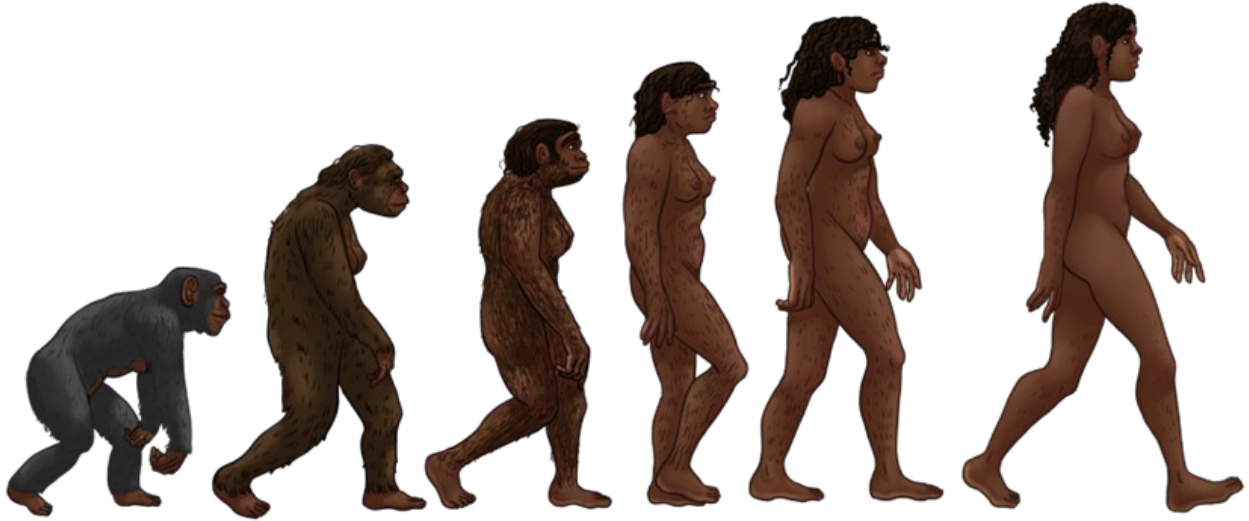




A ORIXE E EVOLUCIÓN DA TERRA E DA VIDA



"Female human evolution 2" (Stadtplaenzchen, CC0)



ÍNDICE

A ORIXE E EVOLUCIÓN DA TERRA E DA VIDA

1. ORIXE E EVOLUCIÓN DA TERRA.....	1
1.1 Orix e historia da Terra.....	1
1.2 Estrutura da Terra.....	1
1.2.1 Modelo xeoquímico.....	2
1.2.2 Modelo xeodinámico.....	3
1.3 A teoría da tectónica de placas.....	4
1.4 Manifestacións da tectónica de placas: os procesos xeolóxicos internos.....	5
1.4.1 Volcáns.....	6
1.4.2 Terremotos.....	7
<i>Exercicios</i>	8
2. ORIXE E EVOLUCIÓN DA VIDA.....	10
2.1 Hipóteses sobre a orixe da vida na Terra.....	10
2.1.1 Teoría da xeración espontánea.....	10
2.1.2 Evolución química da vida.....	10
2.1.3 A panspermia.....	11
2.2 Probas e teorías da evolución da vida.....	11
2.3 A evolución humana.....	15
2.4 Variabilidade xenética e a súa relación coa evolución e a biodiversidade.....	16
<i>Exercicios</i>	17
SOLUCIÓNS.....	19



1. ORIXE E EVOLUCIÓN DA TERRA

1.1 Orixe e historia da Terra

Para explicar a orixe do noso planeta temos que remontarnos á orixe do propio Sistema Solar. Segundo a **teoría da nebulosa primitiva** o Sistema Solar orixinouse hai uns 4.600 millóns de anos a partir do colapso dunha nube molecular de gran tamaño, o cal se cre que foi debido á onda expansiva provocada por unha supernova.

Como consecuencia deste colapso, a nebulosa primitiva comezou a contraerse e a xirar sobre si mesma, acumulándose a maior parte do material no centro da nebulosa mediante procesos de acreción gravitacional. Isto provocou que a temperatura aumentase considerablemente, dando lugar a un sol inicial ou protosol, que co tempo daría lugar ao Sol. O resto de materia adoptou unha forma de disco plano a partir do cal se foron formando en primeiro lugar os protoplanetas e despois os planetas actuais, satélites e resto de corpos do Sistema Solar. Os anacos máis pequenos que non chegaron a concentrarse constitúen o cinto de máis de 2.000 asteroides situados entre Marte e Xúpiter, é dicir, son restos da nube primitiva.

Como resultado da formación do Sistema Solar xorde a Terra. É o maior dos planetas rochosos do Sistema Solar e xira arredor do Sol nun movemento de translación, describindo unha órbita elíptica en, aproximadamente, un ano. Ao mesmo tempo xira sobre o seu propio eixe cada día nun movemento de rotación que tarda en completar 24 horas. Ademais, posúe unha capa externa gasosa rica en osíxeno, a atmosfera, e case tres cuartas partes da superficie terrestre están cubertas de auga formando a hidrosfera. Estas capas permiten que a temperatura media do planeta sexa duns 15 °C, ofrecendo unhas condicións únicas que fan da Terra o único planeta do Sistema Solar capaz de albergar vida, a cal coñecemos como biosfera.

1.2 Estrutura da Terra

A Terra non é unha esfera perfecta, está achatada nos polos de xeito que a súa forma aproxímase á dun elipsoide, ademais é rugosa e presenta grandes elevacións e profundas depresións. A parte rochosa do planeta, predominantemente sólida, denomínase xeosfera e está formada por rochas que á súa vez están constituídas por minerais.

Para explicar a estrutura interna do planeta existen dous modelos:

1.2.1 Modelo xeoquímico

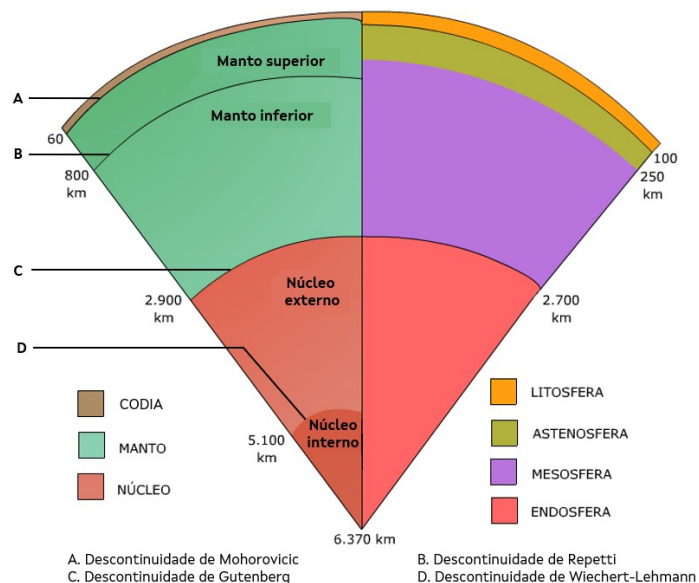
Baseado na composición química das capas do interior terrestre, o interior terrestre divídese en tres capas de densidade crecente, separadas por discontinuidades debidas a cambios bruscos na velocidade das ondas sísmicas.

- **Codia:** é a capa máis externa, delgada, sólida e lixeira. Esténdese desde a superficie ata a discontinuidade de Mohorovicic, situada a unha profundidade media de 20 km. Divídese á súa vez en:
 - **Codia continental** (ata 25-70 km): forma os continentes. A rocha máis abundante é o granito. De espesor variable como resultado da dinámica terrestre e por acumulación de rochas e outros sedimentos, ademais de rochas metamórficas.
 - **Codia oceánica** (ata 6-12 km): forma os fondos oceánicos. A rocha máis abundante neste caso é o basalto (rocha volcánica) e o gabro (o seu equivalente plutónico). É máis delgada ca codia continental, pero debido á súa composición é máis densa.
- **Manto:** constitúe a capa intermedia e a máis grosa. Sitúase entre a discontinuidade de Mohorovicic e a de Gutenberg (a unha profundidade de 2.900 km). Está formada por unha rocha moi densa, a peridotita. Divídese en dúas partes:
 - **Manto superior** (70-670 km): menos denso que o manto inferior, con parte dos seus materiais fundidos.
 - **Manto inferior** (670-2.900 km): é sólido debido ás maiores presións a que están sometidos os materiais.
- **Núcleo:** é a capa máis interna da Terra. Esténdese desde o límite inferior do manto, 2.900 km, ata o centro do noso planeta, a 6.371 km. Formado por materiais máis pesados, como o ferro e o níquel. Está dividido en dúas partes separadas pola discontinuidade de Lehmann:
 - **Núcleo externo** (2.900-5.100 km): formado por materiais fundidos. Nel maniféstanse correntes de convección, responsables do campo magnético terrestre.
 - **Núcleo interno** (5.100-6.371 km): formado por ferro e níquel que, debido ás altas presións, sólido.

1.2.2 Modelo xeodinámico

Divide o interior terrestre en función de dous criterios, o seu estado físico e o seu comportamento dinámico. Neste modelo considéranse as seguintes capas:

- **Litosfera:** é a capa máis superficial da Terra, formada pola codia e a parte superior do manto ríxido, que forman unha capa ríxida cun grosor de entre 30 km (zonas oceánicas) e 100 km (zonas continentais). Esta capa non é continua, senón que está dividida en grandes fragmentos que reciben o nome de placas litosféricas, que poden ser de tipo continental ou oceánico.
- **Astenosfera:** por baixo da litosfera atopamos unha capa que, debido ás condicións de temperatura e presións, ten un comportamento de material viscoso sobre o que "flotan" e se moven as placas litosféricas. É unha capa plástica e de espesor variable, entre 100 e 300 km nos lugares onde foi recoñecida, feito polo que algúns autores non a consideran como nivel universal. Permite o desprazamento horizontal das placas litosféricas ríxidas, así como os movementos verticais de elevación e afundimento de continentes.
- **Mesosfera:** é a capa máis extensa da Terra (300-2.900 km), formada polo resto do manto en estado sólido. A súa dinámica presenta correntes de convección. Nesta capa atópase unha zona de transición coa endosfera denominada Nivel D'' na que se producen intercambios de materiais e gran cantidade de enerxía en forma de calor entre estas capas a través destas plumas térmicas, que atravesan a mesosfera e a litosfera.
- **Endosfera:** ocupa o centro do planeta e coincide co núcleo (2.900-6.371 km), coincidindo a súa estrutura co núcleo do modelo xeoquímico. Nesta capa é onde se orixinan as correntes de convección, motor da dinámica interna do planeta.



"Modelo xeoquímico e dinámico" (modificado de Junta de Andalucía, CC BY-NC-SA 4.0)

1.3 A teoría da tectónica de placas

Esta teoría xorde na década de 1960 baseándose na teoría da deriva continental de Wegener e na teoría da expansión dos fondos oceánicos de Hess e grazas aos avances tecnolóxicos que permitiron aportar novas evidencias sísmicas, magnéticas e xeográficas.

Esta teoría tamén recibe o nome de **tectónica global**, xa que é capaz por si soa de explicar todos os fenómenos xeolóxicos que ocorren na Terra, como a situación actual dos continentes ou a orixe e a distribución xeográfica das cordilleiras, e dos principais fenómenos internos, como volcáns e terremotos, a partir do movemento relativo das placas litosféricas.

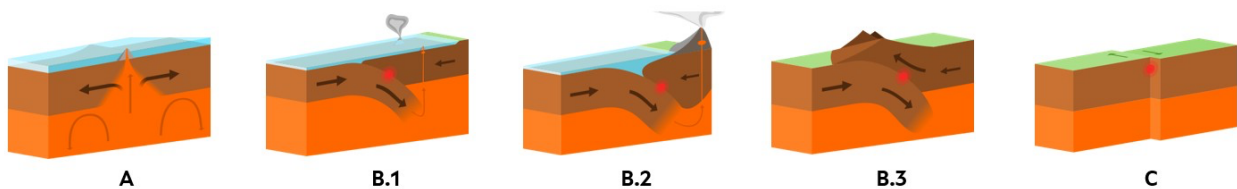
Así pois, a tectónica de placas explica que a litosfera está formada por grandes fragmentos ríxidos chamados placas litosféricas ou tectónicas, das cales existen oito principais. Estas placas están en constante movemento e a súa interacción é a responsable da maior parte da actividade xeolóxica interna, que se concentra nos seus límites. Alí, os procesos tectónicos son intensos: por exemplo, nos lugares onde dúas placas se separan, xéranse novos fondos oceánicos nas dorsais; en cambio, onde colisionan, unha pode afundirse baixo a outra nas fosas oceánicas, destruíndose por subducción e dando lugar á formación de cordilleiras. O movemento das placas tamén provoca o desprazamento dos continentes, xa que estes están situados sobre elas. Esta dinámica é posible grazas ás correntes de convección no manto terrestre, xeradas pola calor interna da Terra e a forza da gravidade, que arrastran as placas e condicionan a estrutura e evolución da superficie terrestre.



"Mapa das principais placas tectónicas da Terra" (M. Bitton, CC-BY-SA 4.0)

Os **bordos de placas** poden ser varios tipos:

- **Bordos diverxentes ou construtivos:** onde as placas se separan e ascende o magma do interior terrestre creando nova litosfera. Nestes bordos fórmanse dous tipos de estruturas, as dorsais oceánicas e os rifts continentais, como son a dorsal atlántica e o Gran Val do Rift africano.
- **Bordos converxentes ou destrutivos:** onde se produce un choque de placas. Existen tres casos:
 - **Converxencia de dúas placas oceánicas:** unha das placas oceánicas subduce baixo a outra doutra, formando arcos de illas volcánicas como Xapón e a fosas oceánicas.
 - **Converxencia dunha placa oceánica e unha continental:** a placa litoférica oceánica subduce por baixo da continental, creando unha cordilleira perioceánica como a dos Andes.
 - **Converxencia de dúas placas continentais:** na colisión de dúas placas continentais ningunha delas subduce baixo a outra, orixinando grandes cordilleiras como os Alpes ou os Himalaia.
- **Bordos transformantes:** as placas esvaran unha con respecto a outra e non se crea nin se destrúe litosfera. Un exemplo deste tipo sería a Falla de San Andrés (California).



A "A constructive/divergent plate margin/boundary with oceanic plates" (domdomegg, CC BY 4.0); B.1 "A destructive/convergent plate margin/boundary with an oceanic plate subducting under another oceanic plate with a bit of continental crust" (domdomegg, CC BY 4.0); B.2 "A destructive/convergent plate margin/boundary with an oceanic plate subducting under a continental plate" (domdomegg, CC BY 4.0); B.3 "A destructive/convergent plate margin/boundary with a continental plate subducting under another continental plate creating fold mountains" (domdomegg, CC BY 4.0); C "A conservative/transform plate margin/boundary" (domdomegg, CC BY 4.0)

1.4 Manifestacións da tectónica de placas: os procesos xeolóxicos internos

Os procesos xeolóxicos internos teñen a súa orixe nas transferencias de calor que manteñen en continuo movemento as rochas do interior terrestre. A súa orixe débese á calor remanente do proceso de formación do noso planeta e, por outra banda, á desintegración de elementos radioactivos que tamén liberan calor.

A transferencia desta calor realízase a través de correntes de convección, mediante as cales o material quente, menos denso e, polo tanto, máis lixeiro, ascende desde o núcleo cara á superficie. Cando arrefría, este material aumenta a súa densidade e volve a

afundirse. Este fluxo de materiais é xerado pola forte variación de temperatura entre a litosfera e o nivel D'' (límite manto-núcleo).

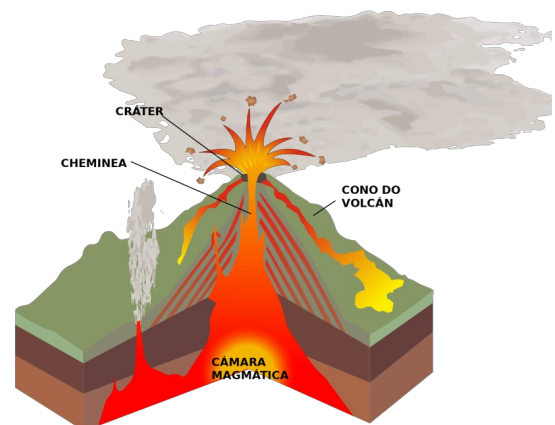
Como consecuencia desta disipación da calor interna cara o exterior, maniféstanse unha serie de procesos xeolóxicos internos como son o vulcanismo e a sismicidade, ademais dos movementos dos continentes e a formación das montañas asociados ao movemento das placas litosféricas.

1.4.1 Volcáns

Os volcáns son fendas na codia terrestre pola que saen mesturas de minerais fundidos, algúns cristais minerais e gases que denominamos magma cando están en profundidade e lava cando saen nas erupcións. Os volcáns poden pasar por períodos longos de inactividade e, nun momento determinado, volverse activos. Na actualidade hai uns 500 volcáns activos en todo o mundo, pero curiosamente a actividade volcánica máis intensa pasa inadvertida, xa que ocorre nos fondos dos océanos, nunhas cordilleiras situadas a miles de metros baixo a superficie, nas dorsais oceánicas.

A **estrutura dun volcán** é a seguinte:

- **Cámara magmática:** zona achegada á superficie onde se acumulan os materiais que ascenden desde o manto.
- **Cheminea:** conduto da codia a través da que sae ao exterior o magma.
- **Cono:** elevación formada pola acumulación do magma no exterior.
- **Cráter:** orificio polo que o magma emerxe ao exterior.



"Structure volcano unlabeled" (modificado de Luigi Chiesa, Dominio público)

Nas erupcións volcánicas expúlsanse ao exterior unha serie de produtos volcánicos, algúns sólidos (bombas volcánicas, lapilli, cinzas), outros líquidos (a propia lava) e tamén gaseosos (vapor de auga, dióxido de carbono, sulfuro de hidróxeno, etc.) En función do tipo de lava que expulsan os volcáns e da perigosidade das súas erupcións, os volcáns clasifícanse en hawaiano, estromboliano, vulcaniano ou peleano, sendo o primeiro o que expulsa lavas máis fluídas e sen explosión e o último o que produce as erupcións máis violentas.

As zonas de risco volcánico distribúense principalmente nas zonas de límites de placas. Os factores de risco están asociados principalmente do nivel de exposición ao volcán. O perigo vai depender do tipo de erupción da que se trate, da súa distribución xeográfica, da área total afectada e do tempo de retorno. Os riscos máis importantes son os gases, coadas de lava, choivas de piroclastos, nubes ardentes (é a manifestación máis grave), lahares (ríos de barro), tsunamis e movementos de ladeira.

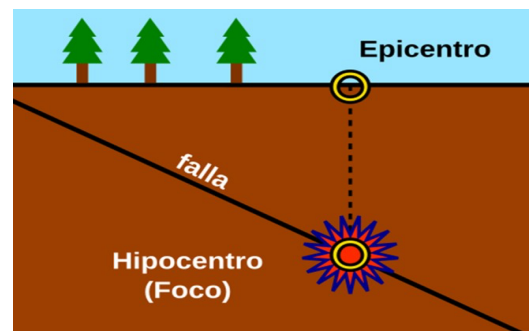
Para predicir e previr estes riscos hai que coñecer a frecuencia das erupcións e a súa intensidade (datos históricos). A predición realízase a partir dos datos recollidos con sismógrafos, análise de gases, imaxes de satélite etc. para elaborar mapas de risco. En canto aos métodos de prevención, algúns deles son desviar correntes de lava, realizar plans de evacuación, ordenación do territorio, etc.

1.4.2 Terremotos

Os terremotos son movementos bruscos das capas superficiais da Terra producidos pola fractura e o desprazamento de grandes masas rochosas do interior da codia. Estes movementos liberan gran cantidade de enerxía de forma repentina e violenta.

Os principais **elementos dun terremoto** son os seguintes:

- **Hipocentro:** lugar do interior da Terra onde se orixina o terremoto.
- **Ondas sísmicas:** son as vibracións que desde o hipocentro transmiten o movemento en todas as direccións. As ondas sísmicas son similares ás que se producen cando deixamos caer unha pedra na auga. Existen varios tipos de ondas sísmicas. Non todas se propagan do mesmo xeito; algunhas destas ondas móvense polo interior da Terra e outras fano pola superficie. Estas últimas son as responsables dos graves danos que causan algúns terremotos.
- **Epicentro:** é o lugar da superficie da Terra que está a menor distancia do hipocentro. Nel é onde se notan con máis intensidade os efectos do terremoto.



"Diagram of the epicenter of an earthquake in relation to its hypocenter/focus point (Sam Hocevar (traducido por NikNaks), CC BY-SA 1.0)

Os grandes terremotos ocasionan enormes desastres nun tempo breve. Os seus principais efectos son as sacudidas e desprazamentos superficiais do solo, os correntamentos de terras e os tsunamis.

A predición do risco sísmico é moi difícil, baséase nos datos históricos e nos períodos de recorrencia dos terremotos. Algúns posibles indicadores son: precursoros sísmicos, cambios no fluxo ou a temperatura da auga, cambios na forza da gravidade, variacións no comportamento dos animais,... En canto aos métodos de prevención a mellor opción é determinar as zonas suxeitas a maior risco e paliar os danos. Algunhas medidas son establecer restricións para a construción preto de fallas activas coñecidas, restrinxir o uso do chan en zonas nas que pode haber correntamentos de terras, reforzar as estruturas dos edificios construídos e deseñar as dos novos de maneira que resistan as sacudidas do solo e respecten as normas de construción, educar á poboación, etc.



EXERCICIOS

Exercicio 1

Completa as seguintes frases co termo correcto que falta en cada oco.

- a) A Terra ten forma de _____(1) lixeiramente _____(2) nos polos, o que provoca que non sexa unha esfera perfecta.
- b) A capa rochosa e sólida da Terra chámase _____(3) e está formada por _____(4) compostas por minerais.
- c) O modelo xeoquímico divide o interior da Terra en tres capas: _____(5), manto e núcleo, separadas por _____(6).
- d) O manto está composto maioritariamente por unha rocha densa chamada _____(7) e divídese en manto superior e manto _____(8).
- e) O modelo xeodinámico establece capas segundo o seu comportamento físico: a litosfera, que é ríxida, e a _____(9), que é plástica e permite o movemento das placas _____(10).

Exercicio 2

Elabora unha táboa resumo dos tipos de bordos entre placas litosféricas. Na cal se inclúan os tipos de bordos, o movemento das placas, as estruturas formadas e os exemplos de cada un deles.

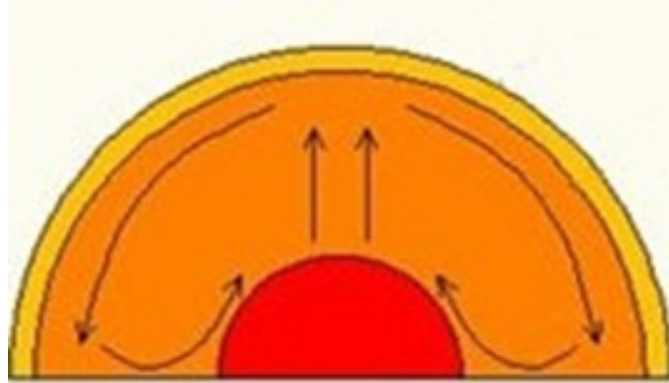
Exercicio 3

Indica se as seguintes afirmacións son Verdadeiras (V) ou Falsas (F). Se son falsas, corrixe a información.

- a) A litosfera está formada por placas ríxidas chamadas placas litosféricas ou tectónicas.
- b) Só existen tres placas tectónicas principais en toda a Terra.
- c) A maior parte da actividade xeolóxica interna concéntrase no interior das placas.
- d) Cando dúas placas se separan, fórmanse novas dorsais oceánicas.
- e) O movemento das placas é posible grazas ás correntes de convección do manto.

Exercicio 4

A seguinte imaxe representa o interior da Terra segundo o modelo xeodinámico. Indica o nome de cada capa e explica o significado das frechas representadas.



"Stagnant lid convection" (Modificado de Kzhan15, CC-BY-SA 3.0)

Exercicio 5

Indica as diferenzas entre os seguintes conceptos:

- a) Magma e lava
- b) Epicentro e hipocentro

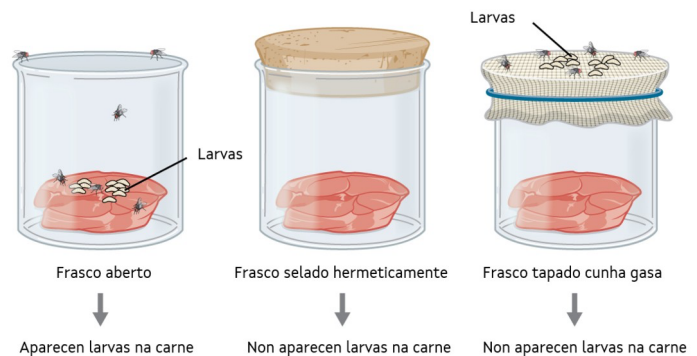
2. ORIXE E EVOLUCIÓN DA VIDA

2.1 Hipóteses sobre a orixe da vida na Terra

Ao longo da historia, a humanidade tentou explicar como xurdiu a vida. As primeiras explicacións estiveron influenciadas por crenzas relixiosas ou mitolóxicas, que falaban dun acto de creación divina, as cales foron sucedidas por hipóteses baseadas en experiencias químicas ou mesmo de orixe extraterrestre da vida. As principais hipóteses sobre a orixe da vida son as seguintes:

2.1.1 Teoría da xeración espontánea

A teoría da xeración espontánea xurdiu na Grecia clásica, na que filósofos como **Aristóteles** propuxeron que a vida podía xurdir de materia en descomposición. Esta idea prevaleceu ata o século XIX, e no proceso de refutación foron importantes dous científicos:



"Microbiology" (CNX-OpenStax, CC-BY-4.0)

- No ano 1668 o médico italiano **Francesco Redi** realizou un experimento con tarros de carne, uns abertos e outros tapados. Só nos abertos apareceron vermes, demostrando que procedían de ovos de moscas e non da carne en si. Porén, o experimento non foi decisivo.
- No ano 1861 **Louis Pasteur** refutou de forma concluínte a teoría da xeración espontánea. Utilizou matraces de pescozo de cisne que permitían a entrada de aire pero impedían a chegada de po e microorganismos. Ao non enturbarse o líquido do interior, quedou claro que a vida non aparecía espontaneamente sen a presenza de xermes no ambiente.

2.1.2 Evolución química da vida

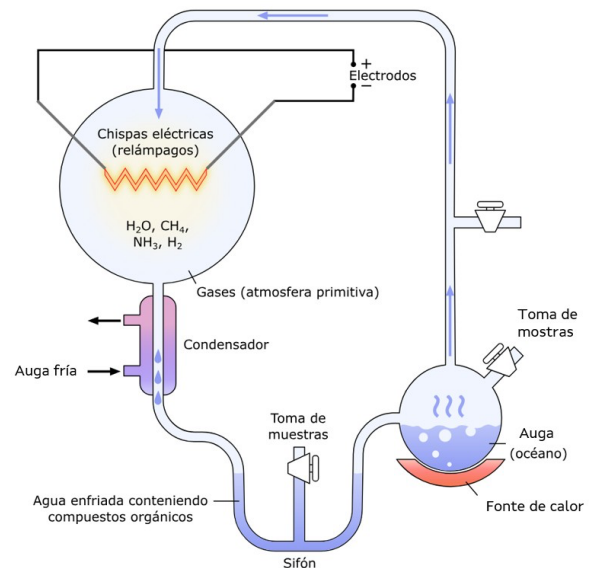
Nos anos 20 do século XX, os científicos **Aleksandr Oparin** e **John Haldane** formularon, de xeito independente, a hipótese de que a vida puido xurdir a través dun proceso gradual a partir de materia inorgánica, nunha Terra primitiva con atmosfera sen osíxeno (reductora).

Propoñían que moléculas simples como o metano, o amoníaco ou a auga puideron reaccionar coa enerxía dos lóstregos ou do Sol para formar compostos orgánicos básicos, como aminoácidos e nucleótidos. Estas moléculas teríanse acumulado nos océanos, formando unha sopa primordial que posteriormente, combinaríanse formando polímeros (proteínas e ácidos nucleicos), posiblemente en pozas costeiras. Finalmente, estas

estruturas poderían organizarse en sistemas autorreplicantes, similares ás primeiras células.

A pesar de que algúns aspectos desta teoría foron cuestionados, como o tipo de atmosfera da Terra primitiva, a súa base continúa sendo aceptada pola maioría da comunidade científica.

En 1953, **Miller e Urey** realizaron un experimento que reproducía as condicións da Terra primitiva nun sistema pechado con auga quente e gases como metano, amoníaco e hidróxeno. Aplicando descargas eléctricas para simular lóstregos, lograron sintetizar aminoácidos e outras moléculas orgánicas, probando que os elementos básicos da vida podían formarse espontaneamente.



"Experimento de Miller y Urey" (YassineMrabet, CC-BY-SA-3.0)

2.1.3 A panspermia

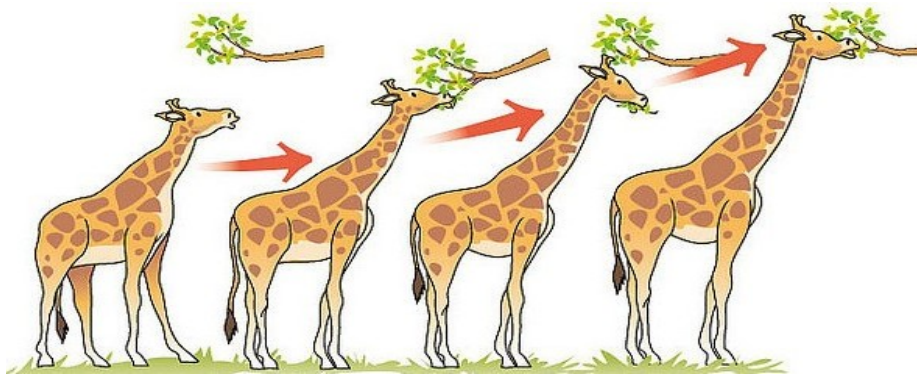
A teoría da panspermia propón que a orixe das moléculas orgánicas procede do exterior da Terra, transportadas por meteoritos. Esta idea conta con certas evidencias, xa que nalgúns meteoritos, como o ALH84001 procedente de Marte ou o Murchison, atopáronse compostos orgánicos.

2.2 Probas e teorías da evolución da vida

Unha vez que a vida aparece sobre a Terra, xorde un novo interrogante: como a partir dunha soa célula puido aparecer toda a diversidade de especies que existe hoxe día? Para responder a esta pregunta existen diversas teorías.

- **Fixismo:** defendida por **Carlos Linneo** no século XVIII, propón que as especies non cambian, senón que se mantiveron invariables ao longo do tempo desde a creación do universo.
- **Catastrofismo:** proposta por **George Cuvier** no século XVIII, propón que cada cataclismo xeolóxico destrúe as especies existentes, de forma que se produce posteriormente unha creación de novas especies.
- **Transformismo:** a finais do século XVIII, **Georges-Louis Leclerc**, Conde de Buffon, achegou a idea de que os seres vivos se transforman ou evolucionan, o que favoreceu que se abandonasen as teorías fixistas e catastrofistas, iniciando o cambio de pensamento sobre a inmutabilidade das especies.

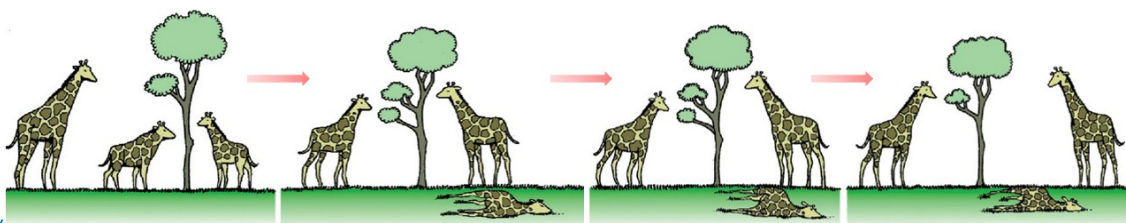
- **Teoría da herdanza dos caracteres adquiridos:** foi a primeira teoría evolucionista suficientemente elaborada, presentada polo francés **Jean-Baptiste de Monet**, cabaleiro de Lamarck, en 1809. As principais ideas desta teoría poden resumirse en:
 - O ambiente produce modificacións dos caracteres: as condicións ambientais varían ao longo do tempo.
 - A función crea o órgano: os novos hábitos permiten o desenvolvemento de determinados órganos.
 - Herdanza dos caracteres adquiridos: as modificacións, inducidas polo ambiente, son transferidas á descendencia.



"Debuxo explicativo" (Sandritaverooka, CC BY-SA 4.0)

- **Teoría da selección natural:** proposta por **Alfred Wallace** e **Charles Darwin**, de forma independente, en 1859. Nesta teoría os mecanismos evolutivos resúmense nas seguintes ideas:
 - Non todos os individuos dunha especie son idénticos. Existe unha variabilidade da descendencia que se transmite xeneticamente.
 - Entre os individuos hai unha loita pola existencia e só sobreviven aqueles cuxas variacións os fan máis aptos (supervivencia do máis apto). Desta maneira, as variacións favorables presérvanse. Esta idea foi denominada selección natural.
 - A acumulación de diferenzas adaptativas vai producindo o cambio dunhas especies a outras.

Darwin e Wallace atopáronse co problema de explicar por que existía esa variedade de individuos e por que había características que se herdaban e outras que non, xa que cando formularon esta teoría non se coñecían os fundamentos xenéticos nin da herdanza de caracteres.

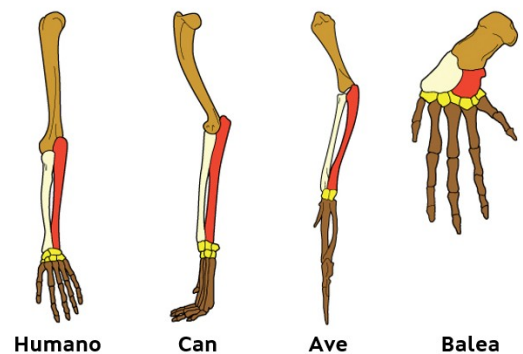


- **Teoría sintética da evolución:** proposta por **Theodosius Dobzhansky** no século XX. A raíz do redescubrimento dos traballos realizados por Mendel, a teoría darwinista sufriu certas modificacións, integrando a xenética mendeliana e os seguintes mecanismos:
 - Nas poboacións existe unha variabilidade xenética, orixinada por mutación e polos procesos de recombinación xenética.
 - A selección natural elimina aqueles individuos que pola súa información xenética son menos aptos. As características, determinadas xeneticamente, que teñen valor adaptativo son seleccionadas e transmítense á xeración seguinte.
 - As especies son conxuntos de poboacións que posúen un fondo xenético común e que son capaces de reproducirse entre si. O conxunto de xenes, coas novas combinacións que poden producirse por mutación ou recombinación, vese sometido á selección natural e determina as características das poboacións en cada momento, segundo as condicións ambientais.
- **Teoría do equilibrio puntuado:** algúns biólogos como **Stephen Jay Gould** e, sobre todo, os paleontólogos adoitan discrepar das ideas neodarwinistas no aspecto da velocidade á que se producen os cambios nas poboacións que terminan dando lugar a especies novas. Eles, ao estudar os fósiles, o que observan é que eses cambios parecen producirse moito máis rápido do que indica o neodarwinismo e o evolucionismo en xeral: o rexistro fósil non fala de cambios graduais ao longo de moitas xeracións, senón de cambios moito máis rápidos, en moi poucas xeracións, que converten unhas especies noutras como resposta aos cambios no medio, como se a evolución avanzase a saltos.

As probas da evolución

As probas da evolución son as evidencias que permiten poñela de manifesto. Entre as principais destacan as seguintes:

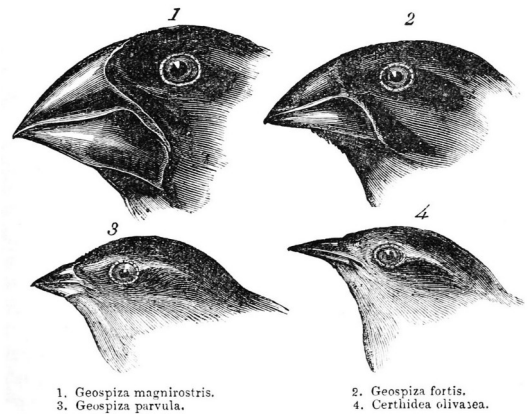
- **Anatomía comparada:** baséanse no estudo comparado da estrutura de órganos.
 - **Órganos homólogos:** son órganos que teñen a mesma estrutura interna (mesma orixe evolutiva) pero funcións diferentes. Por exemplo, a aleta dun golfinho e a á dun morcego teñen a mesma estrutura interna, pero unha serve para nadar e a outra para voar.
 - **Órganos análogos:** son órganos que desempeñan a mesma función, pero teñen unha constitución anatómica diferente



"Órganos homólogos" (modificado de OpenStax College, *Biología*, CC BY 4.0)

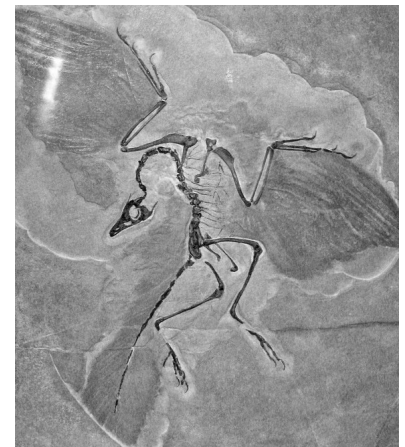
(diferente orixe evolutiva). Por exemplo, a á dun insecto e a á dunha ave, especies moi separadas evolutivamente que, ao adaptarse ao mesmo medio, desenvolveron estruturas similares.

- **Órganos vestixiais:** son órganos atrofiados, non funcionais, que aparecen en antepasados antigos perfectamente funcionais, pero que co transcurso das xeracións deixaron de ser útiles nos organismos actuais. Un exemplo é o apéndice ou as moas do xuízo nas persoas.
- **Probas bioxeográficas:** consisten na existencia de grupos de especies semellantes que habitan lugares relacionados entre si pola súa proximidade, situación ou características. Todas esas especies proveñen dunha única especie antepasada que orixinou a todas as demais a medida que pequenos grupos de individuos se adaptaban ás condicións dun lugar concreto, que eran diferentes ás doutros lugares. Un exemplo característico son os pimpíns das illas Galápagos que foron estudados por Darwin.



"Darwin's finches by Gould" (John Gould, Dominio público)

- **Probas paleontolóxicas:** o estudo dos fósiles dámos unha idea moi directa dos cambios que sufriron as especies ao transformárense unhas noutras. Existen moitas series de fósiles de plantas e animais que nos permiten reconstruír como se foron adaptando ás cambiantes condicións do medio, como o paso de réptiles a aves a través do *Archaeopteryx* ou a evolución dos cabalos para adaptarse ás grandes praderías abertas polas que corrían.
- **Probas moleculares:** consisten en comparar moléculas como as proteínas ou o ADN entre distintas especies, sendo estas máis próximas evolutivamente canto menos diferenzas haxa entre as súas moléculas.



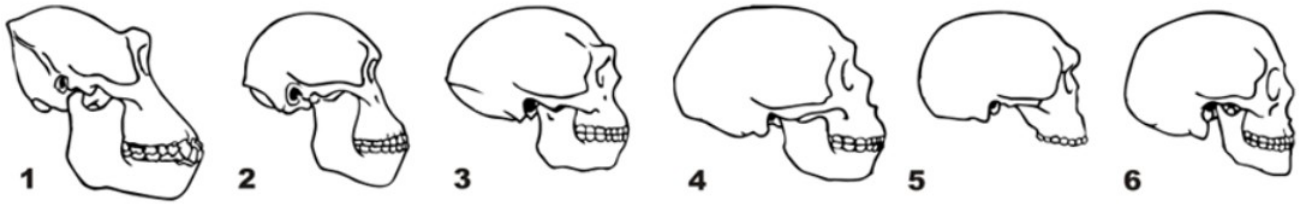
"Archaeopteryx lithographica" (James St. John, CC BY 2.0)

- **Probas embriolóxicas:** o estudo dos embrións dos vertebrados dámos unha visión do desenvolvemento evolutivo dos grupos de animais, xa que as primeiras fases dese desenvolvemento son iguais para todos os vertebrados, sendo imposible diferenciarlos entre si; só ao ir avanzando o proceso, cada grupo de vertebrados terá un embrión diferente ao do resto, sendo tanto máis parecidos canto máis emparentadas estean as especies.

2.3 A evolución humana

O ser humano (*Homo sapiens*) pertence ao grupo dos primates, como os monos e os simios. A nosa especie apareceu en África hai uns 200.000 anos, pero antes que nós existiron outras especies de homínido.

- **A orixe dos primates e os primeiros homínidos:** os primates existen desde hai uns 70 millóns de anos. Tiñan visión frontal, cerebro desenvolvido e mans con polgares opoñibles, o que lles axudaba a moverse polas árbores. Os primeiros hominoideos apareceron hai uns 25 millóns de anos. Deste grupo saíron os grandes simios (como gorilas e chimpancés) e os homínidos, que somos nós e os nosos antepasados. Hai uns 5-6 millóns de anos, os homínidos separáronse dos grandes simios e comezaron a camiñar erguidos. Vivían nun medio con selvas, pero os cambios no clima fixeron que moitos destes bosques se converteran en sabanas.
- **Preaustralopitecose australopitecos:** os primeiros homínidos, como *Sahelantropus*, *Orrorin* e *Ardipithecus*, viviron entre 7 e 4 millóns de anos atrás. Vivían en zonas con árbores, aínda que xa camiñaban algo erguidos. Despois viñeron os australopitecos (4 a 2 millóns de anos), como Lucy. Tiñan o cerebro pequeno, pero xa eran bos camiñantes bípedes e tiñan dentes adaptados para comer plantas duras. Na mesma época tamén existiron os parántropos, con mandíbulas e dentes moi fortes. Eran vexetarianos e vivían en sabanas secas.
- **O xénero Homo:** os representantes do xénero Homo foron evolucionando e adaptándose á vida na terra firme. As súas principais características foron a postura ergueita e marcha bípede, as mans hábiles para fabricar ferramentas, un cerebro máis grande e capacidade para pensar, falar e crear cultura, e unha organización en grupos sociais. As especies máis importantes do xénero Homo foron:
 - ***Homo habilis*:** usaba ferramentas e comía carne. Viviu hai 2 millóns de anos.
 - ***Homo ergaster*:** tiña un cerebro máis grande e empezou a saír de África.
 - ***Homo erectus*:** controlaba o lume e vivía en Asia. O seu cerebro era de 1.000 cm³.
 - ***Homo antecessor*:** viviu en Europa, en Atapuerca, e é o antecesor dos neandertais e dos humanos modernos.
 - ***Homo neanderthalensis*:** viviu en Europa. Tiña o corpo forte e adaptado ao frío. Tiña un cerebro moi grande, facía ferramentas, coidaba dos enfermos e facía enterramentos.
 - ***Homo sapiens*:** é a nosa especie. Apareceu hai uns 40.000 anos. Ten un cranio redondeado, cara plana e gran intelixencia. Desenvolveu a linguaxe, a arte rupestre e a tecnoloxía, e expandiuse por todo o planeta.



"PersianEvolution" (Vladlen666, CC BY-SA 3.0)

2.4 Variabilidade xenética e a súa relación coa evolución e a biodiversidade

As alteracións do ADN poden ter distintas repercusións nas células e nos individuos que as sofren en función do tipo de mutación e xenes que afecte. Se a mutación afecta ao ADN dunha célula do corpo que non produza gametos só terá efectos nela e nas posibles células fillas que descendan dela, mentres que se a afectada é unha célula xerminal que produza gametos a mutación transmitirase á descendencia e será herdable.

O feito de que as mutacións poidan herdarse, xunto cos procesos de recombinación xenética e reprodución sexual constitúen os principais mecanismos de variabilidade xenética nas poboacións:

- **Mutacións:** a maioría das mutacións supoñen a aparición de variantes xénicas que afectan negativamente ao organismo que as posúe, polo que tenden a ser eliminadas por selección natural. Porén, as variantes beneficiosas poden supoñer unha vantaxe para o organismo, fixándose na poboación e contribuíndo á evolución a da especie.
- **Recombinación xenética:** consiste no intercambio de información entre cromosomas homólogos, permitindo mesturar os xenes existentes dos cromosomas e formar gametos con novas combinacións xénicas.
- **Reprodución sexual:** o proceso de reprodución sexual produce novas combinacións xénicas na descendencia debido ao mecanismo de produción de gametos nos proxenitores. Na formación dos gametos distribúense de forma aleatoria os cromosomas homólogos, polo que cada gameto resultante é diferente dos demais. Isto explica que os descendentes sexan parecidos aos proxenitores, pero non iguais.

A existencia dos mecanismos de variabilidade xenética garante a existencia e continuidade da evolución dos seres vivos. Os individuos que posúan variacións que ofrezan unha mellor adaptación ao medio perdurarán e deixarán máis descendencia que aqueles pouco adaptados, evolucionando as especies co paso do tempo.



EXERCICIOS

Exercicio 6

Moitos produtos químicos empregados na agricultura perden eficacia co tempo e deben ser substituídos por novos produtos. Como explicaría este feito un defensor da teoría lamarckista? E un darwinista?

Exercicio 7

O *Archaeopteryx* é un fósil dunha ave primitiva con características de réptil. Que demostra este fósil? A que grupo pertence este tipo de probas?

Exercicio 8

A porcentaxe de similitude na secuencia de aminoácidos da hemoglobina humana con respecto a diversas especies é a seguinte: lamprea 14 %, ra 54 %, galiña 69 %, rato 87 % e macaco 95 %. Que demostra isto? Ordena as distintas especies en función do seu parentesco evolutivo co home.

Exercicio 9

Relaciona correctamente cada especie coa súa descrición: *Homo habilis*, *Homo erectus*, *Homo neanderthalensis*, *Homo sapiens*, *Homo antecessor*.

- Controlaba o lume e vivía en Asia.
- Usaba ferramentas e comía carne.
- Viviou en Europa, tiña corpo forte, coidaba dos enfermos e facía enterramentos.
- Desenvolveu arte rupestre, tecnoloxía e expandiuse por todo o planeta.
- Viviou en Atapuerca e foi antecesor de neandertais e humanos modernos.

Exercicio 10

Completa os seguintes ocios empregando estas palabras (hai máis palabras das necesarias): mutacións · somática · xerminal · herdables · recombinación · gametos · evolución · cromosomas · reprodución sexual · selección natural

- As _____ que afectan a células xerminais poden ser transmitidas á descendencia e, polo tanto, son _____.
- A _____ consiste no intercambio de material xenético entre _____ homólogos.



- c) A _____ é outro dos mecanismos de variabilidade xenética, xa que xera novas combinacións de xenes na descendencia.
- d) A maioría das mutacións son prexudiciais e son eliminadas pola _____.
- e) A variabilidade xenética é fundamental para que se produza a _____ das especies ao longo do tempo.

SOLUCIÓNS

Exercicio 1

1. elipsoide, 2. achatada, 3. xeosfera, 4. rochas, 5. codia, 6. discontinuidades, 7. peridotita, 8. inferior, 9. astenosfera, 10. litosféricas.

Exercicio 2

Tipo de bordo	Movemento das placas	Estruturas formadas	Exemplos
Diverxente	Separación	Dorsal oceánica, rift	Dorsal Atlántica
Transformante	Desprazamento lateral	Falla	Falla de Santo André
Converxente (O - O)	Choque	Arcos de illas	Xapón
Converxente (O - C)	Choque	Cordilleira perioceánica	Os Andes
Converxente (C - C)	Choque	Cordilleiras	Himalaia

Exercicio 3

- a) Verdadeiro
- b) Falso. Existen oito placas principais.
- c) Falso. A maior parte da actividade xeolóxica interna concéntrase nos límites entre placas.
- d) Verdadeiro
- e) Verdadeiro

Exercicio 4

Os materiais do manto próximos ao núcleo están a maior temperatura que os próximos á codia. Isto fai que teñan unha menor densidade e ascendan cara ao exterior. Os que se atopan na zona superior máis fría están a menor temperatura, polo tanto, cunha maior densidade e descenden. Así fórmanse unhas correntes circulares chamadas correntes de convección do manto.



Exercicio 5

- a) O magma é unha mestura de minerais fundidos, algúns cristais minerais e gases e a lava é o magma en superficie, cando sae ao exterior nas erupcións.
- b) O hipocentro é o lugar do interior da Terra onde se orixina o terremoto mentres que o epicentro é o lugar da superficie da Terra que está a menor distancia do hipocentro; nel é onde se notan con máis intensidade os efectos do terremoto.

Exercicio 6

- a) Lamarckista: explicaríao dicindo que as especies agrícolas se van afacendo a unha cantidade cada vez maior de funxicida e cada vez fanlle menor efecto.
- b) Darwinista: explicaríao dicindo que hai variedade natural de organismos agrícolas, xa antes de engadir o funxicida, sendo unhas resistentes aos funxicidas e outras non. Ao empregar o praguicida as variedades que non teñen resistencia aos funxicidas morren, e as que teñen esta resistencia sobreviven e poden reproducirse, transmitindo esta característica á seguinte xeración. Daquela, as novas plantas tamén son resistentes aos funxicidas.

Exercicio 7

Este fósil con características propias das aves (plumas, pico...) e dos réptiles (escamas, dentes...) demostra que as aves evolucionaron a partir dos réptiles, que son máis primitivos. Trátase dunha proba paleontolóxica.

Exercicio 8

Demostra o grao de parentesco evolutivo entre estas especies, sendo o macaco máis próximo evolutivamente ao rato que á galiña, pero máis afastado da ra e moito máis afastado evolutivamente da lamprea.

Situariámolos na seguinte orde evolutiva: lamprea, ra, galiña, rato, macaco e home

Exercicio 9

Homo habilis: B, Homo erectus: A, Homo neanderthalensis: C, Homo sapiens: D, Homo antecessor: E.



Exercicio 10

- a) As **mutacións** que afectan a células **xerminais** poden ser transmitidas á descendencia e, polo tanto, son **herdables**.
- b) A **recombinación** consiste no intercambio de material xenético entre cromosomas homólogos.
- c) A **reproducción sexual** é outro dos mecanismos de variabilidade xenética, xa que xera novas combinacións de xenes na descendencia.
- d) A maioría das mutacións son prexudiciais e son eliminadas pola **selección natural**.
- e) A variabilidade xenética é fundamental para que se produza a **evolución** das especies ao longo do tempo.