

TEMA 5: A EVOLUCIÓN BIOLÓGICA

1. AS TEORÍAS FIXISTAS.

Na antigüidade críase que as especies non evolucionaban, a este concepto chamóuselle fixismo. Aristóteles deulle fundamento racional: as especies tiñan unha orixe natural, pero eran invariables. Os animais atoparíanse ordenados de forma xerárquica sen sufrir cambios dende que existen.

Os pobos primitivos crían na orixe divina da vida: **creacionismo**. A versión bíblica da creación do mundo foi dogma ata o século XVIII, tanto para filósofos coma para científicos. Na Europa deste século impoñíanse o creacionismo e o fixismo. Os seres vivos foran creados tal e como se coñecían, eran inmutables e non cambiaran no tempo. Estas ideas baseábanse nas crenzas xudeo-cristianas do Xénese, segundo as cales había unha **visión antropocéntrica do mundo**: todo fora creado para a especie humana.

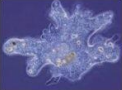
O mundo e todo o que nel hai, fora creado en 6 días e tería só uns 6.000 anos, cálculo baseado nunha interpretación literal do Xénese, tempo insuficiente para calquera cambio evolutivo importante. Deus creou as especies tal e como son, e son inmutables, non cambian.

Dous importantes científicos fixistas foron Linneo e Cuvier.

1.1. Karl Von Linneo (1707-1778): foi un famoso botánico sueco creador do sistema de **clasificación natural** e do **sistema de nomenclatura binomial**. É considerado o pai da Taxonomía moderna. A **clasificación natural** establece grupos ou **taxóns** ordenados xerarquicamente para agrupar a tódolos seres vivos: **Reino > Filo/ División > Clase > Orde > Familia > Xénero > Especie**

A **nomenclatura binomial** establece dous nomes para cada ser vivo, o primeiro xenérico escríbese con maiúscula e o segundo específico con minúscula, **ambos en cursiva**. Vg:

o lobo (nome común) tería como nome científico *Canis lupus*; o can, *Canis familiaris*; o raposo: *Vulpes vulpes*; ...

NOMBRE COMÚN					
	Maíz	Paloma	vaca	Hombre	amiba
REINO	Vegetal	Animal	Animal	Animal	Protista
PHYLUM	Tracheophyta	Chordata	Chordata	Chordata	Protozoo
CLASE	Angiosperma	Aves	mammalia	mammalia	Sarcodina
ORDEN	Glumifloral	Columbiforme	Artiodactyla	Primate	Amoebina
FAMILIA	Gramínea	Columbidae	Bovidae	Hominidae	Amoebidae
GENERO	Zea	Columba	Bos	Homo	Amoeba
ESPECIE	maíz	livia	taurus	sapiens	proteus
NOMBRE CIENTIFICO	Zea maíz	Columba livia	Bos taurus	Homo sapiens	Amoeba proteus

1.2. **Georges Cuvier** é considerado o pai da Paleontoloxía, recompilou fósiles de moitos organismos percibindo que moitos correspondían a seres vivos que xa non existían. Foi o primeiro científico que falou da extinción da especies pero non admitiu cambios nas mesmas. Explicaba as extincións polo chamado **catastrofismo**, é dicir, por **fenómenos xeolóxicos desastrosos que**

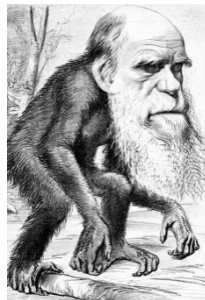
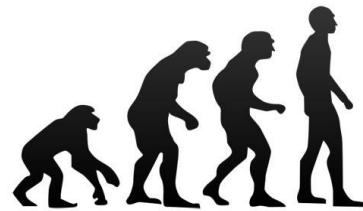
levaran á desaparición de múltiples especies, despois tería lugar unha nova creación. A última destas catástrofes foi o diluvio universal de Noé.



Teoría catastrofista

En el pasado se habían producido **catástrofes geológicas** que **producían extinciones**, tras las cuales **se producían nuevas creaciones**. La última de esas catástrofes fué el **diluvio universal**

Unos de sus defensores fue el paleontólogo **Georges Cuvier**, primer científico que habló de **extinciones** y que comprobó que entre los **fósiles** había especies muy diferentes a las actuales.



2. TEORÍAS EVOLUCIONISTAS.-

Ó fixismo opúxoselle o **transformismo**, cuxa versión máis moderna, o **evolucionismo**, foi abríndose paso ó longo do século XVIII e sobre todo no XIX. Para os científicos evolucionistas, os seres vivos cambian ó longo do tempo a partir doutros preexistentes, orixinando especies novas **cada vez máis complexas**. Dous importantes científicos evolucionistas foron Lamarck e Darwin.

2.1. **LAMARCKISMO ou TRANSFORMISMO:** Jean-Baptiste, cabaleiro de Lamarck (1744-1829) foi profesor do museo de Historia Natural de París. En 1880 pronuncia unha conferencia na que expón unha teoría coherente sobre a transformación dos seres vivos. Admite a existencia dunha evolución das especies, e trata de darlle unha explicación racional.

Consideraba que os seres vivos tiñan *unha tendencia natural á complexidade e ó progreso*. A consecuencia sería a transformación das especies. Por iso se denomina **transformismo**. A teoría de Lamarck fundaméntase nos seguintes puntos:

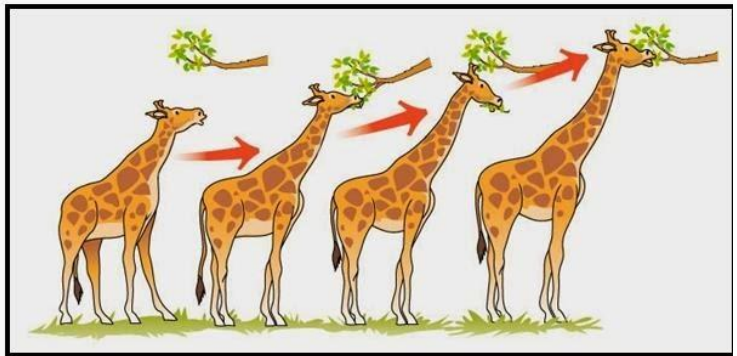
- *Lei do uso e do desuso:* o uso frecuente e continuo dun órgano, o fortalece e desenvolve,

mentres que o desuso o debilita e provoca a súa dexeneración.

- *A función crea o órgano*: os cambios nas condicións ambientais que ocorren, ó longo do tempo, fan que as especies modifiquen os seus hábitos e varíen as súas necesidades.
- *A herdanza dos caracteres adquiridos*: os cambios que aparecen nos individuos se transmiten a súa descendencia, e van pasando de xeración en xeración.

Segundo Lamarck a evolución do pescozo das xirafas ocorrería deste xeito:

- Inicialmente o pescozo sería curto.
- En tempos de escaseza de alimento faría que as xirafas tiveran que esforzarse de xeito continuado por acadar as follas das ramas máis altas das árbores.



- Este esforzo continuado provocaría pequenos alongamentos do pescozo nos individuos, que se transmitirían á súa descendencia.
- Despois de moito tempo, **manténdose as mesmas condicións ambientais**, o pescozo acadaría a lonxitude que presentan as xirafas na actualidade.

Para Lamarck a evolución tería unha finalidade concreta, e unha vez iniciada podería determinarse o final. V.g. a adaptación ó medio acuático dun mamífero como un antepasado do golfiño, conduciría necesariamente á transformación das súas extremidades en aletas similares ás dos peixes.

Aínda que moi pronto **se demostrou que os caracteres adquiridos non se herdaban**, a teoría lamarckista representou un punto de inflexión no pensamento da época (a inmutabilidade das especies) e aportou unha nova concepción da evolución gradual dos seres vivos ó longo do tempo, nun proceso de adaptación ó medio ambiente.

2.2. DARWINISMO OU TEORÍA DA SELECCIÓN NATURAL(1859):

Charles Darwin (1809-1882), na súa xuventude embarcou como naturalista no **HMS Beagle** nunha viaxe de cinco anos ó redor do mundo. Estudou a grande diversidade das especies a medida que percorría os continentes, océanos e illas, a enorme variedade de fósiles, etc. Pero foron xurdíndolle unha serie de preguntas ás que non atopaba resposta: Por que existían diferentes especies de tartarugas e pinzóns en cada unha das illas Galápagos? Forá por un acto de creación diferente en cada unha das illas aínda que estiveran tan preto?



Os traballos dalgúns científicos da época axudaron a Darwin a elaborar a súa teoría, respostando a tales preguntas:

- **O economista Tomas Malthus:** publicou estudos sobre o crecemento da poboación humana, demostrando que *a poboación tende a crecer xeometricamente mentres que os recursos o fan aritmeticamente. Como consecuencia os recursos acabarán sendo insuficientes para abastecer a toda a poboación.* Este feito conlevará unha loita polos recursos.

- **Os xeólogos James Hutton e Charles Lyell:** elaboraron a **teoría do uniformismo.** *Todos os sucesos acontecidos na Terra sucederon de forma semellante ós que suceden na actualidade, mediante transformacións lentas e graduais ó longo do tempo (millóns de anos).* Eliminábase a concepción clásica sobre a orixe da Terra, cunha historia curta e con cambios violentos, incompatible coa evolución dos seres vivos ó longo do tempo.

As súas observacións servíronlle a Darwin como base para a elaboración da súa teoría sobre *A orixe das Especies*. As bases desta teoría son:

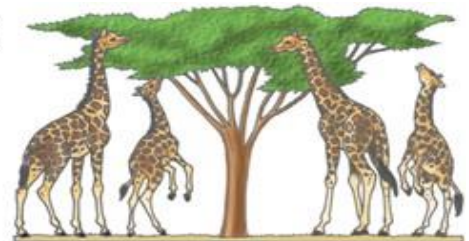
- En tódalas poboacións *nacen mais individuos dos necesarios para manter a especie.* A maioría morre sen deixar descendencia.
- Tódolos individuos dunha especie son diferentes: *variabilidade da descendencia.*

- En todo medio hai limitacións de espazo, alimentos, luz, auga,...; polo que os individuos establecen unha *loita pola supervivencia*. Como nacen máis individuos dos que o medio pode manter, só sobreviven os que estean mellor adaptados; os cales terán maior éxito reprodutivo e deixarán mais descendencia que presentará tamén características máis favorables.

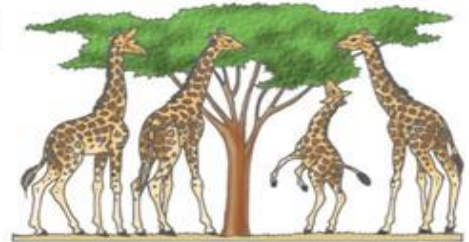
- *A selección natural (supervivencia dos mellor adaptados) actúa de xeito lento e continuo provocando a evolución das especies.*

A explicación segundo Darwin da evolución do pescozo das xirafas sería esta:

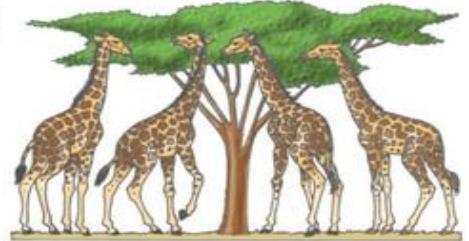
1. Inicialmente as xirafas terían o pescozo máis curto ¹ que na actualidade pero a lonxitude sería diferente nos distintos individuos. Deste xeito, nas épocas de seca prolongada os que tiñan o pescozo algo máis longo poderían comer as follas das ramas máis altas, terían menos competencia polo alimento e sobrevivirían mellor, deixando ² unha descendencia mellor adaptada a tales condicións, aínda que tamén variable (con diferentes lonxitudes de pescozo).



2. En cada xeración, se as condicións ambientais se ³ mantiñan constantes, os individuos mellor adaptados (co pescozo algo máis longo) sobrevivirían mellor e deixarían máis descendencia.



3. De forma gradual e lenta iríase alongando a lonxitude do pescozo ata acadar a que as xirafas presentan na actualidade.



Na súa obra ***A orixe das Especies*** (1859) Darwin aporta unha grande cantidade de datos de paleontoloxía, bioxeografía, anatomía comparada e xeoloxía que demostran de maneira clara e contundente a evolución dos seres vivos. A publicación da obra *A orixe das Especies* supuxo unha revolución no pensamento científico e social da época e unha profunda controversia social.

As concepcións sobre a natureza e o home cambiaron. Segundo Darwin a especie humana non foi creada con ningunha finalidade nin como parte dun plan preconcebido. Houbo un rexeitamento radical por parte da Igrexa e dos grupos sociais máis conservadores.

Alfred Russel Wallace (1823-1913) foi un xeógrafo, botánico e naturalista inglés que, despois dunha viaxe de 8 anos polo arquipélago malaio, chegou as mesmas conclusións que Darwin, á existencia da selección natural, como motor da evolución dos seres vivos. Debido a isto **a teoría da selección natural é atribuída por igual a Darwin e a Wallace.**

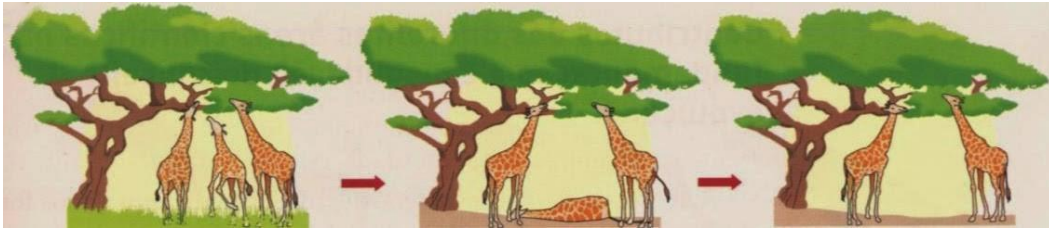
2.3. NEODARWINISMO OU TEORÍA SINTÉTICA DA EVOLUCIÓN (1947):

Cando Darwin plantexa a súa teoría sobre a orixe das especies non se coñecían as leis da herdanza nin as mutacións, por este motivo **Darwin non sabía explicar a causa da variabilidade das especies.** En 1865, seis anos despois da publicación de *A orixe das Especies*, Gregor Mendel publicou os seus traballos sobre a herdanza. Con eles proporcionábase a base que o darwinismo necesitaba para explicar a variabilidade dos individuos dunha especie, pero os seus traballos pasaron desapercibidos ata principios de século XX.

Nos anos 30 do pasado século formulouse unha nova teoría, o *Neodarwinismo ou Teoría Sintética da Evolución* que integra o darwinismo coas leis de Mendel e co fenómeno das mutacións. Esta teoría é a máis aceptada na actualidade.

Os principios desta teoría son:

- Os individuos dunha especie **experimentan variacións debidas ás mutacións** que xorden ó **azo**, que son a causa da variabilidade. Estas mutacións xorden independentemente de que sexan útiles ou non para os organismos que as presentan. As mutacións favorables provocan a aparición de novos alelos. A recombinación xenética que se da na reprodución sexual tamén aumenta a variabilidade.
- Os individuos de calquera poboación son portadores de diferentes alelos que se orixinan por mutación. **Os alelos responsables de fenotipos máis favorables son seleccionados** e os outros poden chegar a desaparecer. Deste xeito xeración tras xeración vanse acumulando cambios nas poboacións, podendo ser tan importantes que provoquen incluso a aparición de novas especies.
- A unidade evolutiva é a poboación e non o individuo. O que cambia co paso do tempo son as poboacións, onde **habrá cada vez máis individuos con características favorables e menos con características desfavorables.**



A evolución do pescozo das xirafas segundo o neodarwinismo produciríase así: entre os antepasados das xirafas, animais co pescozo curto, as mutacións serían responsables de que algúns individuos tiveran o pescozo máis longo. Se este carácter representara unha vantaxe, estes individuos sobrevivirían mellor e se reproducirían máis, aumentando deste xeito o número de individuos co pescozo máis longo. Se as condicións ambientais se manteñen no tempo, a selección natural actuará do mesmo xeito xeración tras xeración, producíndose así, de forma lenta e continua, o alongamento do pescozo ata acadar a lonxitude actual.

2.3.1. SELECCIÓN NATURAL E ADAPTACIÓN:

As mutacións orixinan diferenzas hereditarias entre os membros dunha poboación. Os individuos portadores dalgunha diferenza que lles proporcione unha vantaxe teñen máis probabilidades de sobrevivir, e como consecuencia, de deixar máis descendentes. Así, en cada xeración, aumenta o número de individuos portadores do carácter vantaxoso nese medio. Co paso do tempo, a poboación enteira cambiaría e o resultado sería unha poboación mellor **adaptada ó seu medio**. O proceso seguido por esa poboación denomínase **adaptación**.

Tamén se utiliza o termo adaptación para facer referencia a unha característica herdable do fenotipo que confire unha vantaxe para a supervivencia e para o éxito reprodutivo. O pescozo longo nas xirafas é un exemplo. **A adaptación é consecuencia da selección natural que exerce o medio ambiente sobre a variación hereditaria que se xerou ó azar por mutación nunha poboación.**

A selección natural só pode actuar sobre a diversidade existente, se entre esa diversidade non existen individuos con características favorables nesas condicións ambientais, a poboación extinguirase.

O concepto de adaptación no ámbito da evolución non ten o mesmo significado que o que se da a ese termo na linguaxe corrente. Os individuos non se adaptan, **adáptanse** as poboacións, e dende logo non o fan intencionadamente.

Os osos pardos están adaptados ó seu medio. A súa cor marrón permítelles camuflarse no medio boscoso no que viven. Os osos polares tamén están adaptados ó seu medio. A súa cor branca axúdalles a sobrevivir nas zonas nevadas, pero non os beneficiaría se vivisen en zonas boscosas.



2.3.2. **ESPECIACIÓN:**

Unha **especie** é un grupo natural de organismos con características semellantes que se poden reproducir entre sí e ter descendentes fértiles. O motivo é porque comparten un grupo de xenes comúns. ***A especiación é o proceso de aparición de novas especies.*** É necesario o illamento reprodutivo entre dous grupos para que o conxunto de xenes de cada un evolucione de maneira diferente, tanto que non poidan reproducirse entre eles. O mecanismo de especiación mais común conlevaría as seguintes fases:

- ***Illamento das poboacións:*** a poboación inicial queda dividida en dous o mais grupos, ben por unha barreira xeográfica (río, montaña, mar), por cambios nas costumes alimenticias, pola presión dos depredadores. etc. Ó quedar separadas, xa non poden intercambiar os seus xenes.

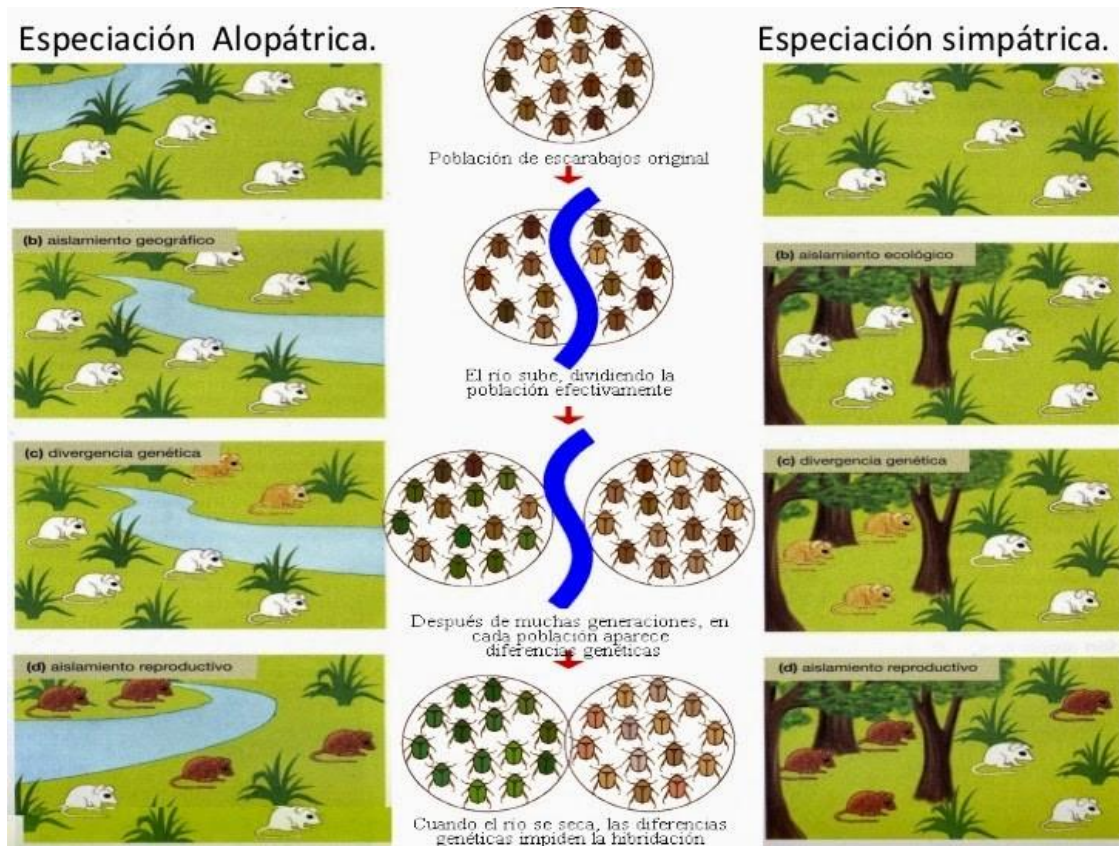
- ***Evolución en ambientes distintos:*** se as poboacións separadas se atopan en ambientes distintos, a selección natural actuará de maneira diferente en cada unha, favorecendo mutacións e ocasionando cambios diferentes.

- ***Aparición de barreiras reprodutivas:*** transcorrido un tempo suficiente, os cambios poden ser tan importantes que fagan imposible o cruce entre individuos das dúas poboacións, aínda que entraran en contacto. Neste momento se obterían dúas especies diferentes.

Existen dous tipos de especiación:

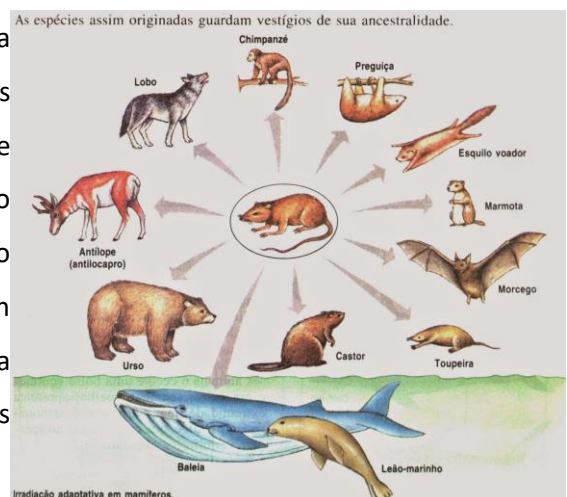
- **Especiación alopátrica:** producida por illamento físico das poboacións mediante barreiras xeográficas (ríos, cordilleiras, lagoas, illas...).
- **Especiación simpátrica:** producida por illamento por comportamento; as poboacións

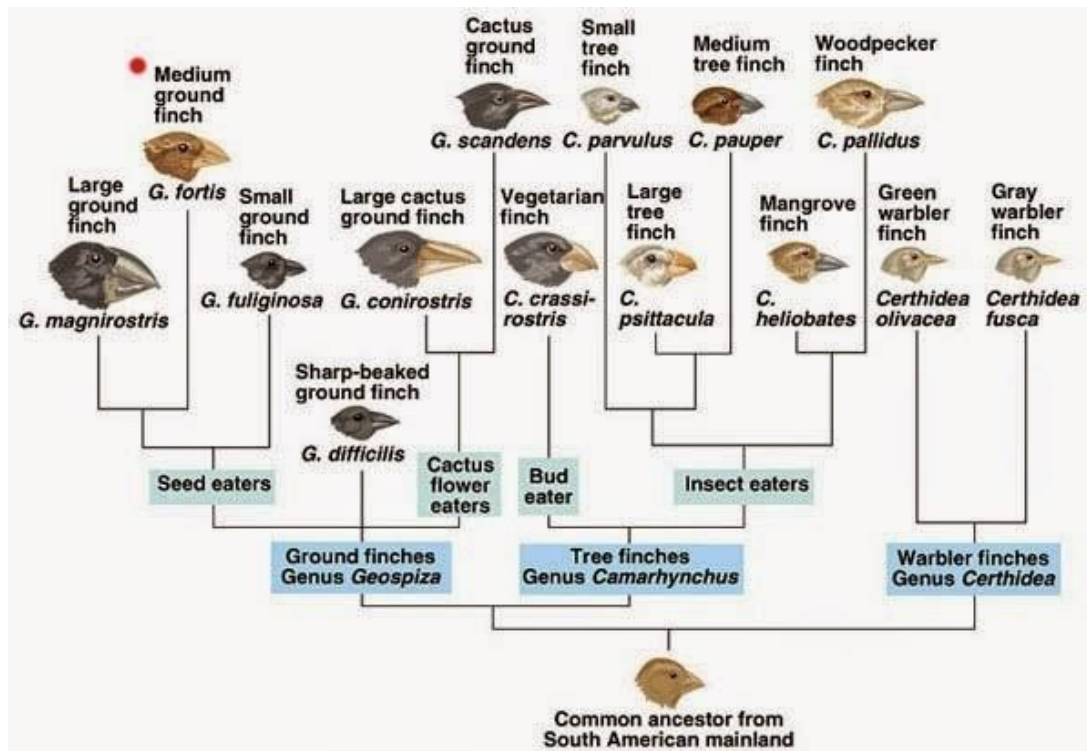
permanecen xuntas, pero ocupando nichos ecolóxicos diferentes (alimentación, busca de parellas, cambios temporais no momento do celo, comportamento).



2.3.3. RADIACIÓN ADAPTATIVA:

É un proceso polo cal un grupo de organismos orixina, nun momento dado, un gran número de grupos diferentes, adaptados a formas de vida diferentes. Para que se produza deben darse novas posibilidades de adaptación e evolución. Isto é o que sucede cando aparece unha nova característica que permite colonizar novos territorios (pulmóns, ovo amiótico, alas). Tamén sucede cando se ocupa un nicho ecolóxico que quedou baleiro por unha extinción; foi o que ocorreu cos mamíferos do Cenozoico que ocuparon os nichos que deixaron abandonados os dinosauros. Nas illas de nova formación (volcánicas) danse procesos parecidos (pinzóns de Darwin, tartarugas das Galápagos).

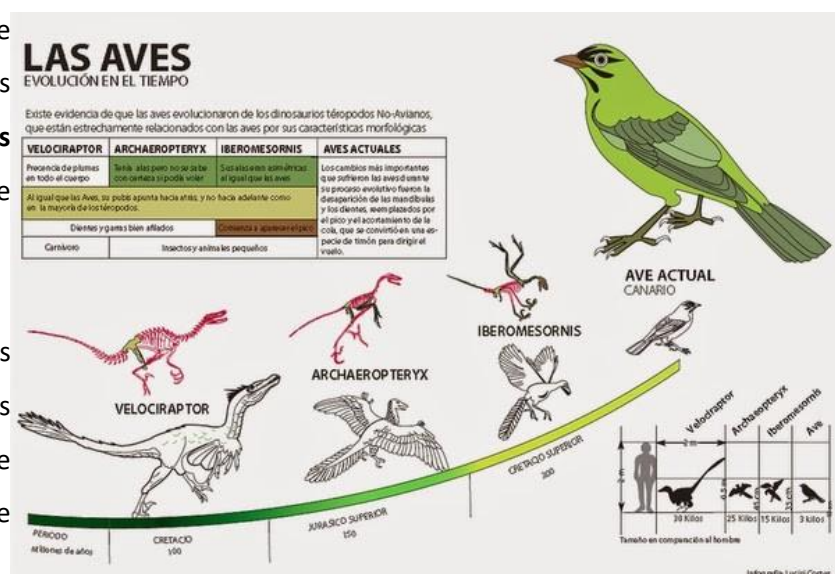




3. PROBAS DA EVOLUCIÓN:

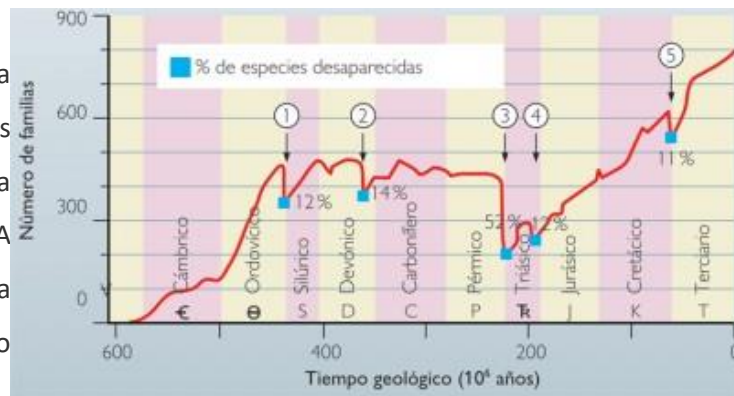
3.1. PROBAS PALEONTOLÓXICAS: O rexistro fósil (restos de seres vivos ou da súa actividade que viviron en épocas pasadas e quedaron preservados) é unha proba a favor dos cambios nas especies ó longo do tempo, pero non é a única. Son moitos os fósiles que corresponden a organismos que xa non existen actualmente é cuxa idade se pode estimar grazas a métodos de datación dos que falaremos en outro tema mais adiante. Pero tamén é certo que non dispóñemos de fósiles de todas as épocas e que non todos os organismos poden fosilizar.

Son especialmente importantes os chamados fósiles intermedios porque presentan simultaneamente características de dous grupos de organismos hoxe claramente separados (aves e



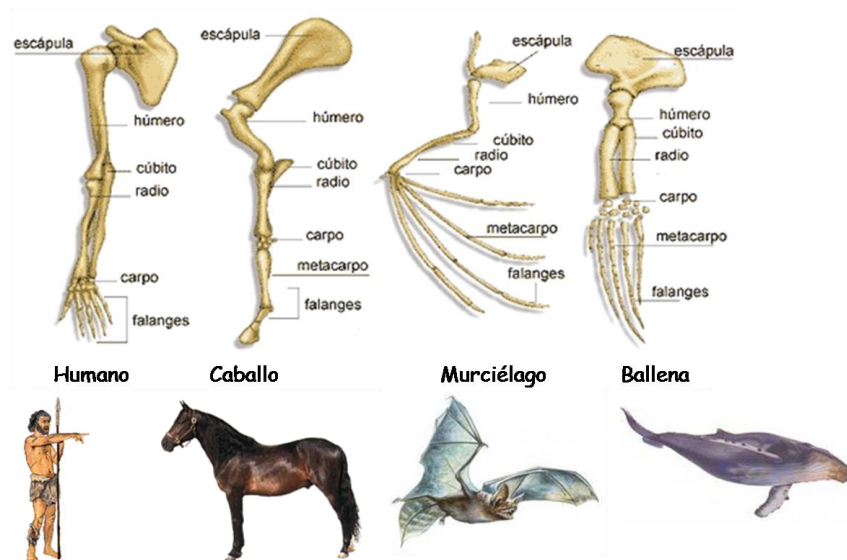
réptiles por exemplo). Nesta situación atópase o **Archaeopteryx**, fósil de réptil que presentaba plumas e outras características propias das aves; ou o *Tiktaalik*, peixe con características de tetrápodos.

O rexistro fósil demostra que se produciron varias **extincións masivas** ó longo da historia xeolóxica da Terra. A maior tivo lugar no Pérmico e a mais recente hai 65 m.a. entre o Cretácico e o Terciario.

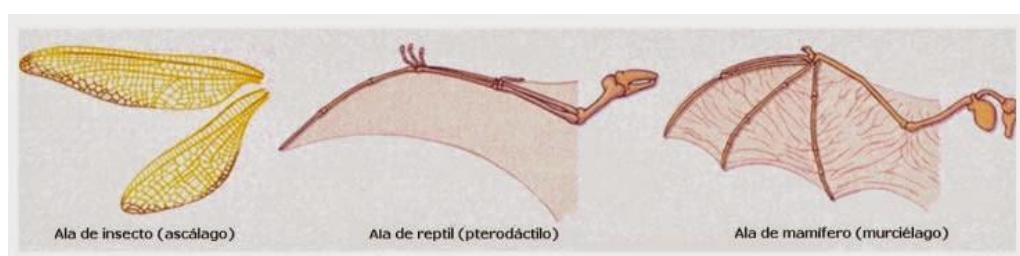


3.2. ANATOMÍA COMPARADA: as semellanzas no estudo comparado dos órganos de diferentes organismos pode indicar a existencia de antepasadoscomúns. Diferenciamos entre:

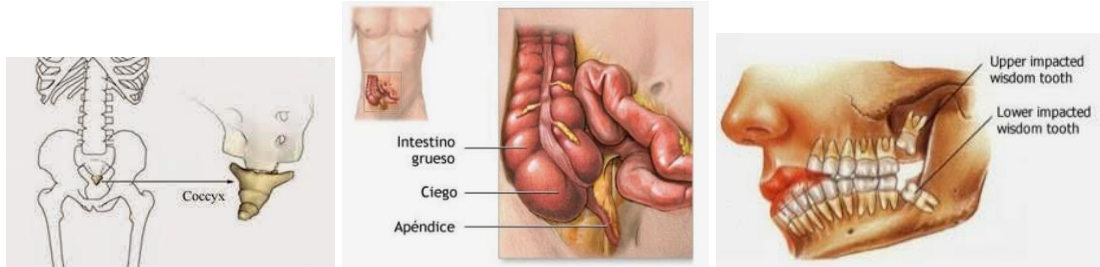
- **Órganos homólogos:** teñen unha estrutura interna similar aínda que desempeñen distinta función. Indican parentesco evolutivo, antepasados comúns. Un exemplo son as extremidades dos tetrápodos. Se orixinan por diverxencia adaptativa.



- **Órganos análogos:** desempeñan a mesma función aínda que a súa estrutura interna é diferente. Non indican parentesco evolutivo. Orixínanse por converxencia adaptativa.



En moitos seres vivos existen órganos atrofiados, non funcionais, que aparecen en antepasados antigos perfectamente funcionais, pero que co transcorrer do tempo deixaron de ser útiles, a estes órganos se lles chama órganos vestixiais.



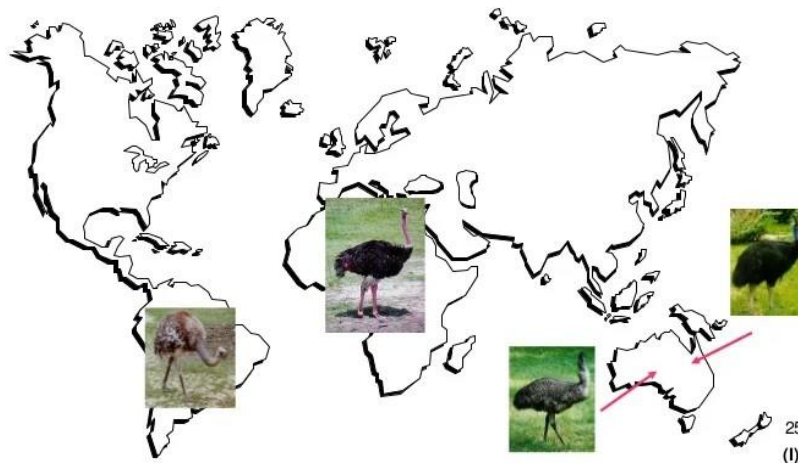
3.3. PROBAS BIOXEOGRÁFICAS: baséanse na distribución dos seres vivos na Terra.

As aves corredoras como o ñandú suramericano, a avestruz africana e o emú australiano son especies diferentes, pero moi semellantes entre si. A súa actual distribución nos distintos continentes explícase supoñendo que o antecesor común desas aves vivía hai uns 200 m.a. nun supercontinente que ocupaba o hemisferio sur. A rotura de dito continente orixinou fragmentos que se foron separando ata acadar as posicións actuais co que diferentes grupos de aves quedaron illados e evolucionaron de xeito independente.

3-12) Evidencias de la evolución. Pruebas biogeográficas.

Una de las pruebas o evidencias más demostrativas del hecho de la evolución es la distribución geográfica de una serie de grandes aves: 1) el avestruz de África, 2) el ñandú de Sudamérica, 3) el casuario y el emú de Australia, sólo se puede explicar mediante las teorías de la evolución y de la tectónica de placas.

<http://www.damisela.com/zoo/ave/ratities/index.htm>



3.4. PROBAS EMBRIONARIAS: o estudo dos embrións dos vertebrados danos unha interesante visión do desenvolvemento evolutivo dos diferentes grupos.

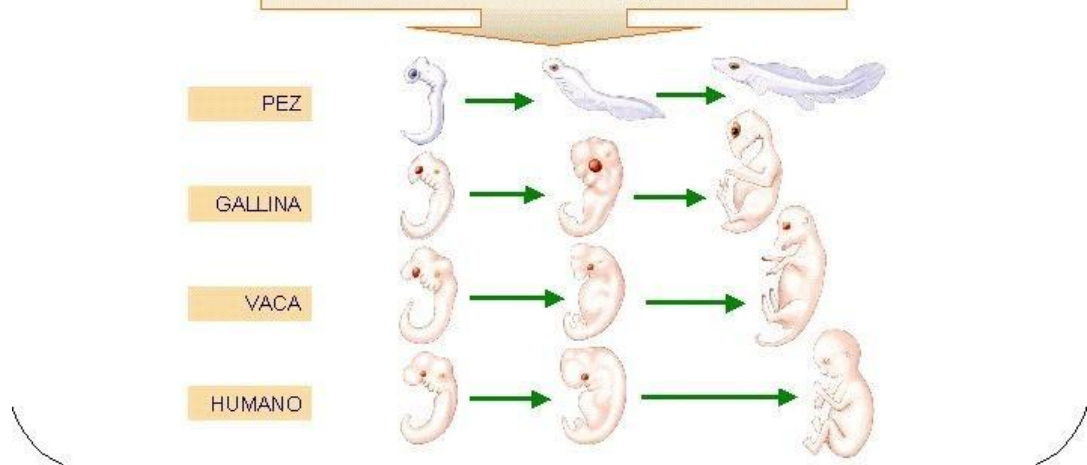
Nas etapas iniciais do desenvolvemento os embrións pasan por etapas similares pero estas semellanzas van desaparecendo a medida que se desenvolve o embrión e mantéñense

máis tempo nos grupos máis emparentados. A razón que explica estas similitudes en grupos de vertebrados diferentes é a presenza dun antepasado común.

El desarrollo embrionario

El parentesco evolutivo de distintas especies queda reflejado en las similitudes o diferencias de los patrones de su desarrollo embrionario.

En las fases tempranas de su desarrollo los embriones de diferentes vertebrados son muy parecidos entre sí.



3.5. PROBAS BIOQUÍMICAS: as probas máis recentes derivan do estudo comparativo de biomoléculas orgánicas como as proteínas e o ADN. Todos os seres vivos teñen un ADN formado por catro tipos de nucleótidos no que está escrita a información xenética seguindo un código universal, válido para todos eles, que explicaría unha orixe común.

As especies con antepasados comúns máis próximos, conteñen ADN e proteínas moi similares entre si e as menos emparentadas presentan máis diferenzas nestas moléculas. Na seguinte figura se mostran as diferenzas no ADN (en %) de diferentes especies:

