seus depredadors. Aquesta característica està determinada per un parell d'al·lels, que presenten una relació de dominància: R és dominant i comporta l'aparició de color vermell; r és recessiu i comporta l'absència de color vermell.



1. Quin significat biològic tenen els valors següents: $W > 1$, $W < 1$ i $W = 1$
2. Pensa algun cas en què S sigui igual a 1 per a algun tipus d'al·lel.

	RR	Rr	rr
Freqüència en la població inicial	83	165	75
Freqüència en la població final	92	181	60

1. Calcula l'eficàcia biològica de cadascun dels genotips i explica'n el significat.
2. Calcula el coeficient de selecció de cada genotip i explica'n el significat.
3. Calcula les freqüències al·lèliques de R i r , inicials i finals. Compara-les i explica'n el significat.

DOCUMENT

Malalties gèniques en l'espècie humana i eficàcia biològica

La *malaltia de Tay-Sachs* és una malaltia humana produïda per un al·lel recessiu autosòmic. Aquest mal origina l'acumulació d'uns lípids complexos anomenats gangliòsids a les cèl·lules del sistema nerviós central, fet que porta a una degeneració mental completa, ceguesa i mort prematura abans d'arribar a l'edat reproductiva. La incidència d'aquesta malaltia en els nadons és d'1 per cada 10 milions de naixements aproximadament.

Un tipus de nanisme anomenat *acndroplàsia* es produeix per una mutació d'un gen al braç més curt del cromosoma quatre. Aquest gen regula la síntesi d'una proteïna receptora del factor de creixement dels fibroblasts. Sense aquesta proteïna, les cèl·lules encarregades de fer créixer els ossos llargs no funcionen bé, i aquests no es desenvolupen correctament. Un de cada 20.000 nadons presenta aquesta alteració.

Les persones que pateixen l'*acndroplàsia* poden arribar a l'edat adulta, però es poden reproduir en terme mitjà únicament amb un 20% de l'eficàcia biològica dels individus no *acndroplàsics* (que és considerada igual a 1).

1. Quina és l'eficàcia biològica dels malalts de Tay-Sachs? I el coeficient de selecció (S)?
2. Quina és l'eficàcia biològica dels nans *acndroplàsics*? I el coeficient de selecció?
3. Com expliquem el fet que tot i que els malalts de Tay-Sachs no poden reproduir-se, el gen que provoca aquesta malaltia continuï apareixent en les poblacions humanes amb freqüències molt baixes?