

Les proves de l'evolució

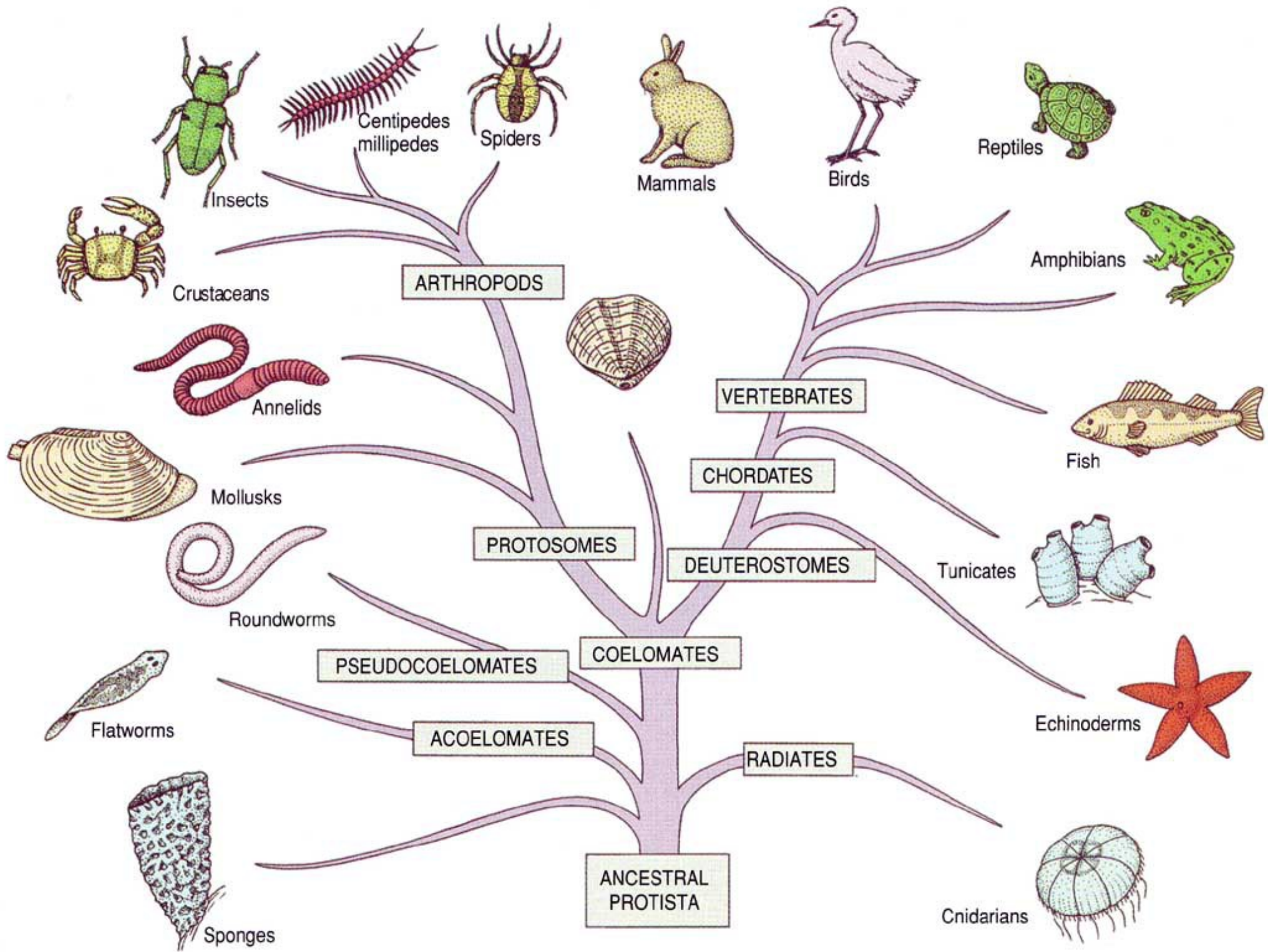
- Segons les teories evolucionistes, la raó de la semblança entre espècies és l'existència d'un avantpassat comú.
- Les proves de l'evolució mostren que les espècies estan relacionades.

- ✓ Proves taxonòmiques
- ✓ Proves paleontològiques
- ✓ Proves biogeogràfiques
- ✓ Proves anatòmiques
- ✓ Proves moleculars
- ✓ Proves embriològiques
- ✓ Proves serològiques

Proves taxonòmiques

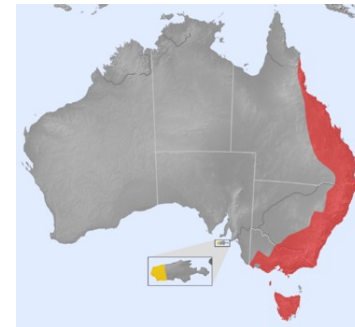
- El fet que les espècies es puguin englobar en **diferents taxons** (*espècie, gènere, família, ordre, classe, fílum i regne*) d'acord amb les semblances entre ells mostra que comparteixen un **avantpassat comú**, és a dir que tots procedeixen d'una mateixa espècie més o menys llunyana en el temps.

(L'existència de semblances entre espècies queda millor explicada per un procés evolutiu que no pas per un procés de creació independent de les espècies)



- **L'existència de formes intermèdies entre 2 taxons**, queda millor explicada per un procés evolutiu que no pas per un procés de creació independent.

Per exemple l'ornitorinc, amb característiques intermèdies entre rèptils, aus (ovípars, amb bec, verinosos, potes amb membranes) i mamífers (te pèl, produeix llet i alleta les seves cries)



L'ornitorinc (*Ornithorhynchus anatinus*) és un mamífer semiaquàtic endèmic de l'est d'Austràlia, incloent-hi Tasmània. Juntament amb les quatre espècies d'equidna, és una de les cinc espècies vivents de monotremes, els únics mamífers que ponen ous en lloc de donar a llum cries vives. És l'únic representant viu de la seva família (*Ornithorhynchidae*) i el seu gènere (*Ornithorhynchus*), tot i que s'han trobat espècies relacionades al registre fòssil.

Proves paleontològiques: l'estudi dels fòssils

- Moltes de les proves de que les espècies canvien ens les aporten els fòssils: el concepte d'evolució està lligat a les troballes de fòssils.
- En general, els fòssils més similars a les formes de vida actuals es troben en les capes de roca més jove, mentre que molts fòssils que sols es semblen remotament a la vida en l'actualitat es troben en les capes més antigues.
- Basant-se en aquestes troballes els naturalistes afirmen que les espècies canvien amb el temps, essent la selecció natural, la força conductora d'aquests canvis.

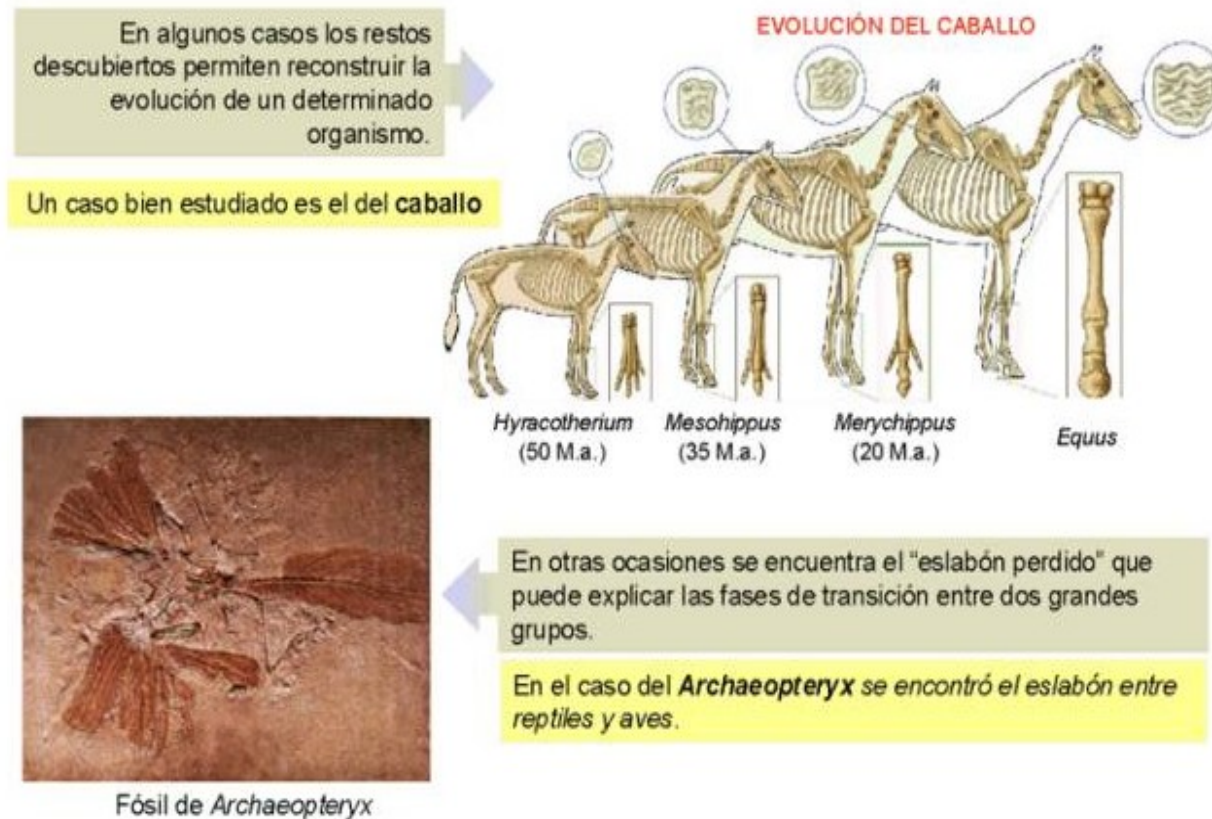


Un esquelet gairebé complet d'un fòssil d'au de transició, fou descobert a la Xina i donat a conèixer el 2006.

- L'estudi dels fòssils revela que des de les èpoques més antigues a les més modernes hi ha hagut un **augment de la diversitat d'espècies i un augment de la complexitat estructural dels organismes**, com si de cada espècie ancestral haguessin sorgit unes quantes espècies diferents, i com si de cada òrgan primitiu simple hagués derivat un òrgan modern més complex.

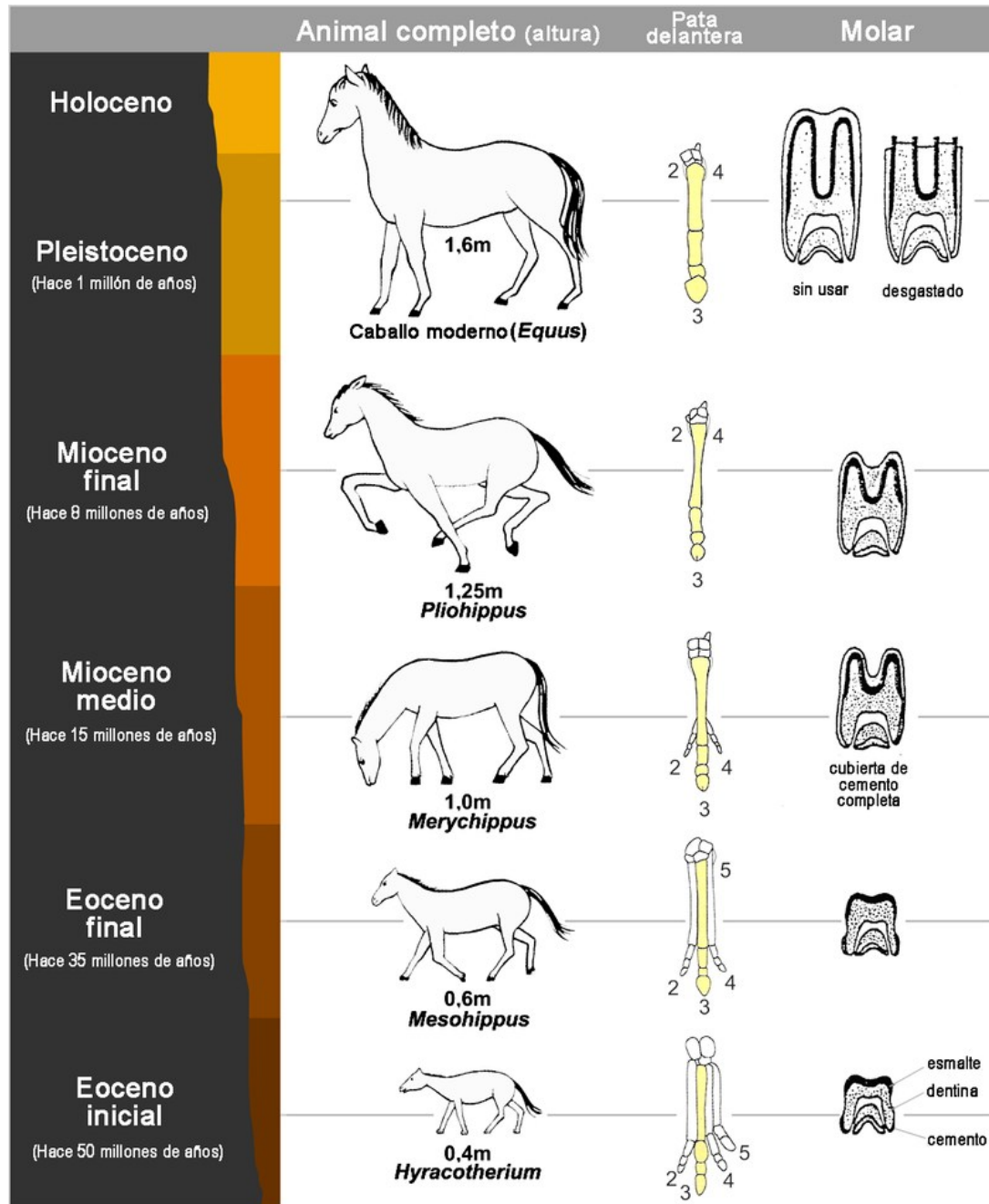
(Si totes les espècies haguessin aparegut per creació, llavors, com a conseqüència de les extincions, cada cop hi hauria menys espècies..., i, si hi hagués hagut més d'una creació, llavors les noves espècies no tindrien perquè tenir estructures més complexes que les espècies anteriors com normalment passa.)

- El **registre fòssil** ens mostra que, molt tipus d'organismes ja extingits, van ser molt diferents a les formes actuals. Tot i que en molts casos aquest registre està incomplet, en d'altres ens mostra la successió d'organismes en el temps i també els estadis intermedis en la transició d'una forma a una altra.



Exemple:

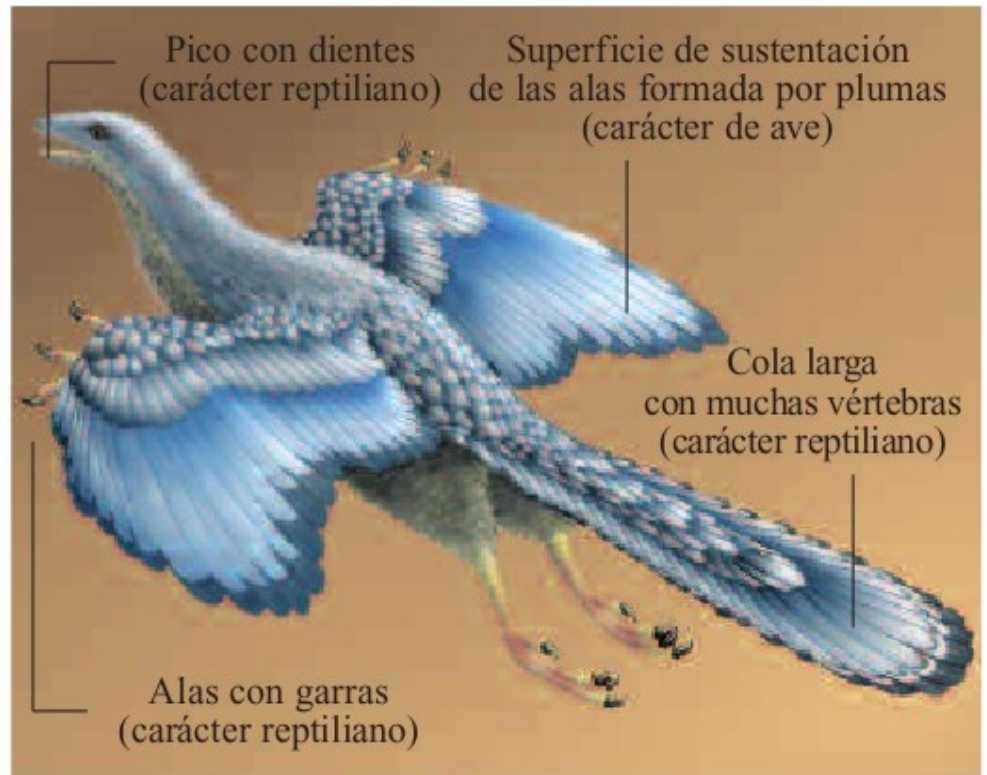
transició entre els gèneres de la família dels cavalls (Èquids)



El registre fòssil comença amb ***Hyracotherium***, de la grandària d'un gos, amb quatre dits a les potes i amb una dentició pròpia per a brostejar, que apareix fa 50 milions d'anys, i finalitza amb ***Equus***, el cavall actual, molt més gran, amb un sol dit a cada pota i amb dentició pròpia per pastar.

Es conserven moltes formes intermèdies (*Mesohippus*, *Pliohippus* ...) així com altres formes que van evolucionar cap a altres branques que no han deixat descendents actuals.

- També s'han trobat fòssils amb característiques anatòmiques intermèdies entre determinades espècies com ***Archaeopteris*** amb trets intermedis entre els rèptils i els ocells (dents i cua com els rèptils i ales amb plomes com les aus).



Restos y reconstrucción imaginaria del Archaeopteryx.

Proves biogeogràfiques

- Es basa en l'observació de que com més aïllades i allunyades estan entre sí dues zones geogràfiques, més diferències s'observen entre la seva fauna i flora. Aquestes diferències no tindrien perquè donar-se si les espècies foren creades de forma independent.
- La realitat biogeogràfica queda millor explicada si s'accepta que les espècies han sorgit per evolució a partir d'una primera espècie que ha anat colonitzant les zones pròximes i les poblacions han quedat aïllades.



Lleopard



Jaguar

Proves biogeogràfiques: el lleopard (*Panthera pardus*) que viu a l'Àfrica i l'Àsia, comparteix avantpassats comuns amb el jaguar (*Panthera onca*) que viu a Amèrica del Sud. L'espècie antecessora va viure abans que les dues masses continentals se separessin.



Platirins



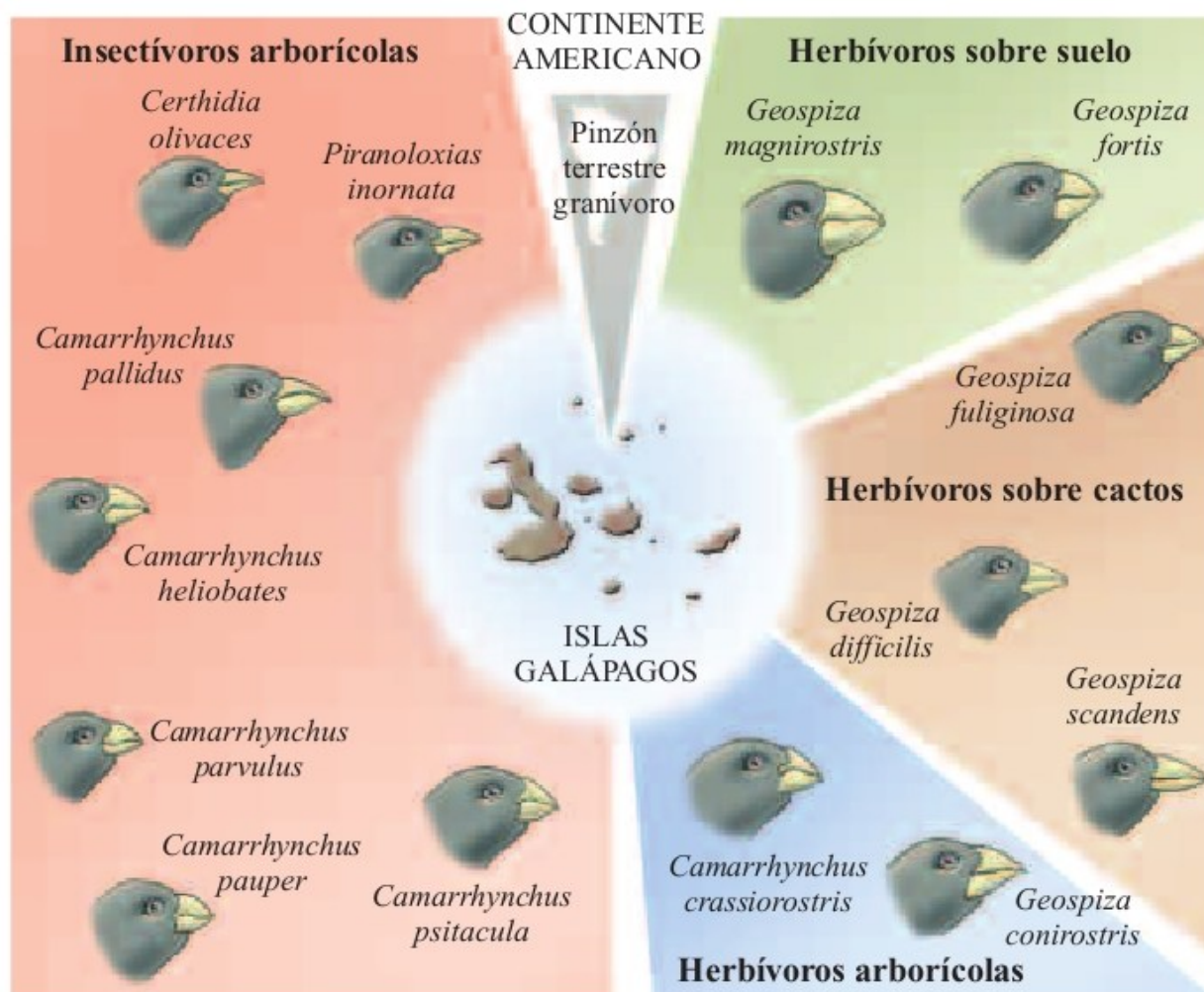
Catarins



Proves biogeogràfiques: tots els micos de l'Amèrica Central i del Sud (platirins) s'assemblen molt més entre ells que no pas amb els micos africans (catarins), perquè ambdós grups van evolucionar de manera diferencial en separa-se els continents, tot i que es troben relacionats.

L'elevada diversitat d'espècies que es troba en alguns arxipelags d'origen volcànic s'explica fàcilment per mecanismes evolutius.

Les illes volcàniques estan inicialment desproveïdes de vida i són colonitzades per plantes i animals procedents d'un continent proper. Les espècies que arriben, troben nombrosos ambients o nítxos ecològics desocupats, sense competidors ni depredadors. Com a conseqüència, aquestes espècies es multipliquen i diversifiquen amb rapidesa donant lloc al que s'anomena **radiació adaptativa** o **evolució divergent**.



Efecte de la insularitat en els pinsans de les illes Galàpagos: espècies similars entre elles però clarament diferenciades.

Darwin explica l'aparició d'aquests pinsans a partir d'una primera espècie de pinsà procedent de les costes d'Equador, els descendents de la qual es van anar adaptant als diferents tipus d'aliments i d'ambients que hi havia en cadascuna de les illes volcàniques.

Pruebas biogeográficas



Equidna



Ornitorrinco



Lobo marsupial (extinguido)



Diablo de Tasmania

La extraña fauna de Australia refleja su aislamiento evolutivo del resto de continentes. Las especies de mamíferos evolucionaron independientemente de otras partes del mundo. Esto es una prueba biogeográfica más de la evolución.



Koala

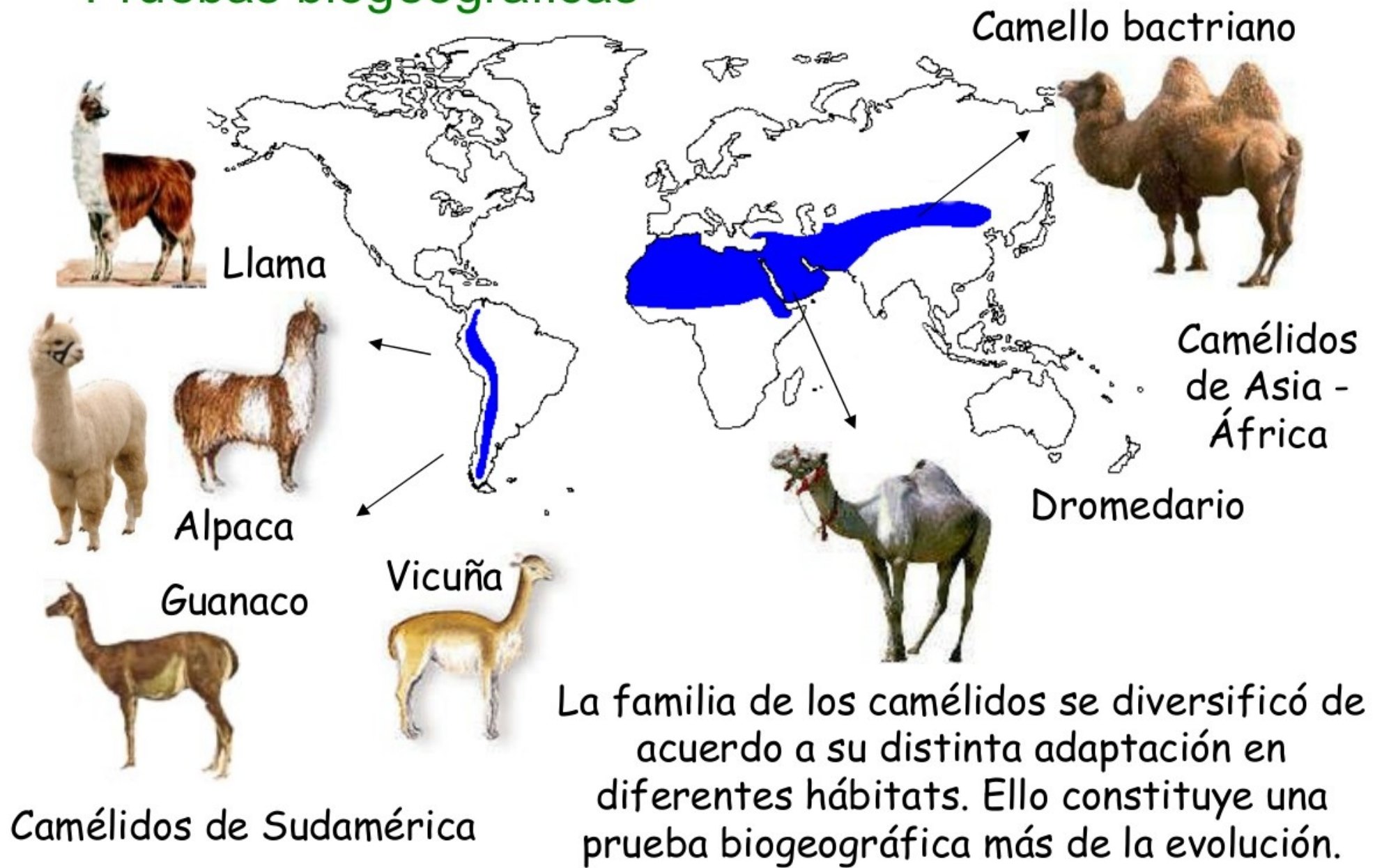


Canguro rojo



Wallaby

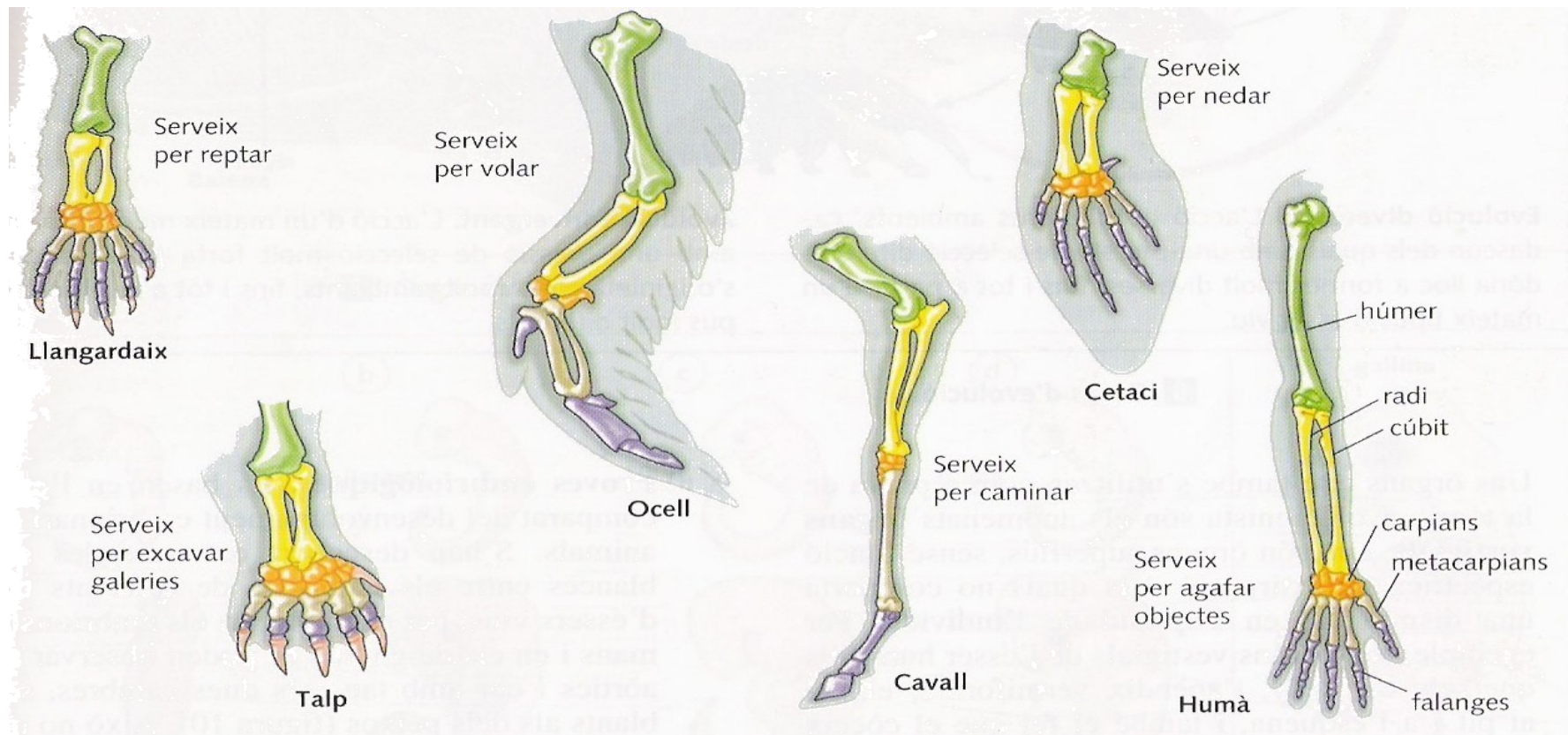
Pruebas biogeográficas



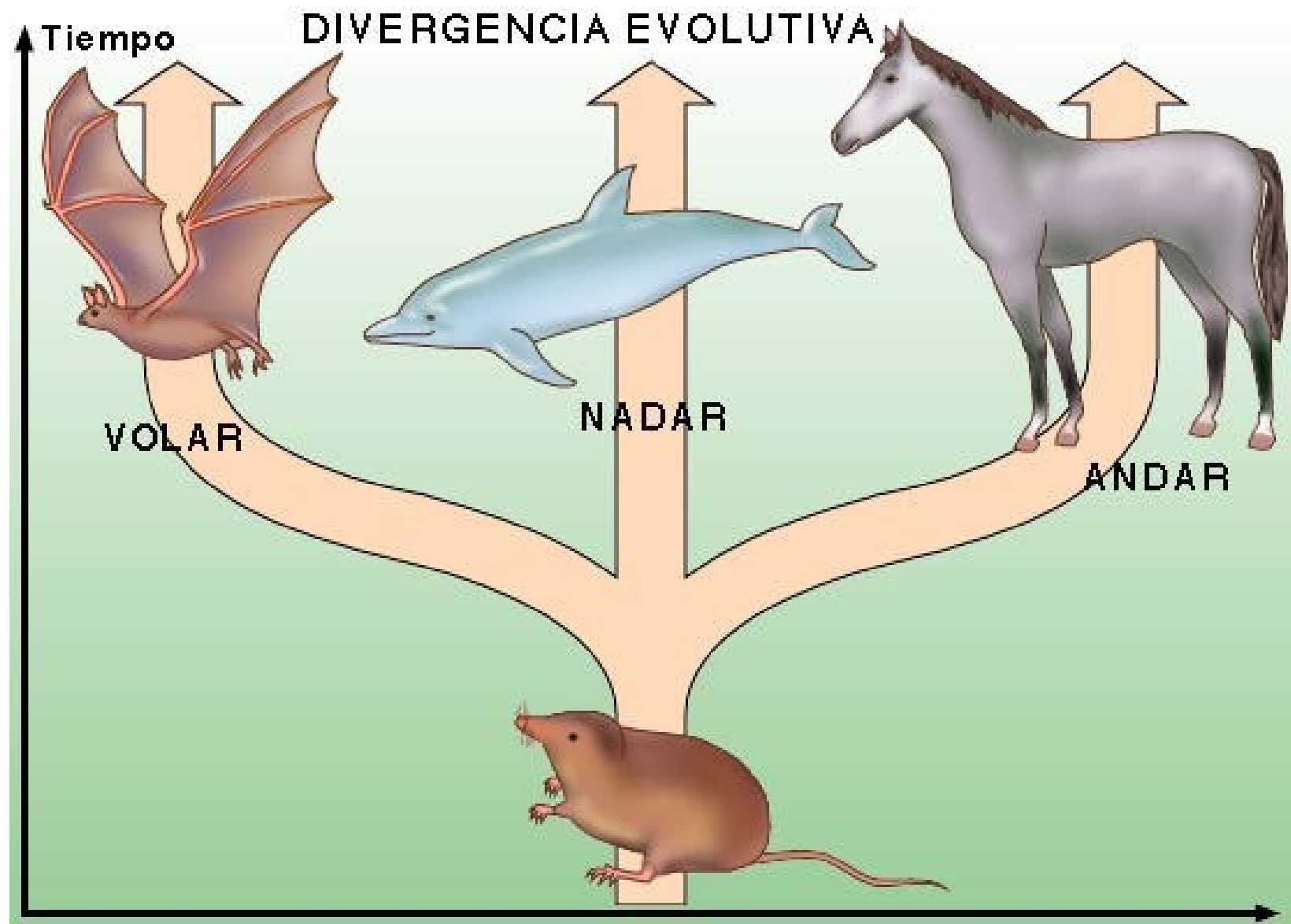
Proves anatòmiques

- Es basen en la comparació d'òrgans entre diferents espècies (**anatomia comparada**).
- Des del punt de vista evolutiu es distingeixen 3 tipus d'òrgans:
 - Òrgans homòlegs
 - Òrgans anàlegs
 - Òrgans vestigials.

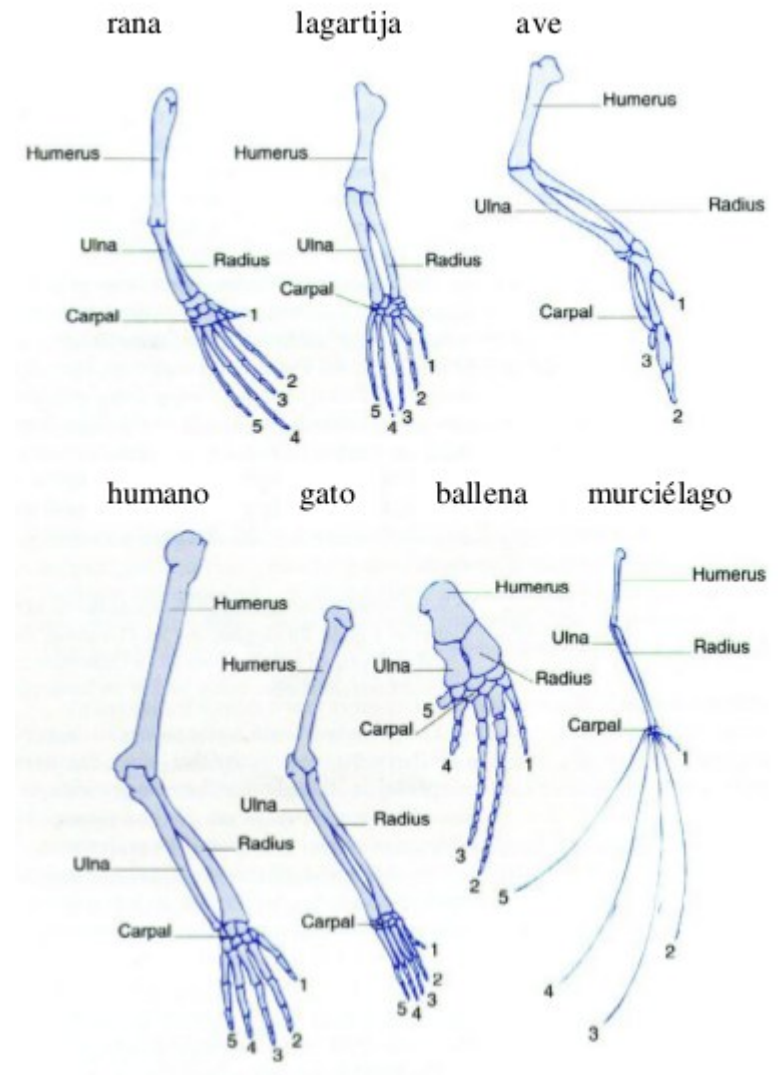
- **Òrgans homòlegs**: tenen el mateix origen embriològic i la mateixa estructura interna però una forma i funcions diferents. Per exemple les extremitats anteriors d'un cavall, un talp, una balena, un rat penat, un ocell, un humà i un llangardaix.



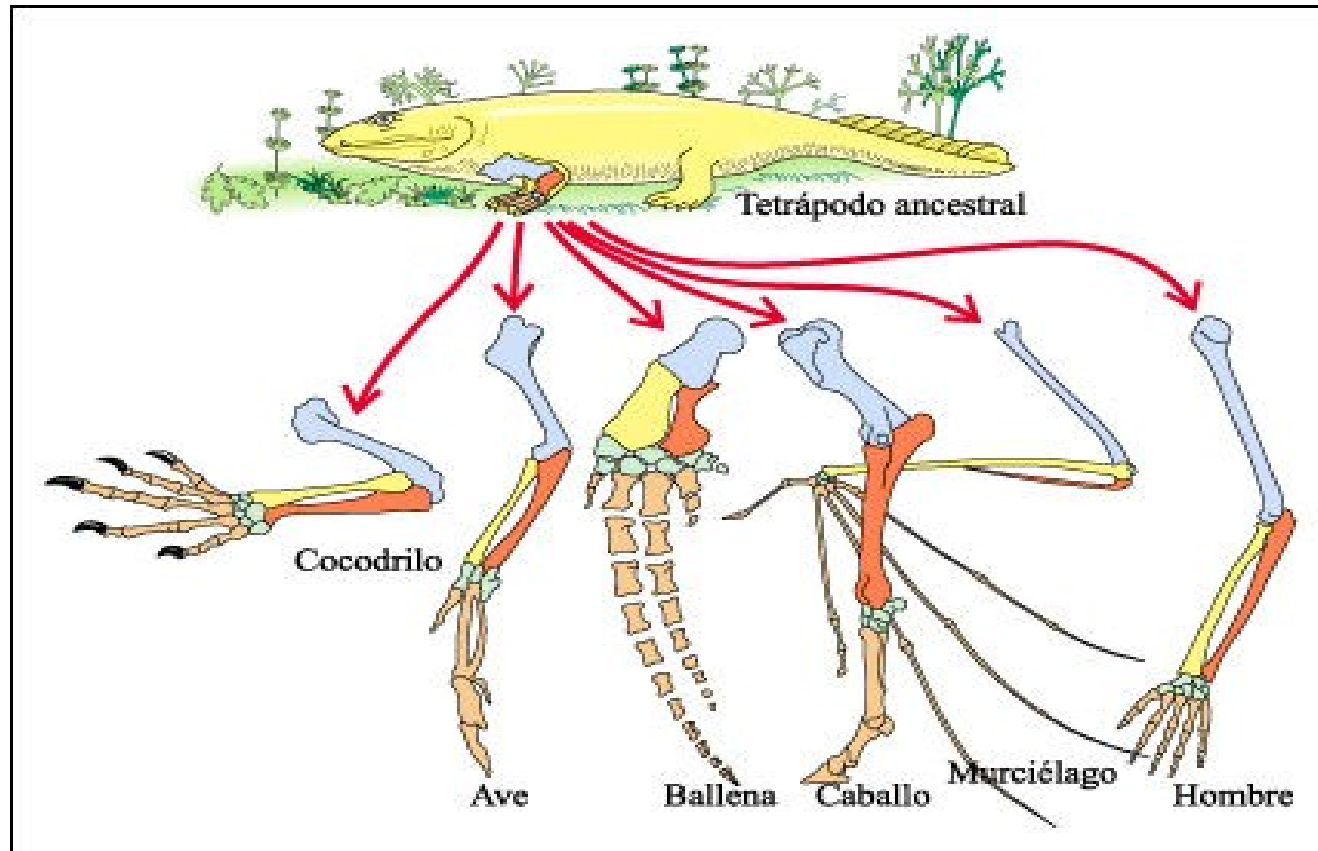
- L'explicació pot ser l'**evolució divergent** de totes aquestes espècies a partir d'un avantpassat comú com a conseqüència d'adaptacions a diferents hàbitats.



- Quan es comparen els fòssils en estructura i edat es fa evident que una espècie ancestral ha donat lloc a tota una sèrie d'espècies successores amb la mateixa disposició bàsica dels ossos de les extremitats.
- S'ha demostrat que les línies evolutives de dos espècies actuals qualsevol es poden reconstruir cap al darrera en el temps fins que s'uneixen a un ancestre comú.



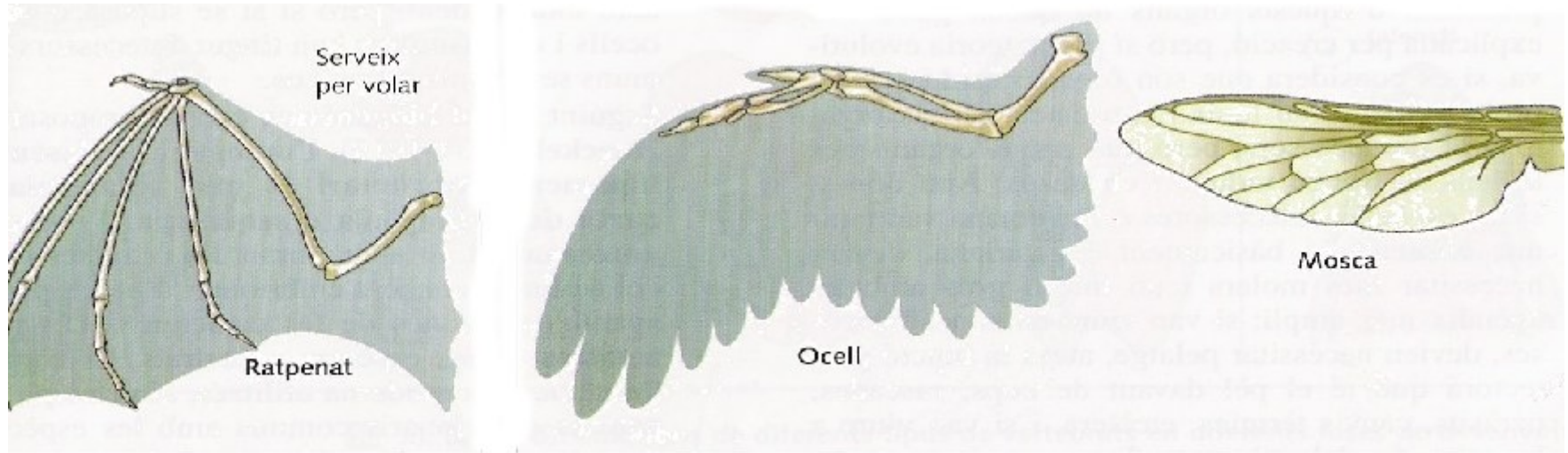
Els ossos de les extremitats anteriors dels vertebrats terrestres i d'alguns vertebrats aquàtics són notablement semblants perquè han evolucionat a partir d'extremitats d'un ancestre comú.



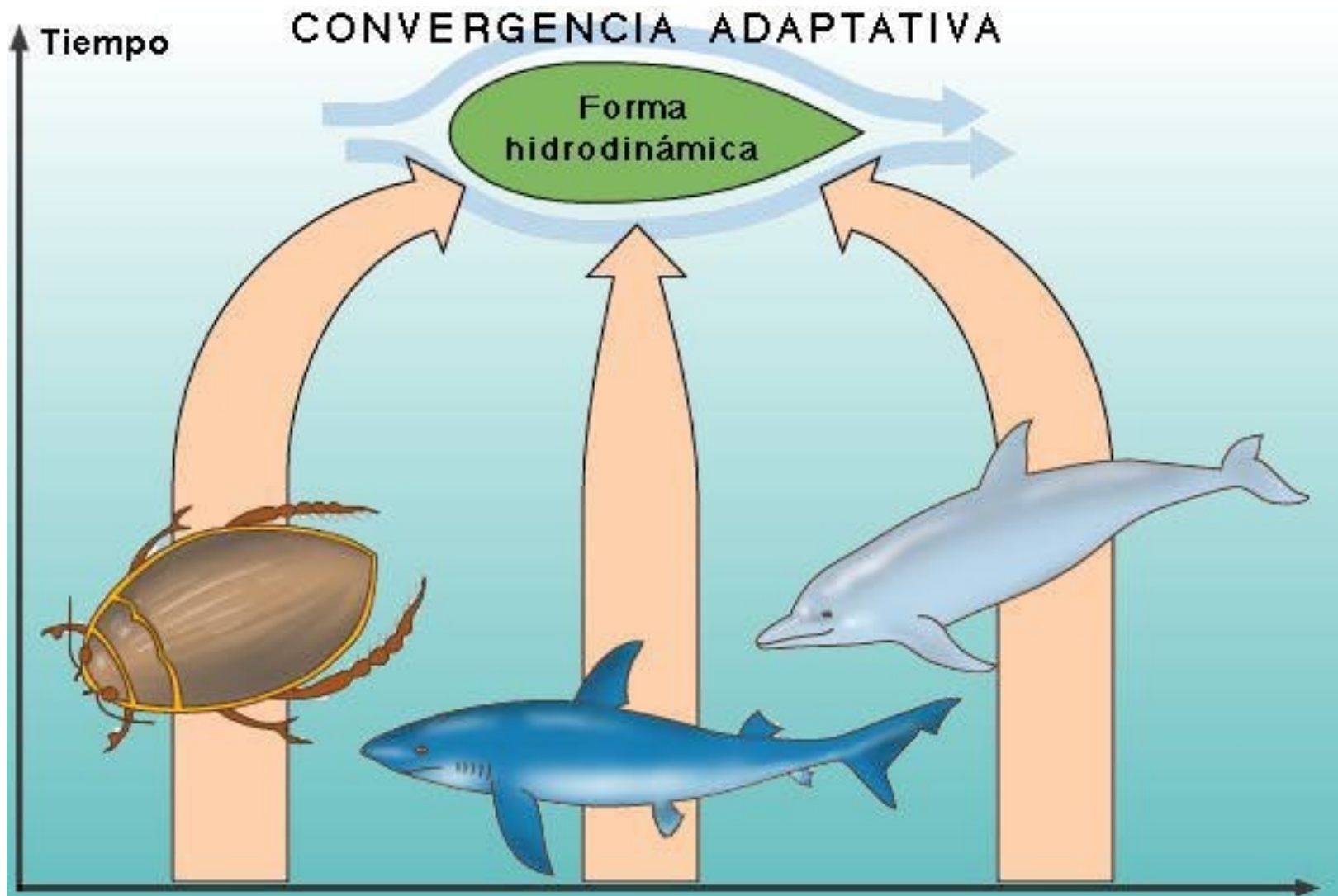
Els biòlegs evolucionistes diuen que aquestes proves mostren que tots els vertebrats són descendents del mateix ancestre comú.

(El fet que independentment de la seva manera de viure, aquests organismes presentin estructures tan similars, només té significat des d'un punt de vista evolutiu. Si els diferents tetràpodes s'hagessin originat de manera independent, no hi hauria cap motiu pel qual presentessin aquestes similituds.)

- **Òrgans anàlegs:** tenen origen embriològic i estructura interna diferent però exerceixen una mateixa funció. Per exemple les ales dels insectes i de les aus.



- Això s'explicaria per una **evolució convergent** (en aquest cas no demostraria cap tipus de parentiu evolutiu però si el fet que espècies molt separades evolutivament s'han tingut que adaptar al mateix ambient desenvolupant òrgans similars.)



Els òrgans anàlegs representen un fenomen conegut com a convergència adaptativa, pel qual els éssers vius repeteixen fórmules i dissenys que han tingut èxit.



La naturaleza impone una dirección al desarrollo evolutivo. Aunque los delfines (izquierda) están relacionados más directamente con los humanos que con los tiburones, sus cuerpos han evolucionado para adaptarse a un ambiente acuático.

Los **órganos ANÁLOGOS** son aquellos que tienen distinto origen evolutivo y embrionario, pero presentan una forma aparentemente semejante y realizan la misma función.



Son ejemplos de **órganos ANÁLOGOS**

Son ejemplos de **órganos ANÁLOGOS**



Estos machos de *Lucanus cervus* (ciervo volante), usan sus "cuernos" (mandíbulas muy desarrolladas) para combatir entre ellos.

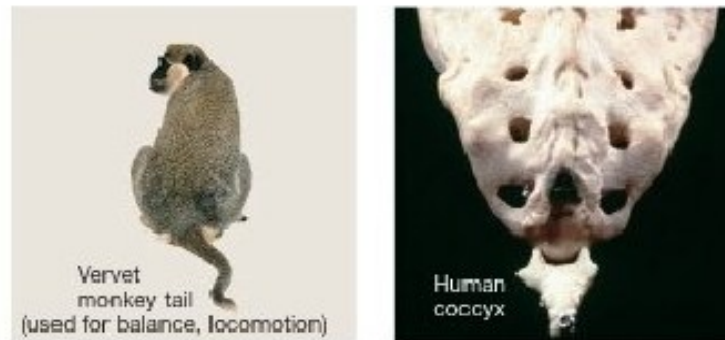


Los ciervos macho también combaten con sus cuernos

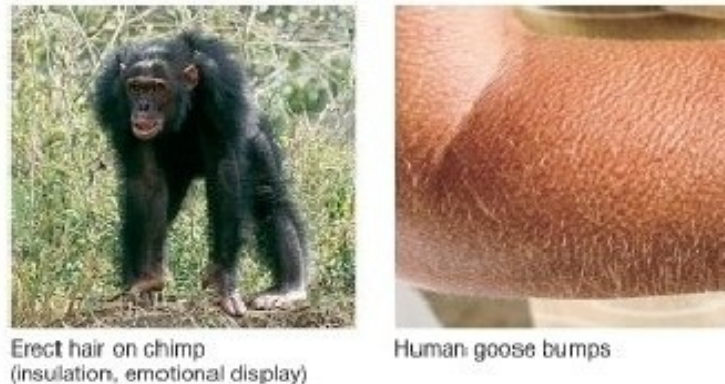
- **Òrgans vestigials:** òrgans sense una funció específica. Són òrgans rudimentaris, atrofiats, que revelen un passat evolutiu.

En l'ésser humà per exemple ho són els queixals del seny, l'apèndix vermiforme, els óssos soldats del còccix, etc. Aquests òrgans haurien estat útils en els nostres avantpassats però degut al desús, han anat quedant com a òrgans “residuals” sense cap funció important

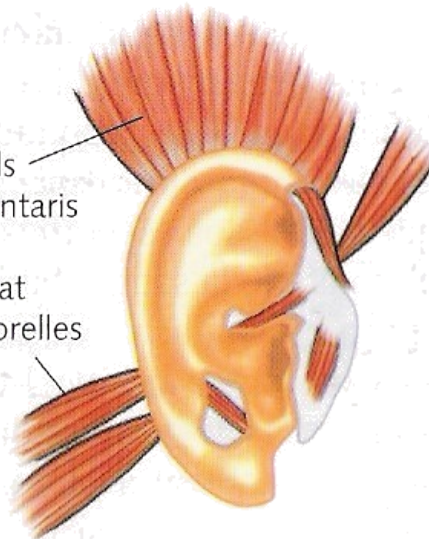
(a) The human tailbone is a vestigial trait.



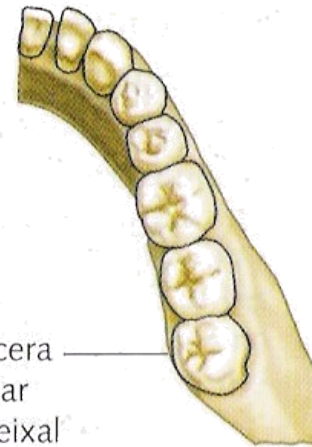
(b) Goose bumps are a vestigial trait.



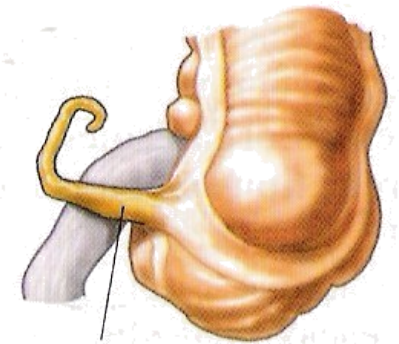
Músculs
rudimentaris
de la
mobilitat
de les orelles



Tercera
molar
(queixal
del seny)

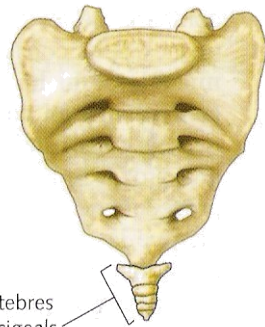


Apèndix
vermiforme



Òrgans vestigials en l'èsser humà

Vèrtebres
coccigeals
de la cua



El cóccix son pequeñas
vértebras fusionadas. Es
el vestigio de un pasado
evolutivo con cola.



oativo.

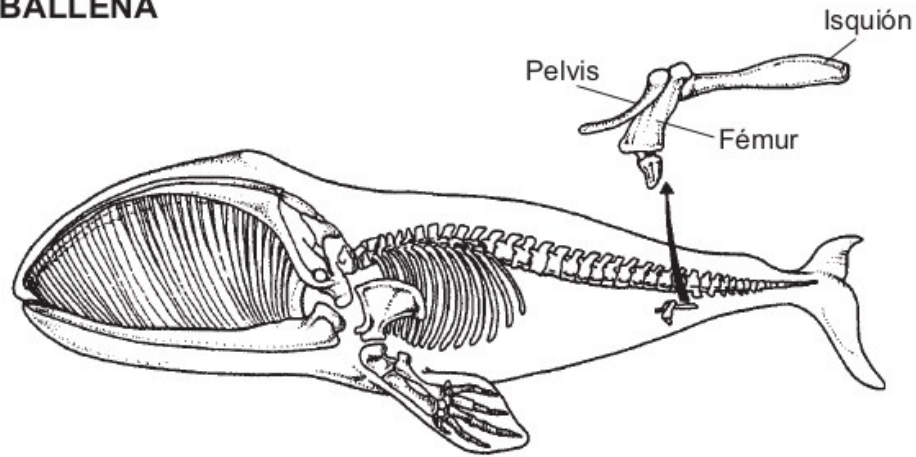


El kiwi y el cormorán de las Islas Galápagos tienen alas vestigiales. Con ellas ya no pueden volar.

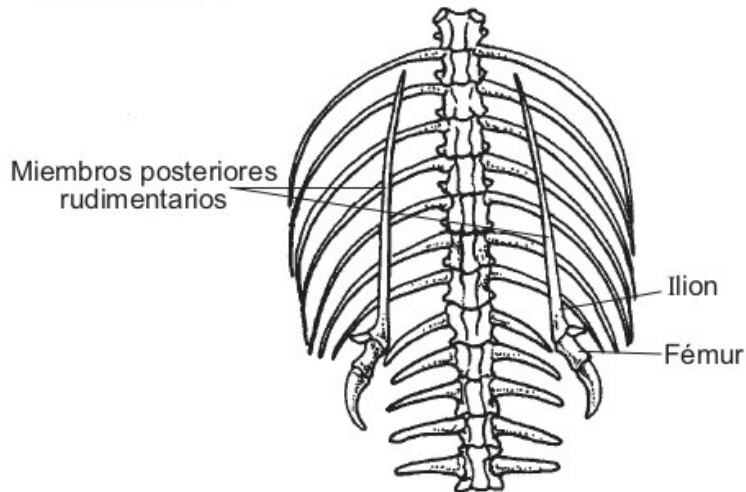


Este insecto tiene alas vestigiales. Con ellas ya no puede volar.

BALLENA



SERPIENTE



Alguns tetràpodes, com les balenes o les serps, no presenten extremitats posteriors.

Si s'observa l'estructura òssia en ambdós grups, a l'alçada de la columna vertebral on haurien d'estar situats els membres posteriors, es troben un conjunt d'ossets homòlegs amb els de la pelvis de qualsevol altre tetràpode. Són estructures vestigials (perquè ja no s'utilitzen per a que s'articulin amb elles els membres posteriors, que seria la seva funció original). La seva presència indica que tan les balenes com les serps han evolucionat dels tetràpodes.

Els arguments creacionistes, que defensen l'origen independent de les espècies i una perfecta adaptació dels organismes al seu ambient, no poden explicar l'existència d'aquests caracters vestigials.

Són caracters heretats que en un moment determinat van representar un avantatge per a les espècies que els tenien però que, a causa de que els canvis ambientals provoquen noves pressions selectives, poden ser «imperfeccions» en les espècies actuals.

Els queixals del seny en els humans són un exemple d'òrgan vestigial que resulta ser un desavantatge en l'espècie que els presenta, «una imperfecció».

Generalment han de ser extrets perquè no deixen suficient espai per a un correcte desenvolupament de les mandíbules, però en un determinat moment van resultar funcionals en els nostres avantpassats que presentaven mandíbules més grans.

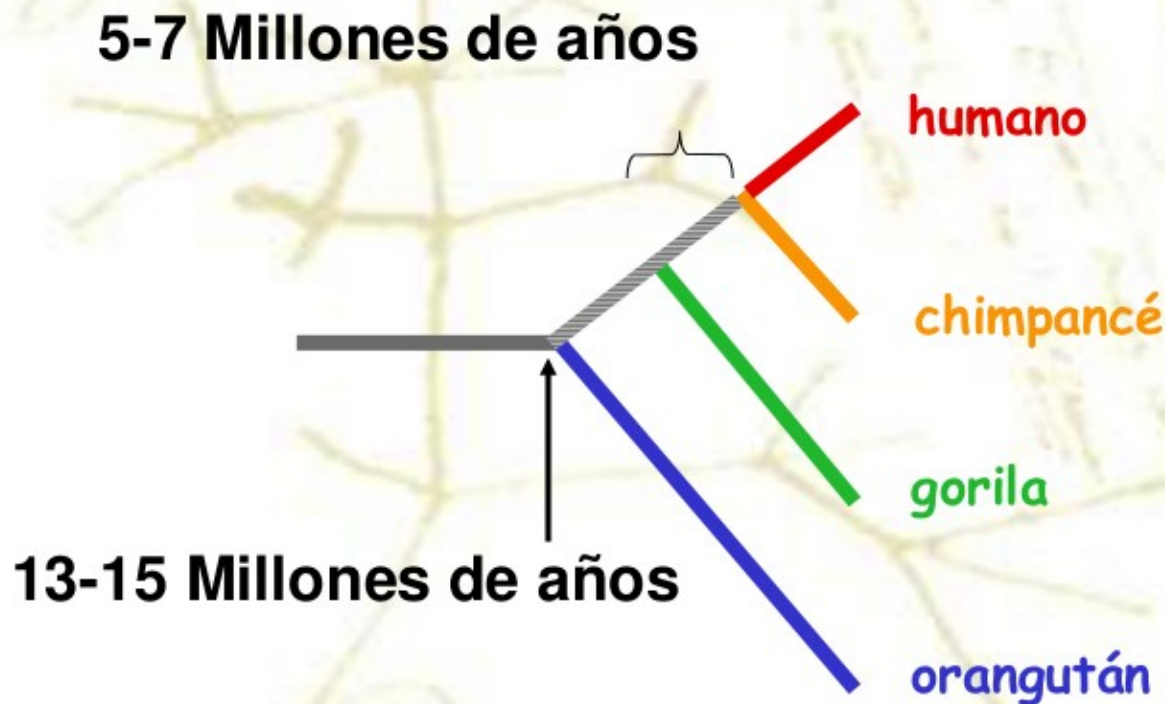


Proves moleculars (o bioquímiques)

- Es basen en l'estudi comparatiu de les molècules dels diferents organismes. Com més semblança morfològica hi ha entre dos organismes, més coincidència hi ha entre el tipus de molècules que els constitueixen.
- Actualment, els mètodes més utilitzats per comparar organismes són la seqüència de nucleòtids del DNA nuclear, del DNA mitocondrial i del RNA ribosòmic.
- La universalitat de moltes molècules com són el ATP, el NADH o el DNA es també una prova d'un origen comú per a tots els éssers vius.

Nuestros parientes más cercanos: chimpancé y gorila

un resumen de 40 años de análisis moleculares (ADN y proteínas)



La comparació de seqüències gèniques i proteiques mostra que els organismes propers filogenèticament, tenen més similitud de seqüències que els distants, com a conseqüència de la divergència genètica.

La investigació del DNA : espècies evolutivament llunyanes tenen més diferències en el seu DNA que espècies més pròximes.

gorila		A
humano	GTGCCCATCCAAAAAGTCCA	AGATGACACCAAACCTCATCAAGACAATTGTCACCAGG
chimpancé	GTGCCCATCCAAAAAGTCCA	GGATGACACCAAACCTCATCAAGACAATTGTCACCAGG

humano	ATCAATGACATTTACACACGCAGTCAGTCTCCTCCAAACAGAA	AGTCACCGGTTTGGAC
chimpancé	ATCAATGACATTTACACACGCAGTCAGTCTCCTCCAAACAGAA	GGTCACCGGTTTGGAC
gorila		G

gorila		C
humano	TTCATTCTGGGCTCCACCC	ATCCTGACCTTATCCAAGATGGACCAGACACTGGCAGTC
chimpancé	TTCATTCTGGGCTCCACCC	TATCCTGACCTTATCCAAGATGGACCAGACACTGGCAGTC

humano	TACCAACAGATCCTCACCAGTATGCCTTCCAGAAAC	GTGATCCAAATATCCAACGACCTG
chimpancé	TACCAACAGATCCTCACCAGTATGCCTTCCAGAAAC	ATGATCCAAATATCCAACGACCTG
gorila		A

humano	GAGAACCTCCGGGAT	CTTCTTCAGGTGCTGGCCTTCTCTAAGAGCTGCCACTTGCCCTGG
chimpancé	GAGAACCTCCGGGAC	CTTCTTCAGGTGCTGGCCTTCTCTAAGAGCTGCCACTTGCCCTGG
gorila		C

- La comparació entre les seqüències del DNA humà i el ximpanzé en el gen que codifica per a l'hormona leptina (relacionada amb el metabolisme dels greixos) mostra només cinc diferències en 250 nucleòtids.
- On les seqüències de l'ésser humà i el ximpanzé difereixen es pot usar el nucleòtid corresponent de goril·la (columnes ombrejades) per obtenir el nucleòtid que probablement existia en l'ancestre comú de les persones, els ximpanzés i els goril·les. En dos casos es corresponen els nucleòtids humans i els del goril·la, mentre que, en els altres tres, les seqüències del goril·la i el ximpanzé són idèntiques.
- És molt probable que l'ancestre comú del goril·la, el ximpanzé i l'ésser humà tingués el nucleòtid que coincideix en dos del tres organismes actuals, ja que així només hagués estat necessari un canvi en el DNA en lloc de dos.

- La uniformidad en la composición química y en los procesos metabólicos revela la existencia de antepasados comunes.

El lenguaje utilizado por el ADN es el mismo para todos los seres vivos. Esto indica **un origen común**.

- Comparar secuencias de nucleótidos de ADN de especies diferentes puede proporcionar información sobre su parentesco evolutivo.

Podemos comparar una secuencia de nucleótidos de cada uno de los cinco grupos de primates.

	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
Humanos	GTT	AAC	CCT	AAC	AAA	AAA	AAC	TCA	TAC	CCC	CAT	TAT	GTA	AAA	TCC	ATT	GTC	GCA	TCC	ACC	TTT	ATT
Chimpancés	ATT	AAC	CCT	AAC	AAA	AAA	AAC	TCA	TAT	CCC	CAT	TAT	GTG	AAA	TCC	ATT	ATC	GCG	TCC	ACC	TTT	ATC
Gorilas	ATC	AAT	CCT	AAC	AAA	AAA	AGC	TCA	TAC	CCC	CAT	TAC	GTA	AAA	TCT	ATC	GTC	GCA	TCC	ACC	TTT	ATC
Orangutanes	ATT	AAC	CCC	AAC	AAA	AAA	AAC	CCA	TAC	CCC	CAC	TAT	GTA	AAA	ACG	GCC	ATC	GCA	TCC	GCC	TTT	ACT
Gibones	ATT	AAC	CCC	AAT	AAA	AAG	AAC	TTA	TAC	CCG	CAC	TAC	GTA	AAA	ATG	ACC	ATT	GCC	TCT	ACC	TTT	ATA

Tripletes comunes a 3 de los grupos

Tripletes comunes

Tripletes comunes a 4 de los 5 de los grupos (las diferencias del quinto sólo afectan a una base nitrogenada)

Proves embriològiques

- Es basen en l'estudi comparat del desenvolupament embrionari dels animals. Segons **Haeckel** l'ontogènia o desenvolupament embrionari és una *recapitulació curta de la filogènia o seqüència d'espècies antecessores*. Ocells i mamífers, per exemple, haurien tingut antecessors comuns semblants als peixos.



ser humano



pollo



tortuga

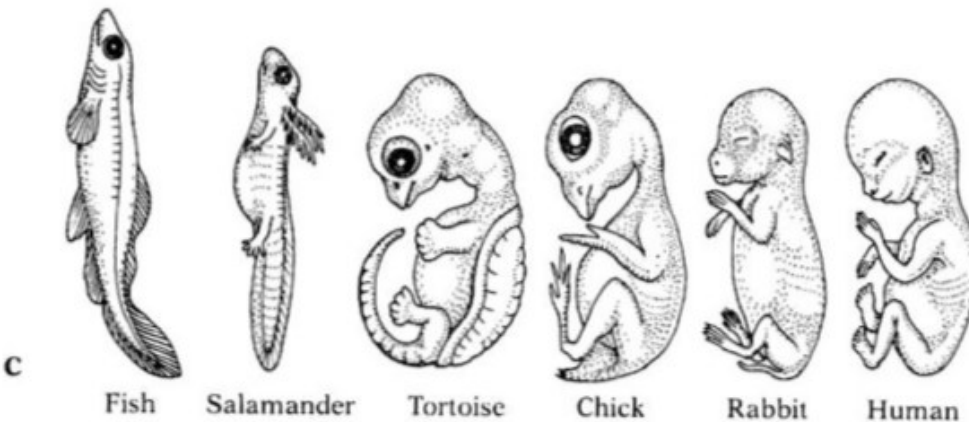
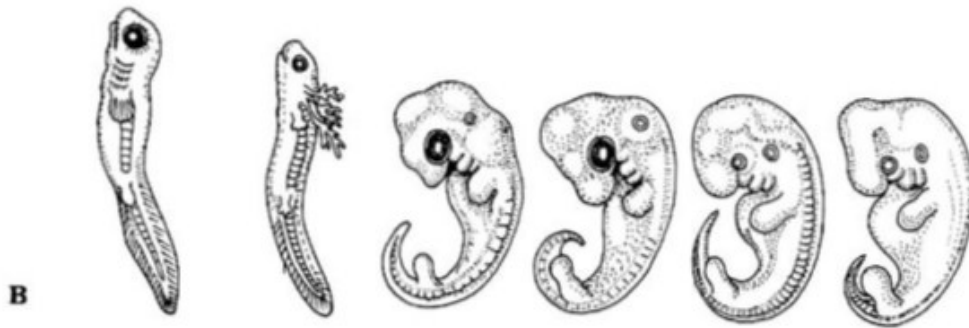
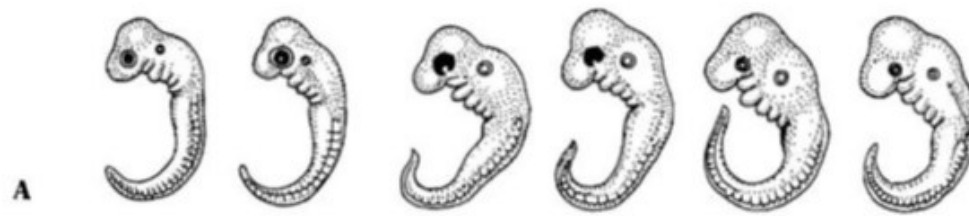


salamandra



pez





Estas semejanzas son una prueba de que existe un parentesco entre las especies. Cuanto más alto sea el parecido entre embriones, mayor será el grado de parentesco entre dos especies.

Durante el desarrollo embrionario es como si se reprodujese la historia evolutiva de los antepasados. Nuestro embrión, al principio, es muy parecido al de un pez. Nuestros antepasados remotos fueron peces.

Proves serològiques

- Es basen en l'estudi comparat de les reaccions d'aglutinació de la sang en diferents organismes: el grau d'aglutinació dels anticossos fabricats per un organisme envers la sang d'un altre és major en quan més semblants són des del punt de vista evolutiu.

