

UNIDADE 9: EVOLUCIÓN E CLASIFICACIÓN DOS SERES VIVOS

PARTE 1. EVOLUCIÓN

1. A BIODIVERSIDADE

A **biodiversidade** ou **diversidade biolóxica** abrangue conceptualmente toda a variedade da vida. Os científicos e científicas adoitan dividir a biodiversidade en tres compoñentes:

- **Biodiversidade específica ou taxonómica:** defínese como o número de especies que poden rexistrarse nun lugar concreto ou o total de especies descritas. Para determinala desenvóléronse diferentes índices que miden simultaneamente o **número de especies**, a súa **riqueza** e a **abundancia relativa** de cada unha delas.

- **Biodiversidade xenética:** é a **variabilidade que existe na información xenética dos individuos** da mesma especie. Pódese medir utilizando a diversidade de xenes, a heterocigosidade, ou o número de alelos por *locus* (número de alelos que existen para un mesmo xene).

- **Biodiversidade ecolóxica ou de ecosistemas:** é a variedade de comunidades biolóxicas (biocenose) que interactúan entre si e co medio (biotopo).

2. ORIXE DA BIODIVERSIDADE

Na actualidade acéptase que tódolos seres vivos teñen unha orixe común e que a biodiversidade que hai na Terra é o resultado de 4000 millóns de anos de evolución. Porén non sempre foi así: ata o século XIX predominaron as ideas **fixistas** que consideraban as especies inmutables. As propostas **evolucionistas**, primeiro de Lamarck e despois de Darwin e Wallace cambiaron esta visión do mundo.

2.1. PROBAS DA EXISTENCIA DA EVOLUCIÓN

Na actualidade, a evolución biolóxica é un feito aceptado por toda a comunidade científica, dadas ás numerosas evidencias que o poñen de manifesto. Entre elas podemos sinalar:

- **Probas anatómicas:**

A comparación da anatomía de diferentes especies, tanto no relativo á súa estrutura coma a súa función, permite identificar órganos cuxas características apoian a existencia dos procesos evolutivos.

Órganos homólogos. Son órganos que teñen unha orixe embrionaria común pero adaptáronse para realizar diferentes funcións mediante un proceso de **diverxencia adaptativa** a partir dun antepasado común.

Por exemplo, as extremidades anteriores de varios mamíferos, e mesmo das aves, son variacións da mesma estrutura ósea, herdadas dun antepasado común, que teñen diferentes funcións: camiñar, asir, nadar ou voar.

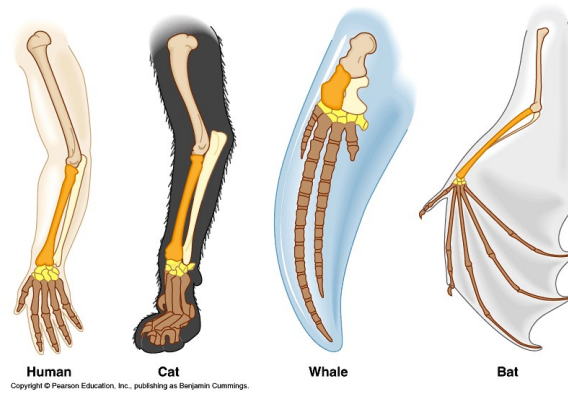


Fig. 1. Exemplo de órganos homólogos.

Órganos análogos. Realizan funcións similares pero teñen diferentes orixes embrionarias e demostran a existencia dun proceso de **converxencia evolutiva**. Por exemplo, as ás dun insecto e dun morcego.

Analogous Structures

Different structures, used for similar purposes, that arose from a different ancestor:

FLYING

Convergent Evolution
(converge means to come together)

LOOK: NO BONES →

Fig. 2. Exemplo de órganos análogos. Morcegos, aves e insectos teñen ás que usan para voar, pero a orixes desas ás son diferentes (converxencia evolutiva)..

Órganos vestixiais. Estructuras que perderon a súa funcionalidade e acaban atrofiándose. Por exemplo, o cóccix humano, como vestixio da cola dos primates antecesores, ou os músculos do ouvido que servían para mover as orellas.

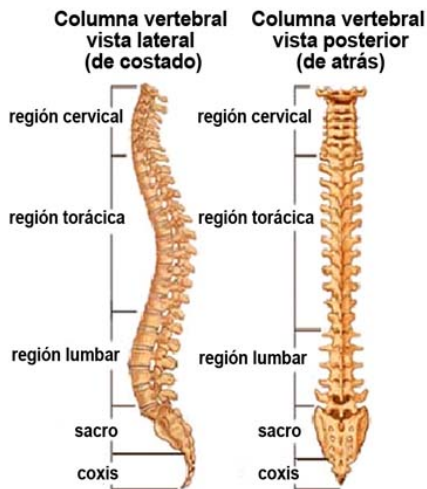


Fig. 3. Columna vertebral humana. O cóccix é a última vértebra.

- **Probas bioxeográficas.**

A distribución xeográfica das especies explícase pola suma dos procesos evolutivos e da tectónica de placas ó longo da historia da Terra. A ruptura do supercontinente Panxea provocou illamento de moitos grupos en diferentes continentes, onde evolucionaron adaptándose ás condicións locais. Un caso evidente de relación entre evolución e xeografía é o endemismo das illas.

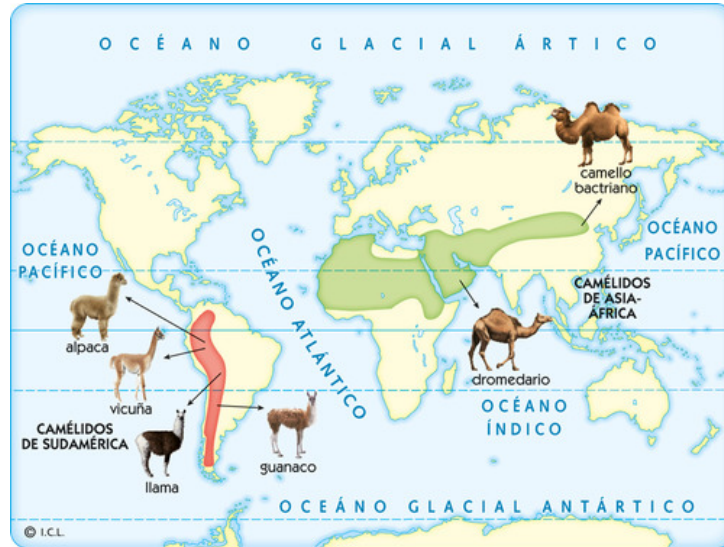


Fig. 4. A distribución actual dos camélidos pódese explicar coa evolución. Na actualidade existen 3 xéneros de camélidos: xénero *Camelus* (camelo dromedario, camelo salvaxe e camelo bactriano), habita en Asia e África; xénero *Vicugna* (vicuña e alpaca) e xénero *Lama* (guanaco e llama), estes dous últimos distribuídos por América do Sur. Todos eles proceden dun ancestro común que existiu en América do Norte no eoceno (40 millóns de anos atrás).

- **Probas paleontolóxicas**

Os fósiles amósanos os cambios nas especies que habitaron a Terra. Así mesmo, permítenos reconstruír a árbore filoxenética dos seres vivos.

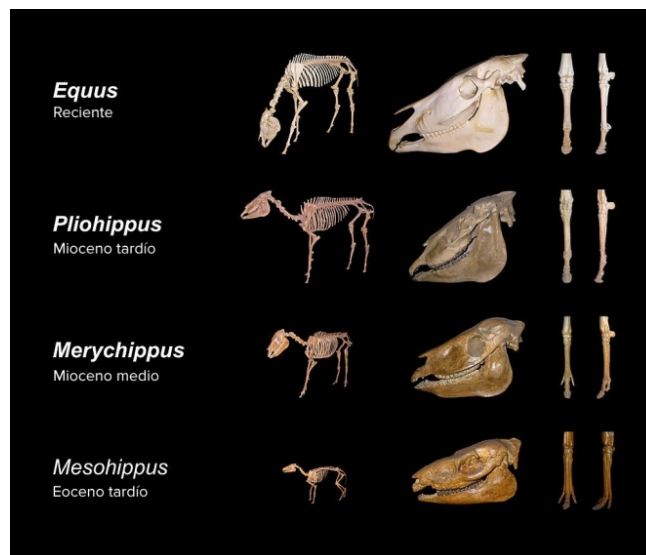


Fig. 5. Evolución das especies de cabalos dende o Eoceno tardío ata a actualidade.

- **Probas moleculares e xenéticas**

Tódolos seres vivos compartimos os mesmos compoñentes químicos (bioelementos e biomoléculas), o mesmo material xenético (ADN) e o mesmo código xenético, os mesmos procesos celulares básicos (metabolismo). Estes trazos comúns mostran que a actual diversidade biolóxica orixinouse a partir dun antepasado común. Actualmente, para estudar o grao de parentesco entre especies, analízanse as semellanzas que existen entre os xenomas e a súa expresión. Cando máis recente sexa a diverxencia entre dúas especies, máis semellante será o seu xenoma.

- Comparar secuencias de nucleótidos de ADN de especies diferentes pode proporcionar información sobre o parentesco evolutivo.



Fig. 6. A comparación da secuencia de bases do ADN de diferentes especies permite establecer graos de parentesco entre elas.

2.2. UN CAMBIO LENTO E GRADUAL: IDEAS EVOLUCIONISTAS

As **teorías evolucionistas** propoñen que as especies actuais descenden de antepasados comúns e que cambiaron co paso do tempo. Apareceron no século XIX, entrando en confrontación directa coas teorías fixistas, que sostiñan que as especies seguían sendo inmutables dende a súa creación: xa que foran creadas por Deus, tiñan que ser perfectas e por tanto non podían ter cambiado. Os científicos que se enfrontaron a esas crenzas abriron un camiño cheo de dificultades. Por orde cronolóxica, estas son as teorías evolucionistas:

A. LAMARCKISMO: a herdanza dos caracteres adquiridos.

Segundo **Lamarck (1809)**, as tres causas da transformación dunhas especies noutras son:

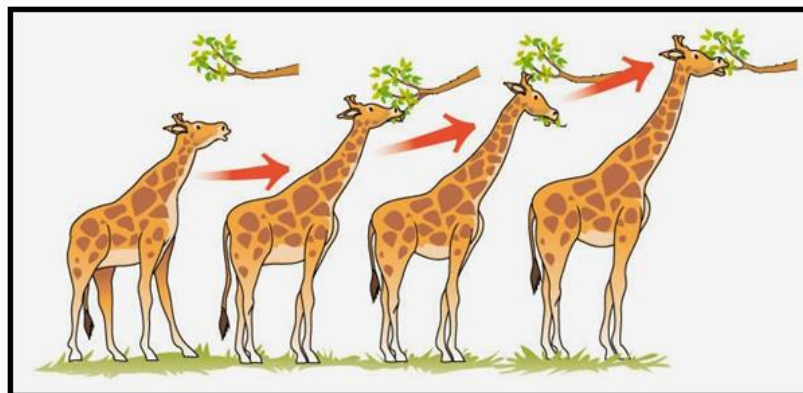


Fig. 7. Lamarck puxo como exemplo para explicar a súa teoría a evolución das xirafas e en concreto o progresivo aumento na lonxitude do seu colo dende as primeiras especies ás actuais.

- As especies cambian debido ás presións ambientais.
- A aparición de **adaptacións ao medio debido ao uso ou desuso dos órganos**. As variacións ambientais inducen cambios nos costumes. O uso ou desuso dun órgano inflúen no seu desenvolvemento ou na súa atrofia. Esta idea queda reflexada na frase **“a función crea o órgano”**.
- A **herdanza dos caracteres adquiridos**. Os cambios que experimentan os organismos durante a súa vida transmitense á descendencia.

B. DARWINISMO: teoría da evolución por selección natural

Charles Darwin na súa obra *“A orixe das especies”*, publicada en 1859, propuxo unha explicación causal para a evolución: **a teoría da selección natural**. As mesmas ideas foron expostas por Alfred Wallace ó mesmo tempo.

Segundo Darwin e Wallace, o mecanismo da evolución baséase en catro aspectos:

- Nas poboacións nacen máis individuos dos que poden sobrevivir ata a madurez
- Entre os individuos dunha poboación ocorre unha loita pola supervivencia.
- Nas poboacións existe unha variabilidade de caracteres que é herdable, diferenzas que poden ser favorables ou desfavorables en función das condicións ambientais.
- Supervivencia dos mais aptos: os individuos mellor adaptados, é dicir con características máis vantaxosas no medio no que viven, teñen unha maior probabilidade de sobreviviren e, polo tanto, de reproducírense e de deixaren descendencia semellante. Así, xeración tras xeración, os trazos dos mellor adaptados quedarán fixados á poboación.

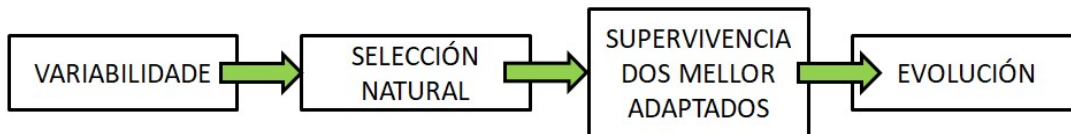


Fig. 8. Pasos do proceso evolutivo segundo a teoría da evolución por selección natural.

C. NEODARWINISMO. A teoría sintética da evolución

O redescubrimento das leis de Mendel en 1900, a existencia de xenes que se localizan nos cromosomas (teoría cromosómica da herdanza), xunto coa constatación de que as mutacións son unha das causas da variabilidade xenética levou á elaboración da teoría do **neodarwinismo** ou **teoría sintética** a partir dos traballos do xenetista Theodosius Dobzhansky, do zoólogo Ernst Mayr e do paleontólogo George Simpson.

Esta teoría contempla a evolución atendendo á variación dos xenes que caracterizan calquera poboación. Así, para entendela é necesario ter claros algúns conceptos que pode ser que teñamos esquecidos:

Alelos: son as diferentes versións que existen dun mesmo xene. Por exemplo, o xene que determina o carácter “cor dos ollos” ten dous alelos: un que informa sobre a cor marrón (A) e outro que informa sobre a cor azul (a).

Poboacións: conxunto de individuos dunha mesma especie que habitan o mesmo espazo, nun mesmo tempo e que se reproducen entre si.

Tendo claros estes dous conceptos podemos explicar a teoría neodarwinista. Segundo esta teoría, a **evolución é o cambio ó longo do tempo das frecuencias (proporcións) dos alelos dos xenes que caracterizan unha poboación.** O conxunto de xenes (e alelos) dunha poboación é coñecido como acervo (ou *pool* en inglés).

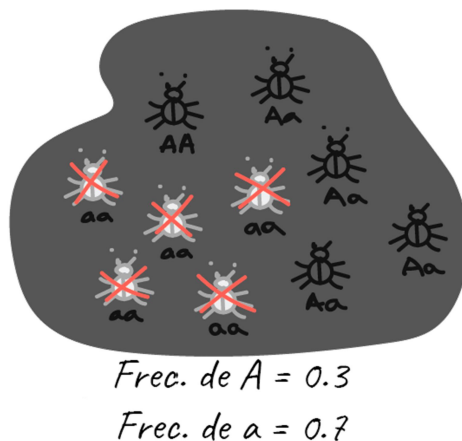


Fig. 9. Na teoría neodarwinista o proceso de evolución explícase a partir do cambio na frecuencia (proporción) dos xenes dunha poboación ó longo do tempo. Por exemplo, esta poboación de escaravellos ten un 30% de alelo **A** e un 70% de alelo **a**. Se esas frecuencias cambian, a poboación terá evolucionado.

Pero, cales son os motivos polos cales poden cambiar as proporcións (frecuencias) dos alelos nunha poboación? Lembra de os 5 dedos da man e por tanto os 5 posibles eventos ou factores:

1. Redución do tamaño das poboacións debido a eventos relacionados co azar (**deriva xenética**). De forma casual, por exemplo debido a un evento de vulcanismo, unha parte da poboación pode quedar destruída.
2. **Selección sexual:** en moitos seres vivos o apareamento non é aleatorio (ó chou) se non que se ve favorecido pola presenza de determinados caracteres.
3. **Mutacións:** cambios no ADN debidas á axentes externos (radiacións) ou erros durante a duplicación.
4. **Movimentos migratorios:** unha migración supón a entrada ou saída de individuos e por tanto fai variar as proporcións de alelos ou mesmo fai que entren novas versións.
5. **Selección natural:** segue sendo o proceso de maior importancia no proceso evolutivo, tal e como sinalaran Wallace e Darwin.

CALES SON OS PROCESOS QUE LEVAN A ESE CAMBIO?

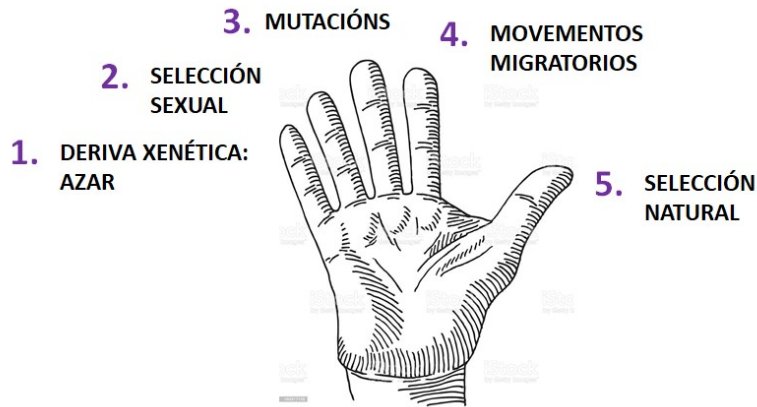


Fig. 10. Os dedos dunha man poden axudarnos a lembrar os cinco procesos que provocan a evolución dunha poboación. Fío para ver o vídeo: <https://www.youtube.com/watch?v=KWXQ8ouXgxY#t=14>

2.3. A ORIXE DE NOVAS ESPECIES: ESPECIACIÓN

Segundo a definición do biólogo evolucionista Ernst Mayr, unha **especie** é un conxunto de poboacións naturais que poden entrecruzarse, real ou potencialmente, e que están illados reprodutivamente doutros grupos similares.

Todos os seres vivos deste planeta procedemos dun único ancestral común. Se isto é así, a evolución non só debe explicar como unha especie cambia e se transforma noutra, senón tamén como a partir dunha especie poden formarse dúas ou máis e así sucesivamente ata alcanzar a biodiversidade actual. O proceso polo que a partir dunha especie se forman dúas ou máis denomínase **especiación**.

MODELO XERAL DE ESPECIACIÓN

A condición principal para a formación de novas especies é o **illamento reprodutivo**, que impide o fluxo de xenes entre poboacións da mesma especie debido a un proceso de **diverxencia xenética**.

O illamento reprodutivo pode deberse a diferentes factores que impiden a fecundación (factores precigóticos) ou debido a factores que provocan que, aínda habendo fecundación, a descendencia sexa estéril ou pouco resistente (factores cigóticos). Entre os primeiros atopamos:

- Os individuos acaban illándose debido a que habitan en diferentes hábitats.
- Pode ser que desenvolvan diferenzas importantes no seu comportamento, que fagan que uns individuos non lle resulten atractivos ós outros.
- Os períodos de celo non coinciden no tempo.
- As diferenzas anatómicas acumuladas son demasiado importantes.
- As diferenzas acumuladas a nivel xenético fan que os gametos xa non sexan compatibles.

Así, atendendo ó que vimos no vídeo sobre os paxaros da illa, pódense establecer unha serie de etapas no proceso de **especiación** (<https://www.youtube.com/watch?v=1hHlvvcAkzE>):

- **1ª etapa.** Dúas poboacións ven interrompido o intercambio de xenes por algún motivo, como por exemplo que unha migra a unha illa mentres a outra queda no continente. A partir dese momento, estas dúas poboacións evolucionarán de forma independente.

- **2ª etapa.** Co tempo, as diferenzas xenéticas íranse acumulando como resultado da acción combinada da mutación e a selección natural.

Se pasado o tempo as dúas poboacións poden cruzarse son posibles dúas alternativas:

- A. Que os híbridos resultantes do cruzamento non presenten desvantaxes fronte ao resto de individuos das dúas poboacións e se restableza un único conxunto de xenes. O proceso de especiación queda anulado ou detido.
- B. Que os híbridos manifesten desvantaxes suficientes para que a selección natural favoreza mecanismos que impidan a súa formación. Así completárase o proceso de especiación.

2.4. A ADAPTACIÓN DAS ESPECIES.

Unha **adaptación** é unha característica ou un conxunto de características que lle confiren ao organismo unha vantaxe para vivir nun determinado medio e poder reproducirse e ter descendencia.

A selección natural promove a adaptación dos organismos aos ambientes en que viven. Calquera variante hereditaria que mellore a capacidade de sobrevivir e reproducirse nun ambiente natural aumentará de frecuencia ao longo das xeracións, xa que os organismos que leven esa variante deixarán maior descendencia.

As variantes hereditarias xorden por **mutación**. As que son **desfavorables** son eliminadas por selección natural (os seus portadores deixan menos descendentes ca os que portan variantes favorables) mentres as **favorables** aumentan de frecuencia.

TIPOS DE ADAPTACIÓNS

As adaptacións dos organismos ao medio agrúpanse en tres tipos:

- **Morfolóxicas** ou **estruturais**: son modificacións que afectan á forma e aparencia do corpo. Exemplos son: a cripse, que consiste en que un ser vivo busca semellarse ó medio adaptando a súa cor, o patrón de debuxos ou o movemento, coma o polbo; o mimetismo, segundo o cal un ser vivo busca parecerse a outro ser vivo; modificación de órganos para adaptarse ó medio por exemplo as follas (espiñas) dos cactus.

- **Fisiolóxicas** ou **funcionais**: afectan ao funcionamento do organismo e con frecuencia vai acompañado de adaptacións morfolóxicas (glándulas do sal de aves...).

- **Etolóxicas** ou **de comportamento**: relacionadas con algún tipo de acción, como os bailes nupciais dalgunhas aves.

PARTE 2. CLASIFICACIÓN DOS SERES VIVOS

1. SISTEMÁTICA E TAXONOMÍA

Unha vez considerada a totalidade dos seres vivos, constatando as súas similitudes en canto á composición química, estrutura celular e funcionamento xeral, é necesario abordar a súa ampla diversidade mediante unha clasificación en grupos con características comúns. Así, científicos e científicas tratan de idear sistemas de clasificación que permitan agrupar os seres vivos en categorías lóxicas.

Os sistemas de clasificación evolucionaron desde os máis primitivos, baseados na utilidade, a morfoloxía ou a fisioloxía, ata a actual proposta que se basea na filoxenia ou historia evolutiva dos seres vivos.

A **taxonomía** é a rama da bioloxía que se encarga de establecer os procedementos e principios de clasificación dos seres vivos, agrupándoos en categorías denominadas **taxóns**.

1.1. AS CATEGORÍAS TAXONÓMICAS DE LINNEO

As bases da taxonomía actual foron establecidas polo naturalista sueco **Carl von Linneo** no século XVIII mediante a clasificación dos organismos en diferentes niveis xerárquicos, empregando como criterio as semellanzas estruturais.

Aínda que a taxonomía linneana non tivo en conta as relacións evolutivas, polo que a adxudicación dun ser vivo a unha categoría era en certa medida arbitraria, as categorías establecidas por el aínda se empregan na actualidade.

As categorías taxonómicas de Linneo son as que seguen:

A categoría básica é a **especie**, varias especies relacionadas inclúense nun **xénero**; os xéneros reúnen en **familias**, que á súa vez se agrupan en **ordes**; as ordes xúntanse en **clases**, que á súa vez forman **filos**; varios filos forman un **reino** e os reinos pertencen a **dominios**.

ESPECIE XÉNERO FAMILIA ORDE CLASE FILO REINO DOMINIO

Moitas veces é necesario establecer subgrupos dentro destas categorías, como subclases ou subespecies.

Outro dos grandes aportes de Linneo foi a **nomenclatura binomial** para nomear especies. Cada especie identifícase cun nome científico consistente en dúas palabras en latín: o nome do xénero coa primeira letra en maiúscula e o nome que concreta a especie (epíteto específico), coa primeira letra en minúscula (*Canis lupus*, *Homo sapiens*...). Os nomes científicos sempre se escriben en *cursiva* ou, se estamos escribindo a man, subliñados.



Fig. 11. O nome científico do paporrubio é *Erithacus rubecula*. Pertence logo ó xénero Erithacus, do que forman parte máis especies, como pro exemplo o *Erithacus komadori*.

1.2. OS SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN BIOLÓXICA: FILOXENIA, CLADÍSTICA E FENÉTICA

A **Filoxenia** (taxonomía evolutiva clásica) é o estudo da historia evolutiva dun organismo, o que permite establecer as relacións evolutivas entre as diferentes especies. Deste xeito, as categorías taxonómicas superiores á especie adquiren tamén un valor real, posto que agrupan aos organismos cun maior grao de parentesco.

A filoxenia convértese entón no criterio de clasificación que actualmente se utiliza na sistemática dos seres vivos utilizando as seguintes fontes de información para establecer as distintas agrupacións:

- Da **anatomía comparada**, o estudo de órganos homólogos (cunha mesma orixe e unha estrutura interna semellante).
- Da **paleontoloxía**, o estudo do rexistro fósil.
- Da **ontoxenia**, o estudo do desenvolvemento embrionario.
- Da **bioquímica**, a comparación da secuencia de aminoácidos e nucleótidos de proteínas e ácidos nucleicos respectivamente.

As relacións evolutivas dos organismos represéntanse graficamente nas **árbores filoxenéticas**, onde a base está ocupada pola especie ancestral común a todas as que se inclúen na árbore. As ramas que se van dividindo a medida que se afastan da base, representan linaxes da evolución.

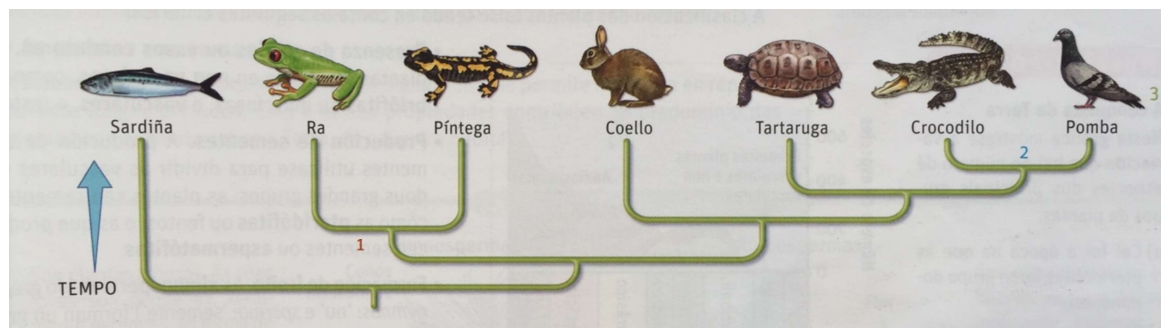


Fig. 12. Exemplo de árbores filoxenética que amosa a clasificación e evolución de diferentes grupos de animais vertebrados a partir dun ancestro común que ocuparía a base.

Ademais do criterio filoxenético, pódense utilizar outras metodoloxías para o agrupamento e clasificación dos organismos.

O **sistema cladístico**. Baséase exclusivamente na xenealoxía. Os seres vivos que constitúen un grupo deben ter, todos, unha **orixe común**. Os grupos así formados, e aos que se da nome, denomínanse **clados**.

O **sistema fenético** ou **numérico**. Baséase na similitude. Os seres vivos agrúpanse segundo o número de características que comparten. Téñense en conta o máximo de características e todas teñen a mesma importancia.

1.3. CRONOLOXÍA DAS CLASIFICACIÓNS

Como dato de interese inclúese este cadro no que se presentan os cambios sufridos ao longo do tempo nas principais categorías taxonómicas empregadas para clasificar os seres vivos:

LINNEO S. XVIII 2 reinos	HAECKEL 1866 3 reinos	WHITTAKER 1969 5 reinos	WOESE 1977 3 dominios	MARGULIS e SCHWARTZ 1985 5 reinos	CAVALIER-SMITH 1998 2 imperios e 6 reinos	
	Protista	Monera	Archaea Bacteria	Monera	Procariota	Bacterias
		Protista		Protoctista	Eukariota	Protozoos
Plantae	Plantae	Fungi	Fungi	Chromistas		
		Plantae	Plantae	Fungos		
Animalia	Animalia	Animalia	Animalia	Plantas		
					Animal	

A clasificación definitiva dos seres vivos está lonxe de concluír. Na actualidade, a que acadou unha maior difusión é a que clasifica os seres vivos en tres dominios: **Archaea, Bacteria e Eukarya**. Os criterios empregados son o tipo de organización celular (eucariota ou procariota), a composición da membrana nuclear e o tipo de ARNr (ribosómico).

Segundo esa clasificación, o dominio Archaea está formado polo reino Archea, o dominio Bacteria polo reino Bacteria, mentres que o dominio Eukarya estaría formado polos catro reinos restantes: Protista, Fungi, Plantae e Animalia.

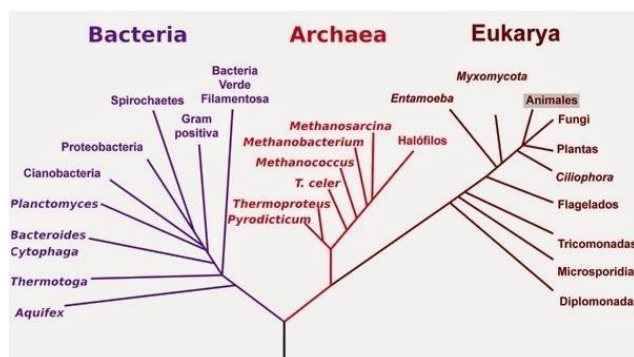


Fig. 13. Árbore filoxenética universal proposta por Karl Woese. Amosa a relación evolutiva entre os diferentes dominios e reinos.

Na seguinte táboa preséntanse as características principais deses reinos (e dominios). Afondaremos no seu coñecemento a medida que vaimos avanzando nos temas seguintes:

REINO	MONERA	PROTOCTISTA	FUNGI	PLANTAE	ANIMALIA
Organización celular	Procariota	Eucariota	Eucariota	Eucariota	Eucariota
Máximo nivel organización	Unicelulares	Unicelulares ou pluricelulares sen tecidos diferenciados	Unicelulares ou pluricelulares sen tecidos diferenciados	Pluricelulares con tecidos diferenciados e órganos	Pluricelulares con tecidos diferenciados, órganos, aparellos e sistemas
Núcleo	Ausente	Presente	Presente	Presente	Presente
Nutrición	Autótrofa ou heterótrofa	Autótrofa ou heterótrofa	Heterótrofa	Autótrofa	Heterótrofa
Pared celular	Presente, NON celulósica	Variable	Presente, de quitina e outros polisacáridos	Presente, de celulosa	Ausente
Nº de células	Unicelular	Unicelular ou pluricelular	Unicelular ou pluricelular	Pluricelular	Pluricelular
Tamaño	1 a 10 μm	10 a 100 μm	10 a 100 μm	10 a 100 μm	10 a 100 μm
Reproducción	Asexual por bipartición e Parasexual	Asexual e sexual	Asexual e sexual por esporas	Asexual e sexual por esporas ou sementes	Asexual ou sexual por unión de gametos
Dominios	ARCHAEA BACTERIA	EUKARYA			