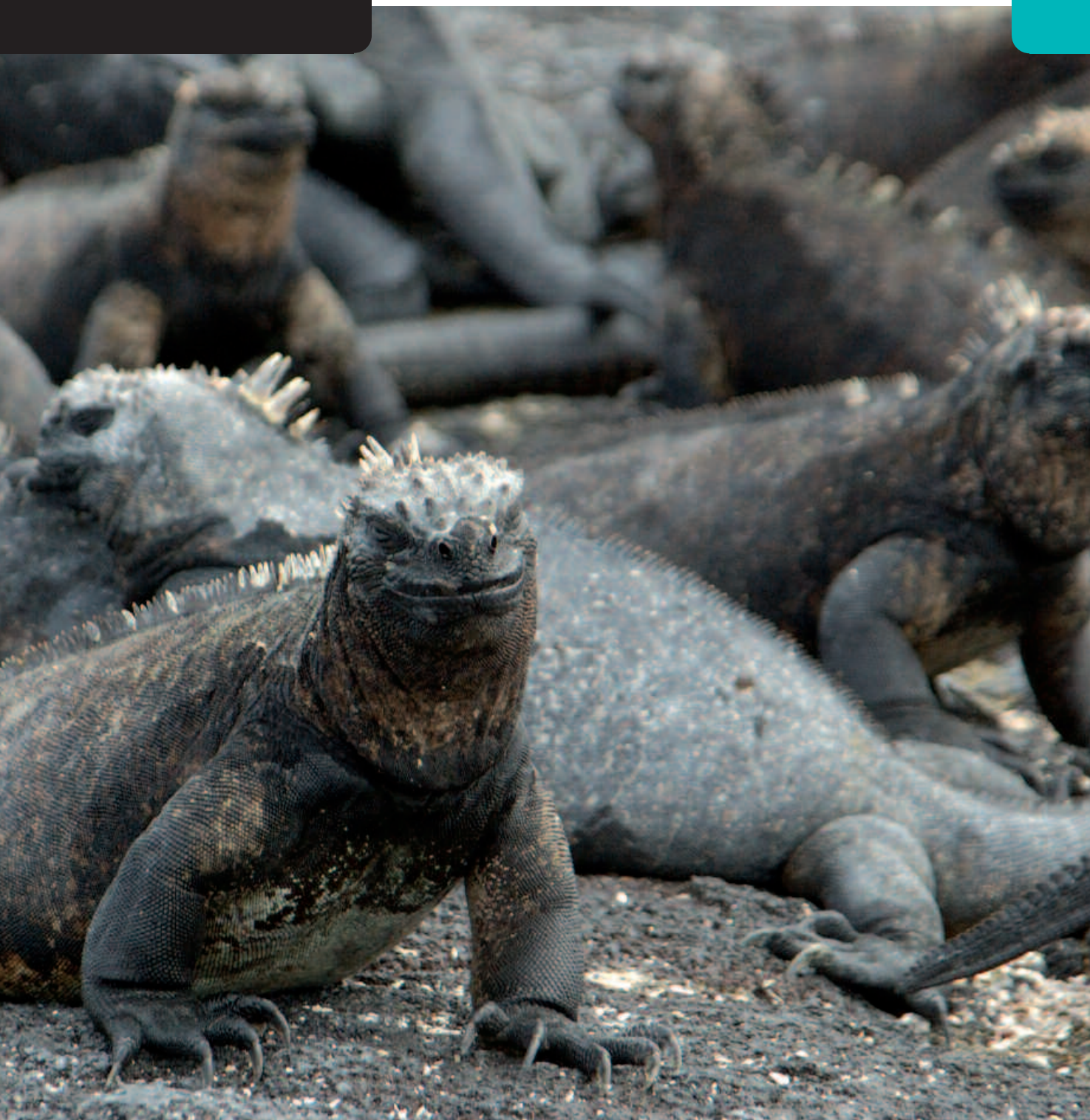


2

La teoría de la evolución y el origen del ser humano



Índice

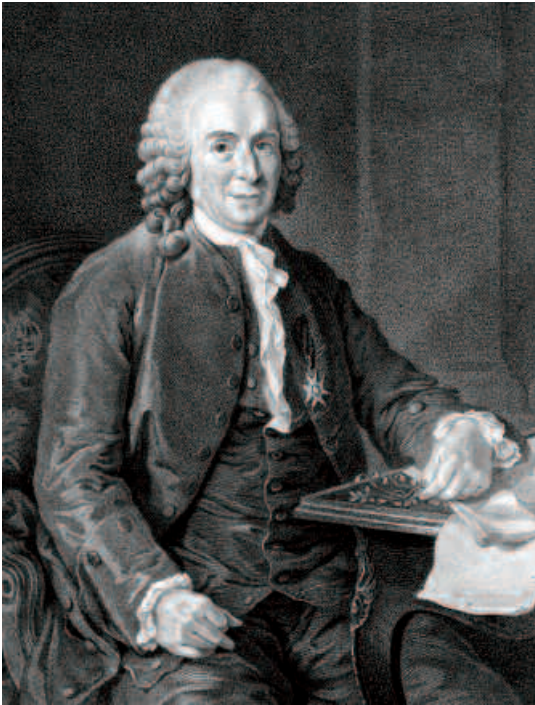
1. Origen de las especies
2. Teorías y pruebas de la evolución
3. Origen de la especie humana y el proceso de hominización

La existencia de especies diferentes en lugares relativamente próximos y que tenían un mismo clima, pero entre los que había una barrera infranqueable, como ocurre con las diferentes especies de pinzones y las diferentes subespecies de tortugas terrestres que viven en las islas Galápagos, fue uno de los principales hechos que condujeron a Charles Darwin a proponer la teoría de la evolución.

Los hallazgos de cráneos fósiles con características intermedias entre los seres humanos y los grandes primates muestran que la especie humana no es una excepción en el proceso evolutivo.

La ciencia no tiene todavía respuestas para todas las cuestiones que se plantean sobre la evolución de las especies, pero sí nos aporta un buen número de pruebas que permiten descartar explicaciones simplistas y algunas interpretaciones que han resultado erróneas.





Carl von Linné (1707-1778). Naturalista sueco a quien se debe la nomenclatura binomial para designar las especies.



Georges Cuvier (1769-1832). Zoológico francés iniciador de la anatomía comparada y de la paleontología.

1. Origen de las especies

1.1 Concepto de especie

La especie se define como el **conjunto de individuos que se pueden reproducir entre sí y pueden dar lugar a descendientes también fértiles**. Dicho de otro modo, los individuos que no pueden hacerlo se considera que son de distinta especie. Esta definición, que no es aplicable a los fósiles, está limitada a los individuos con reproducción sexual.

A lo largo de la historia se han dado dos tipos de explicaciones sobre el origen de las especies: la **creación directa** y la **evolución biológica**.

1.2 Creacionismo, fijismo y catastrofismo

El creacionismo y el fijismo eran las corrientes de pensamiento instaladas en la comunidad científica antes de que fueran sustituidas por las teorías de la evolución.

La simple observación mostraba que los descendientes eran iguales a sus progenitores. Así, por ejemplo, los ciervos eran engendrados por otros ciervos de similares características. Según la **teoría creacionista**, el origen de cada una de las especies se debía un acto creador específico. De manera complementaria a esta idea, la **teoría fijista** sostenía que las especies se mantienen invariables a lo largo del tiempo.

Carl von Linné (1707-1778), uno de los científicos más representativos de este pensamiento, sintetizaba así estas teorías: «Hay tantas especies diferentes como formas diversas fueron creadas en un principio por el ser infinito».

Georges Cuvier (1769-1832) también era partidario de la **inmutabilidad de las especies**. Consideraba que los fósiles eran restos de seres vivos que habían existido en tiempos pasados, pero no de especies antecesoras de los organismos actuales. Para explicar la desaparición de las especies fósiles aplicó la teoría geológica del **catastrofismo**. Según ésta, durante el transcurso de la historia de la Tierra, habían sucedido varias catástrofes o cataclismos que provocaron la extinción total de ciertas especies. Sus seguidores incluso propusieron la creación de nuevas especies después de las catástrofes (**poli-creacionismo**) o debido a las migraciones.

1.3 Evolución biológica

La **evolución biológica** es el proceso de **transformación de unas especies en otras** mediante la acumulación de pequeñas nuevas características que van adquiriendo las sucesivas generaciones de descendientes durante millones de años.

Según **Dobzhansky** (1900-1975), en biología «nada tiene sentido si no es bajo la perspectiva evolutiva». Efectivamente, la **teoría de la evolución** es un modelo útil para entender el desarrollo de la historia de la vida y prever su evolución futura. Relaciona los conocimientos de diversas ciencias: genética, bioquímica, botánica, zoología, paleontología, ecología, biogeografía, etc. **PERDER 1**

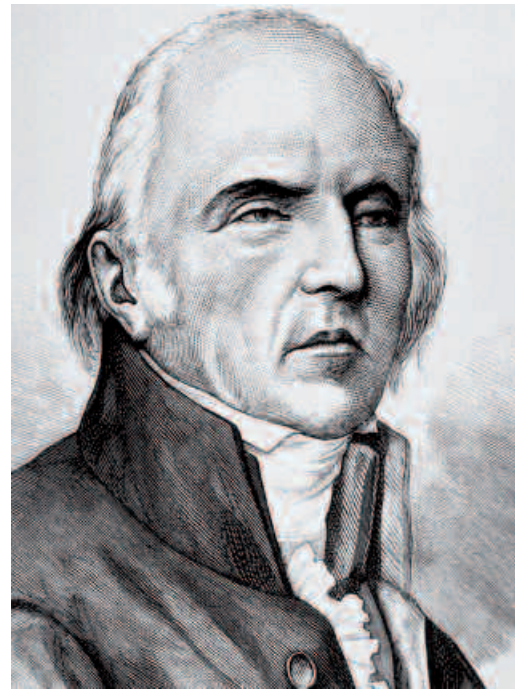
2. Teorías y pruebas de la evolución

2.1 El lamarckismo

A partir de la segunda mitad del siglo XVIII la observación de que los individuos de una misma especie no eran todos parecidos entre sí y de que los descendientes no siempre eran iguales a sus progenitores, llevó a pensar a algunos naturalistas como Bufon, Maupertuis y E. Darwin (abuelo de Charles Darwin) que las especies actuales podrían haber surgido por transformación de las especies anteriores mediante la suma progresiva de diferencias. Al observar que las nuevas especies procedentes de América se parecían más a algunas del Viejo Mundo que a otras, pensaron que debía existir un parentesco, es decir, que las especies más semejantes procedían de un antepasado común.

El naturalista francés **Jean-Baptiste Lamarck** (1744-1829) publicó en 1809 la obra *Filosofía zoológica*, en la que expone su hipótesis sobre la transformación gradual de las especies a lo largo del tiempo, conocida actualmente como lamarckismo, que constituye la primera teoría de la evolución.

Los creacionistas sostenían que Dios creaba directamente las especies, mientras que Lamarck defendía que Dios crea la naturaleza y esta da lugar a las especies, debido a su tendencia natural hacia la complejidad y a las adaptaciones causadas por las variaciones ambientales.



Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829)

Síntesis de la teoría de la evolución de Lamarck	
Tendencia natural hacia la complejidad	El sentido de la transformación evolutiva va de las especies más sencillas, formadas por generación espontánea, a las más complejas.
Desarrollo de adaptaciones al medio: «la función crea el órgano»	Las variaciones de las condiciones del medio ambiente provocan cambios en las funciones vitales de los seres vivos, lo cual conlleva que unos órganos se desarrollen y otros se atrofien. Es decir, las variaciones medioambientales causan las adaptaciones de los organismos.
Herencia de los caracteres adquiridos	Las modificaciones adquiridas por los organismos durante su vida, en su adaptación al medio, se transmiten a los descendientes.

La explicación de la causa del largo cuello de la jirafa es un ejemplo clásico de la teoría de Lamarck. Según esta hipótesis, los esfuerzos realizados durante su vida por el antecesor de la jirafa para alcanzar las hojas de las ramas altas de los árboles provocó que la longitud de su cuello aumentase. Sus descendientes heredaron este carácter y, a su vez, lo desarrollaron. Este proceso de evolución, al cabo de muchas generaciones, originó el cuello de la actual jirafa.

El lamarckismo, que ha sido superado por las teorías de la evolución posteriores, no demuestra experimentalmente la tendencia natural de las especies a aumentar su grado de complejidad, ni tampoco explica cómo se transmiten los caracteres adquiridos a los descendientes.

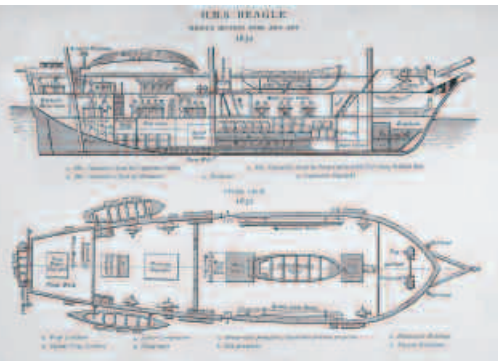


2.2 El darwinismo

La teoría de Darwin

El naturalista inglés **Charles Darwin** (1809-1882) participó entre los años 1831 y 1836 en una expedición científica, que a bordo del barco *Beagle* dio la vuelta al mundo. Durante este tiempo, Darwin realizó muchas observaciones que le sirvieron de fundamento para desarrollar su teoría sobre la evolución de las especies.

Varias décadas después, en 1859, Darwin publicó la obra titulada *El origen de las especies*, donde presentó sus conclusiones sobre la transformación de las especies. Lo hizo al enterarse de que otro naturalista, **Alfred Russell Wallace** (1823-1913), había llegado a la misma hipótesis.



El H. S M. Beagle



Charles Darwin (1809-1882).



Alfred Russell Wallace (1823-1913).



En el archipiélago de las **Galápagos**, situado en el océano Pacífico, Darwin observó que aunque la distancia entre las islas no era muy grande, sus especies eran diferentes. Por ejemplo, observó catorce especies de pinzones, alguna de las cuales vivía solamente en una de las islas, que estaban adaptadas a distintos tipos de alimentación. También observó que en cada isla habitaba una subespecie diferente de tortuga terrestre.

Darwin llegó a la conclusión de que la elevada biodiversidad de las islas Galápagos se debía a la adaptación y al aislamiento geográfico. Las adaptaciones a las condiciones ambientales peculiares de cada isla adquiridas y transmitidas a los descendientes sería la causa de la progresiva diferenciación de estos. Al hallarse separadas en las distintas islas, se facilitaría la diferenciación de los descendientes en distintas especies.



Cuatro de las trece especies de pinzones que solo viven en las islas Galápagos. Tienen el pico adaptado para alimentarse: la primera de semillas gruesas y duras; la segunda, de semillas algo más pequeñas; la tercera, de insectos pequeños que viven en grietas, y la cuarta de semillas muy pequeñas.

La lucha por la existencia y el actualismo

Darwin desarrolló su teoría teniendo en cuenta las ideas de Malthus y de Lyell.

Para **T. R. Malthus** (1766-1834), el crecimiento de la población humana es proporcionalmente superior al aumento de la producción de alimentos. Esta situación obliga a los individuos a luchar entre sí para conseguir los alimentos, es decir, a la lucha por la existencia.

Según **Charles Lyell** (1797-1875), los procesos geológicos del pasado debían ser parecidos a los que acontecen en la actualidad. Serían procesos muy lentos, sin grandes catástrofes y sin grandes extinciones. Estas ideas se conocen como teoría del actualismo.



Tortuga con caparazón en forma de silla de montar.

Las tortugas con caparazón en forma de silla de montar (el término galápagu deriva de «galopar a caballo») pueden alzar su largo cuello para alimentarse de hojas altas. Viven en las islas con poca hierba en el suelo.



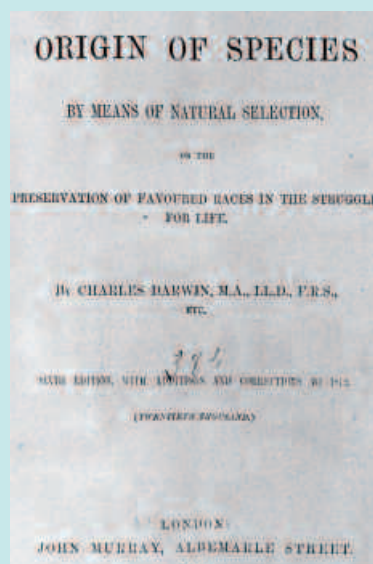
Tortuga con caparazón en forma de cúpula.

Las tortugas con caparazón en forma de cúpula o domo tienen dificultades para alzar mucho su cuello. Además, tienen patas y cuello cortos. Viven en las islas donde hay abundante hierba en el suelo.

Síntesis de la teoría de la evolución de Darwin	
Elevada capacidad reproductiva	Dado que las especies tienen una elevada capacidad reproductiva, el hecho de que no aumente indefinidamente el número de individuos se debe a que los recursos alimenticios son limitados.
Variabilidad de la descendencia	Los descendientes de los organismos que se reproducen sexualmente son distintos entre sí (excepto los gemelos univitelinos). Unos están mejor adaptados que otros a las características del ambiente para desarrollar las funciones vitales.
Selección natural	Cuando las condiciones medioambientales son adversas para los organismos, se establece entre ellos una lucha por la supervivencia, en la cual solo sobreviven los individuos más adaptados y se eliminan los demás. De esta manera se produce la selección natural de los más aptos. Únicamente los individuos que sobreviven son los que pueden reproducirse y así transmitir sus caracteres a los descendientes. La selección natural, con el transcurso del tiempo, va transformando paulatinamente las especies.

Según el darwinismo, el largo cuello de la jirafa se originó gracias a que por alguna causa entonces desconocida, algunos individuos nacían con el cuello más largo que otros. Durante las épocas en las que escaseaban los recursos alimenticios, solo sobrevivían las jirafas que con su largo cuello llegaban a alcanzar las hojas más elevadas. Al reproducirse transmitían el carácter del cuello más alargado a los descendientes. Este proceso se ha mantenido generación tras generación hasta la actualidad.

El impacto del darwinismo en la sociedad



The origin of species by means of natural selection (El origen de las especies), 1859. Portada de la edición de 1878.

La publicación de la obra de Ch. Darwin *El origen de las especies* tuvo un gran impacto tanto en los científicos de su época, como en la sociedad en general. Prueba de ello es que el libro se agotó el primer día de su publicación.

Algunos científicos se mostraron favorables al darwinismo, como **T. Huxley** (1825-1895) que comentó: «Qué extremadamente estúpido ha sido no haber pensado en ello».

Muchos científicos, sobre todo del campo de las ciencias físicas, se posicionaron en contra de la teoría de Darwin. También algunos teólogos se mostraron contrarios al darwinismo, sobre todo, después de que Darwin publicara en 1871 *La descendencia del hombre y la selección en relación al sexo*, donde defendía la aparición de la especie humana por evolución a partir de un antepasado común con los monos.

Crítica del darwinismo

Las principales críticas desde el ámbito científico fueron:

- ◆ **Las nuevas características ventajosas propuestas por Darwin se diluirían y desaparecerían en la descendencia.**

Hay que tener presente que en aquella época se pensaba que las características biológicas recibidas eran el resultado de una mezcla de líquidos de origen materno y paterno.

- ◆ **La teoría de Darwin no explicaba cómo se originaba la variabilidad de la descendencia; tampoco explicaba que si las modificaciones eran pequeñas, la selección natural ni las favorecería ni las perjudicaría.**

Las causas de la variabilidad son las mutaciones y la recombinación genética, pero para llegar a este conocimiento sería necesario que se desarrollase la genética. Como Darwin no llegó a conocer los trabajos de Mendel, debido a su escasa difusión, no supo nunca el origen de la variabilidad de la descendencia y, por tanto, no pudo responder a las críticas que le acusaban de no explicar el origen de dicha variabilidad.

- ◆ **Una nueva especie no podía formarse en el mismo lugar que viven sus progenitores.**

Aunque Darwin sabía que el aislamiento entre las poblaciones podía ser importante, no supo darse cuenta de que era imprescindible.

- ◆ **Si las nuevas características ventajosas eran pequeñas, no había existido suficiente tiempo para que surgieran tantas especies diferentes.**

En aquella época se pensaba que la superficie fría de la Tierra solo tenía entre 20 y 40 millones de años y Darwin no encontró pruebas que demostraran que en realidad llevaba fría más de 3 500 millones de años.

A partir de 1900, la teoría darwinista sufrió un declive en su aceptación debido al descubrimiento de las mutaciones, que pueden implicar grandes cambios en poco tiempo y a algunas carencias; por ejemplo, Darwin no supo explicar el origen de la variabilidad de la descendencia.



Mutación

Cambio en la información genética de un organismo que puede modificar sus características y transmitirse a los descendientes.

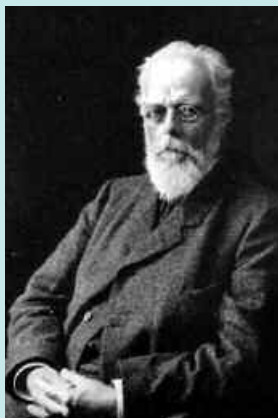
Recombinación genética

Proceso mediante el cual el material genético se redistribuye.



El experimento de Wismann

El científico alemán **A. Weismann** (1834-1914) realizó la siguiente experiencia: cortó la cola, nada más nacer, a veinte generaciones sucesivas de ratones de laboratorio, unos 1 512 ratones, y comprobó que continuaban naciendo con la cola igual de larga que sus primeros antepasados. Esto convenció a muchos científicos de que la hipótesis de que «los caracteres adquiridos se heredan» (sostenida por el lamarckismo y también, en menor grado, por el darwinismo) no era cierta.



El saltacionismo o mutacionismo

En 1900, H. De Vries, C. Correns y E. Tschermak redescubren las leyes de Mendel, que explicaban la variabilidad de la descendencia propuesta por Darwin. De Vries, en 1902, descubre las plantas mutantes, que eran individuos mucho más altos que sus progenitores y que el resto de la generación. Los descendientes presentaban esta característica y no podían cruzarse con los anteriores, por lo que constituían una nueva especie.

A partir de este hecho, se desarrolló la teoría saltacionista o mutacionista. Esta teoría sostenía que la evolución se realizaba de modo rápido, a saltos, debido a grandes mutaciones sobre las que actuaba la selección natural, y no de un modo lento y continuo, mediante pequeños cambios, como sostenía la teoría de Darwin.

Actividades

1. Si no existiese la evolución, ¿cómo serían las especies actuales con respecto a las de hace millones de años?
2. Los cambios que experimenta un individuo durante su vida, ¿son el resultado de la evolución?
3. ¿La función crea el órgano? Razona la respuesta.
4. ¿Cómo podrías explicar aplicando la teoría de Lamarck los siguientes hechos? ¿Y si aplicases la teoría de Darwin?
 - a) La presencia de osos pardos en Eurasia y América del Norte y osos blancos en el Polo Norte.



Oso pardo.



Oso blanco.

- b) La diferencia entre los picos de un flamenco y de un gorrión.
- c) La formación de bacterias resistentes a determinados antibióticos.
- d) Los ojos atrofiados de algunos animales excavadores.

2.3 Las pruebas de la evolución

Darwin aportó numerosos ejemplos de hechos biológicos que apoyaban su teoría. A estos se sumaron los que presentaron otros biólogos. Todos ellos juntos se conocen con el nombre de **pruebas clásicas de la evolución**, que se pueden clasificar en los siete tipos siguientes.

Pruebas taxonómicas

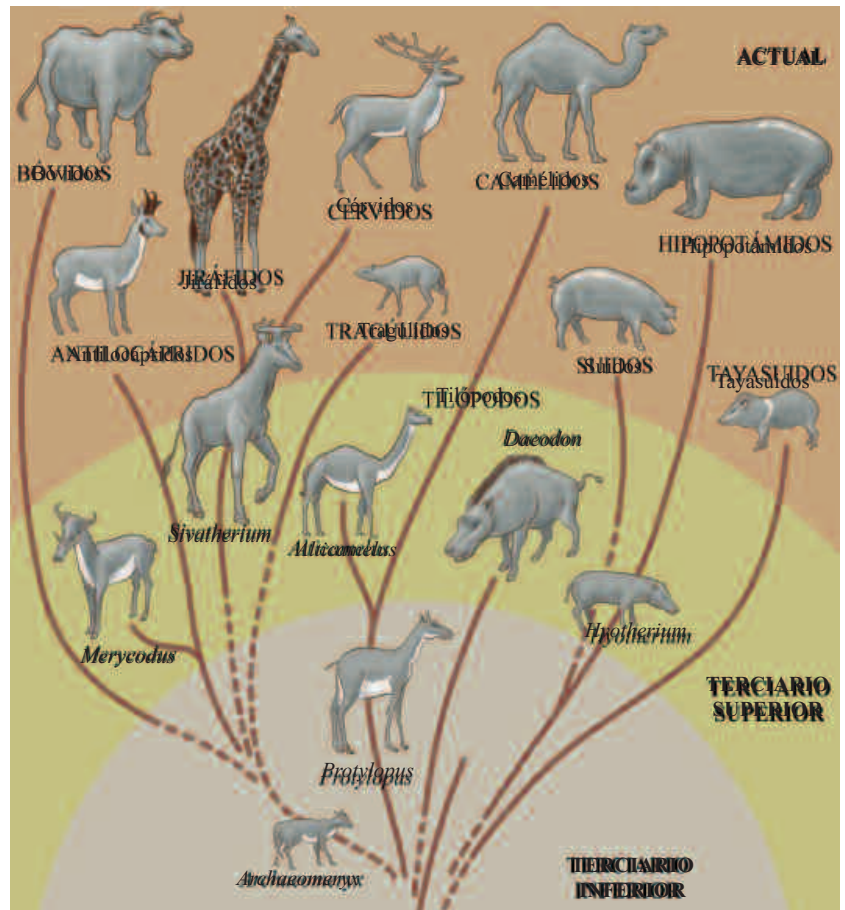
La clasificación de los seres vivos se basa en criterios de semejanza, tanto morfológica como genética (secuencia de ADN). Así, todas las **especies semejantes** se agrupan dentro del mismo género, todos los Géneros semejantes se agrupan en una misma familia, etc. Cada categoría taxonómica (especie, género, familia, orden, clase y *filum*) engloba elementos semejantes entre sí. Según la teoría de la evolución, estas semejanzas se deben a que comparten un antecesor común, es decir, a que todos proceden de una misma especie más o menos lejana en el tiempo. Esto permite la confección de un árbol evolutivo, en el que el tronco sería el *filum*, las ramas principales las clases, las primeras ramas secundarias los órdenes, etc.

La existencia de los diferentes niveles de semejanza (categorías taxonómicas), por ejemplo entre las especies de **artiodáctilos**, queda mejor explicada por un proceso evolutivo que por creación independiente de cada especie. Si fuera así, lo que cabría esperar es que las especies fueran tan distintas entre sí que sería imposible agruparlas por su semejanza.

Igualmente, la existencia de **formas intermedias** entre dos taxones, como el **ornitorrinco**, que posee características intermedias entre los reptiles (es ovíparo y tiene un pico córneo como las tortugas) y los mamíferos (tiene pelo y las crías son alimentadas con leche), queda mejor explicada por un proceso de evolución desde los reptiles a los mamíferos, que por una creación independiente.



Ornitorrinco.



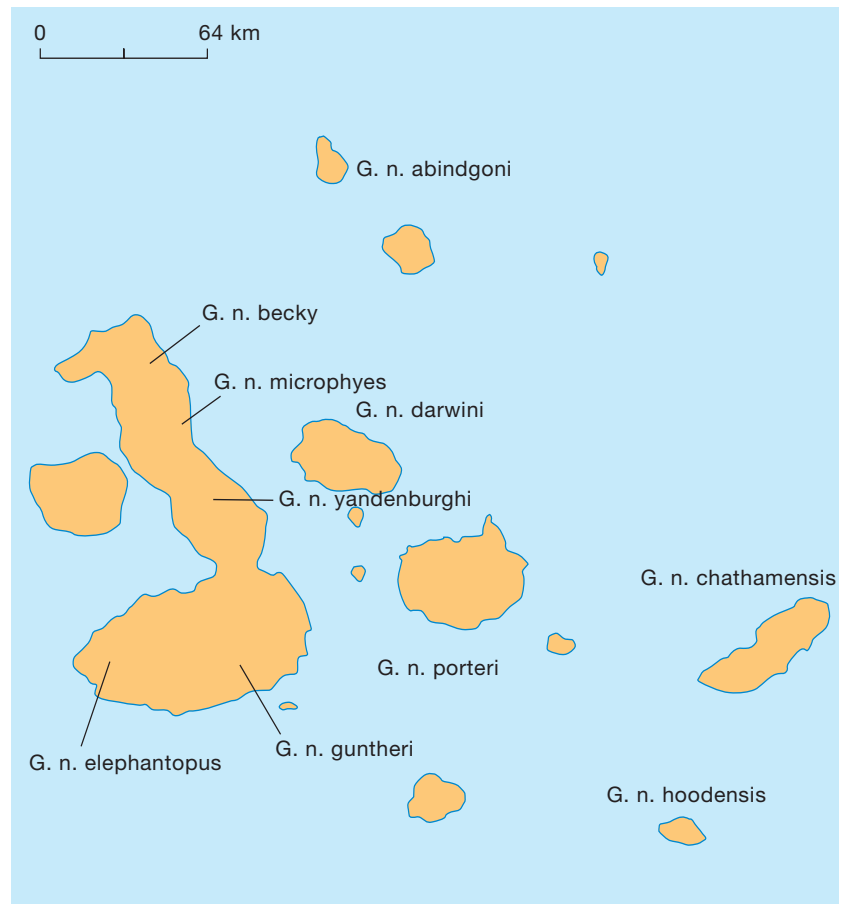
Árbol evolutivo de los artiodáctilos. La clasificación de los artiodáctilos en distintos grupos, según presenten o no unas determinadas características, se explica mejor si se acepta que han resultado de sucesivas diversificaciones a partir de una primera especie.

Pruebas biogeográficas

Se basan en la distribución geográfica de las especies. Se observa que **cuanto más alejadas o aisladas están dos zonas, más diferencias presentan su flora y su fauna**. Si las especies surgieran por creación independiente, esta característica no tendría por qué darse.

La realidad biogeográfica queda mejor explicada si se acepta que las especies han surgido por evolución a partir de una primera especie que ha ido colonizando las zonas próximas y las poblaciones han quedado aisladas. Un ejemplo de ello podrían ser las once diferentes subespecies de la tortuga terrestre gigante (*Geochelone nigra*) que viven en las islas Galápagos. Seis de ellas viven en seis islas diferentes y las otras cinco en cinco diferentes volcanes de la isla Isabela, separadas entre sí por barreras de lava. Todas ellas presentan características diferenciales, es decir, son formas exclusivas de su zona (**endemismos**). Por ejemplo, las que viven en islas de poca altura, y que debido a ello son islas secas, de escasa vegetación de tipo matorral, presentan un caparazón con forma de silla de montar que les permite alzar el cuello, y tienen un cuello y unas patas largas, lo que les posibilita alcanzar las hojas altas. En cambio, las que viven en islas altas y húmedas, como Isabela, con bosques de niebla y abundante hierba, presentan caparazones en forma de domo o cúpula y cuello y patas cortas.

Todas estas tortugas terrestres, también llamadas galápagos, son un buen ejemplo de cómo, a partir de una primera forma, el aislamiento de sus poblaciones puede generar formas muy diferentes entre sí.

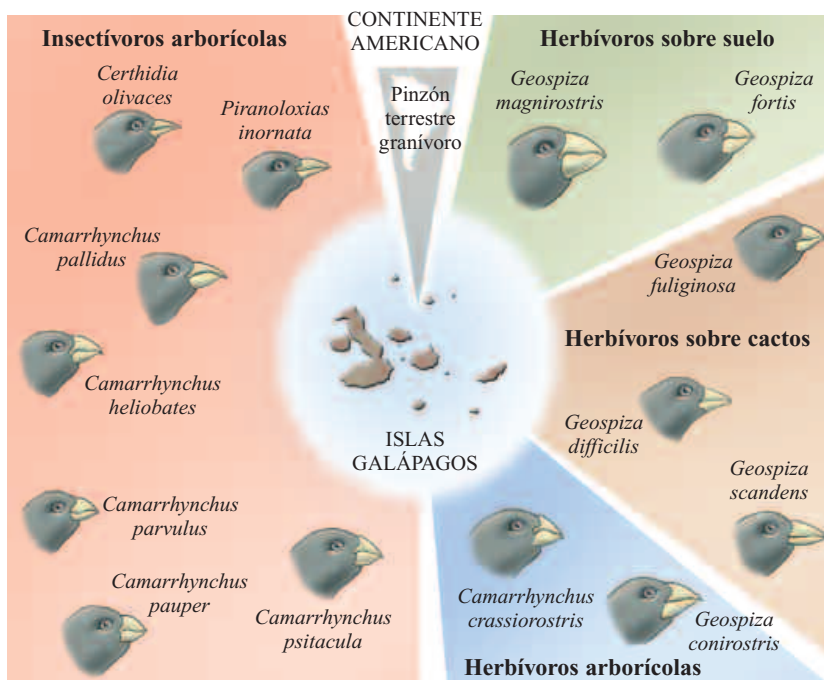


Distribución geográfica de las tortugas terrestres de las islas Galápagos.

Otro ejemplo clásico lo constituyen las trece especies de **pinzones de Darwin** que viven en las islas Galápagos, y de una más que se halla en las islas Cocos, que distan unos 1 000 km de las anteriores. La diferencia principal entre estas especies es el tamaño y la forma del pico dependiendo de su fuente de alimentación.

Unos pinzones tienen un pico grande y fuerte para alimentarse de semillas gruesas y duras; otros lo tienen más pequeño para alimentarse de semillas pequeñas; otros tienen un pico grande y cortante para alimentarse de escarabajos y orugas; otros lo tienen pequeño y puntiagudo para capturar pequeños insectos en grietas; y otros tienen el pico alargado y duro para alimentarse de las semillas y el néctar de los cactus. Además, unos están adaptados a vivir en los árboles y otros a caminar por el suelo. Evidentemente, los primeros viven solo en las islas que tienen árboles. Hay especies que viven en todas o casi todas las islas y otras que solo habitan unas pocas islas.

Esta situación, en que una misma familia de pájaros presenta una gran diversidad de formas de alimentarse, es extraordinaria. Lo normal es que las estrategias alimentarias se distribuyan entre varias familias de aves. La explicación de ello es que, como se trata de islas volcánicas recientes, tienen entre uno y cuatro millones de años; cuando a una de ellas llegó la primera pareja de pinzones, o una sola hembra fecundada, seguramente arrastrada por un vendaval, había muchos tipos de alimentos disponibles que ningún animal aprovechaba. Debido a ello, solo sobrevivieron los descendientes que podían aprovechar algunos de los alimentos existentes. Cuando posteriormente algunos ocuparon otra isla, volvieron a evolucionar para adaptarse a los alimentos que había. Más tarde, cuando algunos volvieron a la primera isla, posiblemente ya tenían acumuladas tantas diferencias que no se podían cruzar entre sí, es decir, ya eran especies diferentes. Esto se repitió muchas veces y así surgieron las diferentes especies. Este proceso evolutivo se denomina radiación adaptativa. Esta explicación resulta más coherente que pensar que para cada tipo de alimentación fue creada una especie diferente de pinzón.



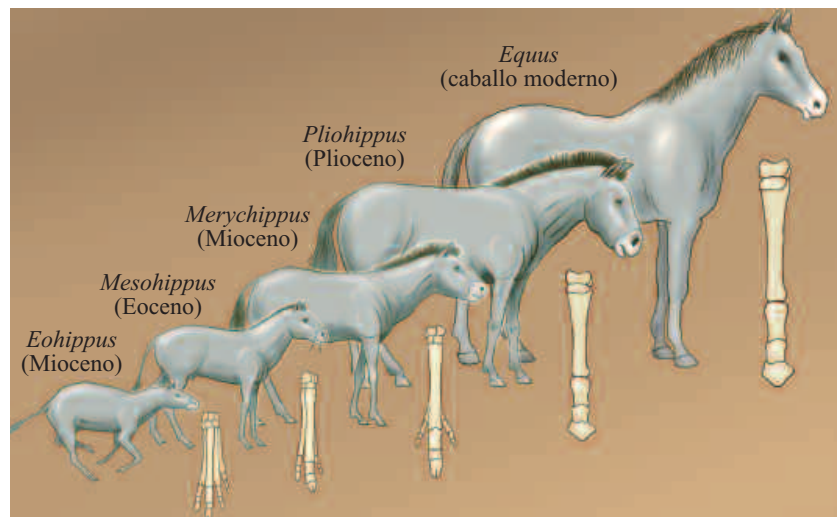
Especies de pinzones de las islas Galápagos y de las islas Cocos. Darwin explica su aparición a partir de una primera especie de pinzón que llegó procedente de las costas de Ecuador, y cuyos descendientes se adaptaron a los diferentes tipos de alimentos y de ambientes que había en cada isla. Observa la relación entre el tamaño y forma del pico y el tipo de alimento.

Pruebas paleontológicas

El estudio los fósiles revela, a medida que transcurre la historia de la Tierra, un **incremento en la complejidad estructural de los organismos y en la diversidad de especies**. Según la teoría de la evolución, a partir de los primeros órganos simples se originan otros nuevos más complejos, lo que conlleva que una especie dé lugar a varias especies diferentes.

Si todas las especies hubieran aparecido por creación, debido a las extinciones habría cada vez menos especies, y si hubiera habido varias creaciones sucesivas, no tendrían por qué tener una estructura interna más compleja que las especies anteriores, como normalmente sucede.

Se han podido establecer algunas series de fósiles que indican una evolución hacia una progresiva especialización, mediante modificaciones anatómicas graduales, por ejemplo, en la evolución del caballo. Además, se han hallado fósiles con características anatómicas intermedias entre determinadas especies, como el **Archaeopteryx**, que presenta dientes y cola (como los reptiles) y alas con plumas (como las aves). Estos fósiles representan en el proceso evolutivo **eslabones intermedios** entre grupos distintos de seres vivos.



Restos y reconstrucción imaginaria del *Archaeopteryx*.

Pruebas anatómicas

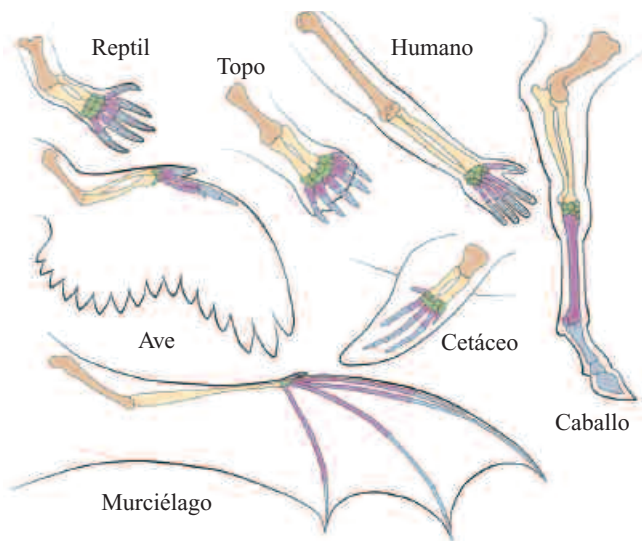
Se basan en la comparación de órganos entre diferentes especies (anatomía comparada). Desde una perspectiva evolutiva podemos distinguir varios tipos de órganos: homólogos, análogos y vestigiales

Órganos homólogos

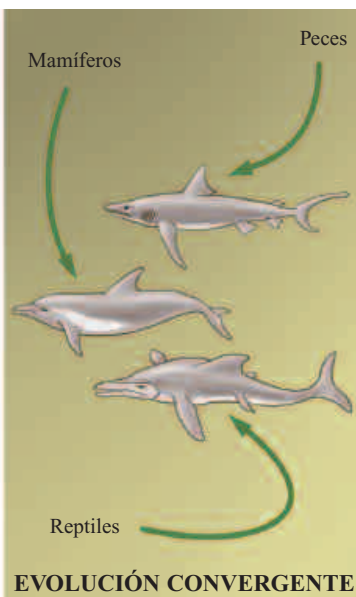
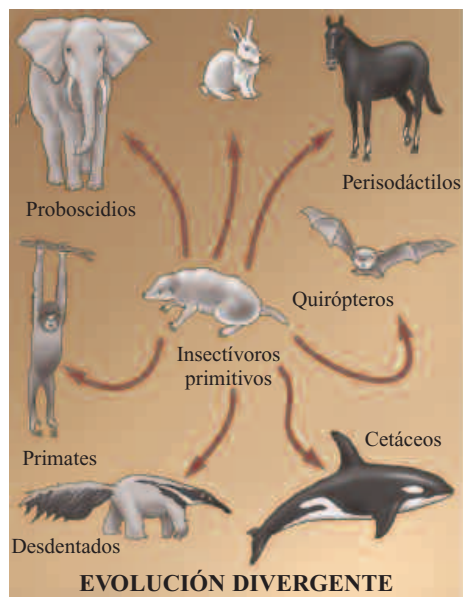
Son los que tienen el mismo origen embriológico y, como consecuencia, la misma estructura interna, aunque su forma y función sean diferentes. Por ejemplo, son órganos homólogos las extremidades anteriores de los vertebrados. Al adaptarse a diversas funciones –volar, nadar, galopar, excavar, asir objetos– se produce una **evolución divergente** de las especies que proceden de un antepasado común. Así pues, los **órganos homólogos indican un parentesco evolutivo con antepasados comunes**.

Órganos análogos

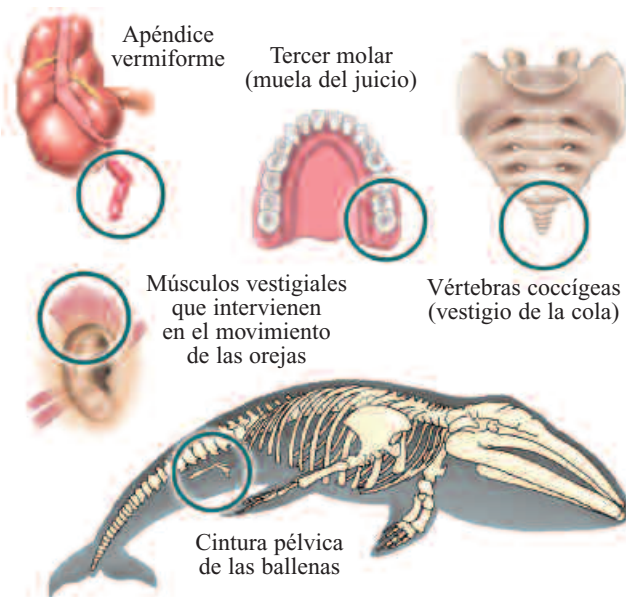
Son los que realizan la misma función, aunque tengan una estructura interna distinta y un origen embriológico diferente. Por ejemplo, son órganos homólogos las alas de un insecto y las de un ave. Se considera que su similitud se debe a la adaptación a una misma función (volar) mediante una **evolución convergente**. Estos órganos no constituyen una prueba de parentesco, pero sí de la teoría de la evolución, ya que demuestran cómo compartir un mismo ambiente ha provocado, a través de la selección natural, una gran similitud. Las alas de un ave y las de un murciélago son homólogas, ya que ambas derivan del quiridio de un reptil, y, por otra parte, son análogas, ya que las adaptaciones de su estructura interna al vuelo son diferentes. **PERDER 1**



Extremidades anteriores de algunos vertebrados. Tiene una estructura llamada quiridio, formada por un hueso largo (húmero), dos huesos alargados (cubito y radio) y una serie de huesos pequeños (carpos y falanges).



Evolución divergente y evolución convergente.



Órganos vestigiales

No realizan ninguna función, por lo que si se extirpan no se produce ningún perjuicio para el individuo. Son homólogos respecto a órganos ancestrales, que sí eran funcionales. Según la teoría de la evolución, estos órganos residuales realizaban una función en los organismos predecesores y, al no usarse, se han reducido en los organismos actuales.

Ejemplos de órganos vestigiales del ser humano son las muelas del juicio, los huesos soldados del cóccix, el pelo del pecho y de la espalda y el apéndice vermiforme. Probablemente, los antecesores de la especie humana vivían en las copas de los árboles, para lo que desarrollaron una cola formada por varios huesos y un pelaje que los protegiera de golpes y de las inclemencias del ambiente; y al alimentarse básicamente de vegetales, utilizaban más molares y necesitaban un intestino grueso con un apéndice más amplio.

Pruebas embriológicas

Al estudiar el desarrollo de los embriones de distintos animales, se puede observar ciertas semejanzas entre ellos. Por ejemplo, tanto en el embrión humano como en el de la gallina aparecen arcos aórticos y un corazón con solo dos cámaras, similar al de los peces. Este hecho se explica considerando que las aves y los mamíferos han evolucionado a partir de ancestros comunes parecidos a los peces.



Arcos aórticos en embriones humanos y de aves. Embriones de distintos tipos de vertebrados en distintas fases de desarrollo.

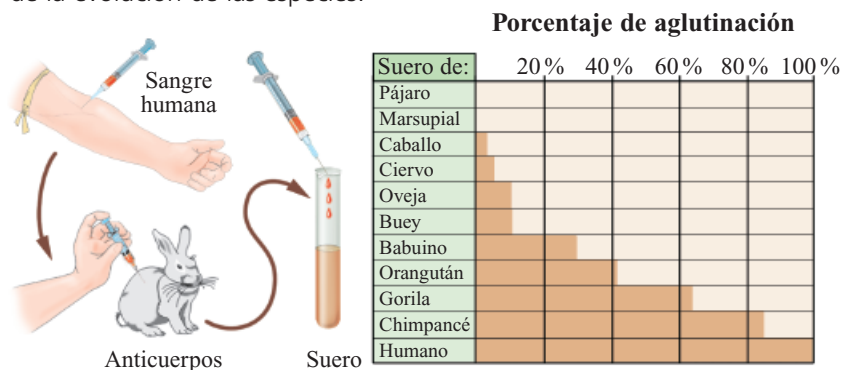
La ley biogenética propuesta por E. Haeckel (1834-1919) propone que la ontogenia o desarrollo embrionario de los individuos de una especie es una corta recapitulación de la filogenia o secuencia de especies antecesoras. Según esta ley, en las primeras fases del desarrollo embrionario de una especie se manifiestan algunas características de las especies ancestrales.

Pruebas bioquímicas

Se basan en el estudio comparado de las moléculas de los organismos de distintas especies. Se observa que cuanto más similares son las características morfológicas entre dos individuos, más parecidas son las moléculas que los constituyen. Esta relación no se daría con carácter general si cada especie se hubiera creado independientemente. Sin embargo, si una especie procede de otra por transformación, se explica que sus moléculas se parezcan más a las de las especies más próximas.

Al comparar moléculas de distintos organismos, sobre todo de ácidos nucleicos (ADN y ARN), se han observado diferentes grados de parentesco entre ellos y, como consecuencia, se han podido establecer relaciones de procedencia (líneas filogenéticas) entre diversas especies. Además, la presencia de determinadas sustancias (como el ADN, ATP, NADH⁺, etc.) en todos los organismos se propone como una prueba del origen común de todos los seres vivos.

Entre las primeras pruebas bioquímicas que se utilizaron para detectar el parentesco entre las especies, están las **pruebas serológicas**, que consisten en el estudio comparado de las reacciones de aglutinación de la sangre en los distintos organismos. Para ello se introduce sangre de un individuo de una especie en otro de una especie distinta, con el fin de que este último fabrique anticuerpos específicos contra las moléculas (antígenos) de la sangre recibida. Posteriormente, si esta sangre cargada de anticuerpos se pone en contacto con sangre de la especie donante, se produce un elevado grado de aglutinación; si se pone en contacto con una especie parecida a la donante, el grado de aglutinación es menor; y si se pone en contacto con la sangre de una especie muy diferente, el grado de aglutinación es muy bajo. Estos resultados se consideran una prueba de la evolución de las especies.



Los grandes primates

Un ejemplo de la aplicación de la técnica anterior es el estudio de la similitud serológica entre los grandes primates. Se inyectó sangre humana a un conejo para que produjera anticuerpos, denominados aglutininas antihumanas. Luego, estas aglutininas antihumanas se pusieron en contacto con sueros sanguíneos de seres humanos y de diversos animales.

El máximo grado de aglutinación se obtuvo con el suero humano, luego con el de chimpancé, y en escala descendente, con el del gorila, el orangután, el babuino, el buey, el ciervo, etc, como cabía esperar a partir de las similitudes morfológicas.

Similitud serológica entre diferentes vertebrados.

Actividades

- ¿A qué se debe que haya tanta diversidad de pinzones en las islas Galápagos?
- ¿A qué se debe que persistan en muchas especies los órganos vestigiales?
- ¿Por qué el ala de un ave y el ala de un murciélago se consideran órganos análogos? ¿Y por qué se consideran órganos homólogos?
- ¿Qué grupo de animales presentan los embriones más parecidos a los de los seres humanos? Explica a qué es debido. ¿Por qué se parecen más entre sí los embriones en las primeras fases? **PERDER 2**

Especiación alopátrica y simpátrica

Cuando el aislamiento entre dos poblaciones es de tipo geográfico se habla de especiación alopátrica, y si no lo es, se denomina especiación simpátrica. En este último caso las barreras que impiden la reproducción pueden ser:

- **Barreras mecánicas.** Por ejemplo, la que se da entre dos razas de perros de tamaños muy diferentes, por lo que no se pueden acoplar con facilidad para reproducirse.
- **Barreras ecológicas.** Por ejemplo, el caso de los parásitos que se especializan en atacar a especies diferentes.
- **Barreras etológicas.** Por ejemplo, cuando los machos han modificado las pautas de galanteo y las hembras no los aceptan.

2.4 El neodarwinismo o teoría sintética

Entre los años 1920 y 1930 se fue diluyendo la controversia entre **seleccionistas** o **darwinistas** y **mutacionistas** o **mendelianos**, al comprobarse que algunas de las grandes mutaciones se podían explicar como resultado de la interacción entre varios pares de genes.

Se dedujo que el origen de la **variabilidad de la descendencia** se debía a las mutaciones –en los organismos con reproducción asexual– y a las mutaciones y a la recombinación genética –en los organismos con reproducción sexual–.

Además, se observó que las mutaciones se producen al azar y pueden ser favorables o desfavorables para alcanzar una determinada adaptación. La selección natural actúa como una criba sobre la variabilidad que originan las mutaciones, favoreciendo las que resultan más adaptativas al medio ambiente.

S. Hardy (1877-1947) y **W. Weinberg** (1862-1937) demostraron que quienes evolucionan son las **poblaciones** (conjunto de individuos que pueden reproducirse entre sí), no los individuos, ya que estos mueren con sus caracteres, mientras que las poblaciones varían a medida que aparecen individuos con caracteres distintos. Para estudiar la evolución de las poblaciones se observan las variaciones en las frecuencias de los genes que presentan (**frecuencias génicas**).

Según algunos científicos, como **J. Haldane** (1892-1964), **R. Fisher** (1890-1963) y **S. Wright** (1889-1988), las migraciones, las mutaciones, la deriva genética y la selección natural, son los principales factores que pueden modificar las frecuencias génicas de las poblaciones y, por tanto, provocar su evolución. Su estudio recibe el nombre de **genética de poblaciones**.

Factores que modifican las frecuencias génicas	
Migraciones	Son las llegadas a unas poblaciones de individuos procedentes de otras zonas (inmigraciones) y, también, las salidas de individuos de unas poblaciones hacia otras (emigraciones).
Mutaciones	Son cambios inesperados y al azar en la información genética. Gracias a ellas a partir de un gen se originan otros genes.
Deriva genética	Es la variación en las frecuencias génicas. Eso se debe a que el número de individuos reproductores que forman la generación siguiente es inferior al necesario para que estén bien representados todos los genes.
Selección natural	Es la eliminación de los individuos menos aptos, es decir, los que tienen una menor eficacia biológica . Esta se puede definir como la capacidad de sobrevivir y dejar descendencia.

Posteriormente, se descubrió que **para que dos poblaciones evolucionen hasta dar lugar a dos especies distintas, es preciso que se mantengan aisladas entre sí**.

De esta manera no se producirán cruces entre ambas poblaciones y, por tanto, no se compartirá el mismo fondo genético y así se posibilita la diferenciación entre las poblaciones.

En 1947, en un congreso en Princeton, cuatro científicos de diferentes países, el zoólogo inglés **J. Huxley** (1887-1975), el genetista ucraniano **T. Dobzhansky** (1900-1975), el paleontólogo americano **G. Simpson** (1902-1984) y el sistemático alemán **E. Mayr** (1904-2005), realizaron una síntesis entre la teoría de la evolución de Darwin, la teoría mendeliana de la herencia y la genética de poblaciones. Dicha síntesis se conoce con el nombre de **neodarwinismo** o **teoría sintética de la evolución**.

Síntesis de la teoría sintética de la evolución	
Variabilidad de la descendencia	La variabilidad en la descendencia se debe a las mutaciones , que originan nuevos genes, y a la recombinación genética , que da lugar a nuevas combinaciones de genes.
Selección natural	La selección natural elimina los individuos menos aptos y permite reproducirse a los mejor adaptados.
Variación de las frecuencias génicas	Son las poblaciones las que se evolucionan , al variar sus frecuencias génicas, no los individuos , que permanecen durante su vida con los mismos genes que tenían al nacer. Los factores que provocan la variación de las frecuencias génicas son: las mutaciones , la deriva genética , la selección natural y las migraciones .
Aislamiento geográfico	Para que una población dé lugar a una nueva especie es necesario que se mantenga aislada de las otras.

Crítica del neodarwinismo

El **neodarwinismo** o **teoría sintética** es el modelo evolutivo básico que desde 1950 ya se acepta en todas las universidades, pero se han planteado algunos aspectos que no quedan bien explicados por este mecanismo, y ello ha dado lugar a nuevas teorías que matizan sus postulados. Las principales son la teoría del **equilibrio puntuado** y la **teoría neutralista**. Por otro lado, también cabe citar las críticas al neodarwinismo realizadas desde el campo de las matemáticas y las basadas en el registro fósil.

2.5 La teoría neutralista

La teoría neutralista fue expuesta en 1968 por el científico japonés **M. Kimura** (1924-1994). Esta teoría mostraba una posible explicación al **dilema de Haldane**.

En 1957, **J. Haldane**, uno de los fundadores de la genética de poblaciones, planteó el siguiente problema, conocido como el dilema de Haldane. Dado que la evolución se basa en la sustitución de unos genes por otros nuevos y más favorables, que aparecen por mutación, es necesario que la selección natural elimine a los portadores de los genes antiguos. Los cálculos que realizó demostraron que debían morir más individuos por generación que los que normalmente existían. Por otro lado, para pasar de una especie a otra no es suficiente el cambio de un solo gen, sino de muchos más, con lo que el problema todavía era más grave.

Según Kimura, **en el nivel molecular, la mayoría de las mutaciones no son favorables ni desfavorables, sino que son mutaciones neutras**. Estas mutaciones no se ven afectadas por la selección natural y, por tanto, implican una reducción de la elevada mortandad que había calculado Haldane.



Elefante africano (???????). El aislamiento geográfico ha contribuido a la diferenciación de las especies.

Kimura, al comparar un mismo tipo de proteínas de distintos individuos, observó que existían diferencias en la composición de aminoácidos, incluso entre los de la misma especie. Según la teoría neodarwinista, la selección natural eliminaría las moléculas menos eficaces, con lo que la variedad de aminoácidos debería ser mucho menor. Por tanto, el desarrollo evolutivo de las proteínas dependería más del azar que de la selección natural y la mayoría de las mutaciones moleculares no serían adaptativas.

Como se puede observar, la supervivencia de muchas estructuras vivas (esporas, semillas, huevos, espermatozoides, etc.) está más ligada al azar que a su información biológica

2.6 La teoría del equilibrio puntuado

La **teoría del equilibrio puntuado** fue presentada en 1972 por los paleontólogos norteamericanos **N. Eldredge** y **S. Gould**. Esta teoría intentaba dar respuesta a algunas de las cuestiones que no explicaba el neodarwinismo.

Al observar los fósiles, pueden verse estructuras biológicas que han experimentado una transformación gradual. Por ejemplo, se observan sucesiones de conchas fosilizadas de moluscos, cada una de ellas con un número mayor de espiras. Para el neodarwinismo esta evolución de las conchas se explica según el **gradualismo filético**:

- ◆ A partir de la especie ancestral, la secuencia de especies constituye una misma línea evolutiva.
- ◆ La transformación de unas especies en otras es lenta y continua.
- ◆ La transformación se desarrolla al mismo tiempo en toda la población.

Por el contrario, también se observan secuencias de fósiles no graduadas, que presentan saltos al faltar formas intermedias. El modelo del gradualismo filético no proporciona una explicación de estos saltos.

Según la teoría del equilibrio puntuado, durante la evolución pueden existir largos **períodos de equilibrio**, en los que las especies no cambian apreciablemente, seguidos de cortos **períodos puntuales o de discontinuidad**, en los que tiene lugar una evolución rápida.

Esta última se puede interpretar de la siguiente manera. Una pequeña población de una especie queda aislada del resto de individuos y, al encontrarse sometida a nuevas condiciones ambientales, evoluciona hasta constituir una nueva especie. Más tarde, dicha especie regresa al lugar original de procedencia y alcanza una posición predominante sobre la especie inicial. Esta predominancia puede deberse a varias causas:

- ◆ Que la población pequeña haya adquirido rápidamente un conjunto de adaptaciones ventajosas gracias a que la selección natural ha sido más intensa en la zona ocupada por ella.
- ◆ Que la población pequeña, debido a la selección natural, se haya adaptado a un tipo de alimentación distinta, por lo que no competiría con la especie inicial si coincidiesen.
- ◆ Que la especie inicial se hubiera extinguido bruscamente debido a un cambio en las condiciones de su medio ambiente.

La falta de fósiles de formas intermedias se debe a que el área donde habrían evolucionado es muy pequeña.

La teoría del equilibrio puntuado implica una corrección del evolucionismo lento y gradual propio del darwinismo.



Fósiles de Ammonites.

2.7 La falta de tiempo

En 1970, **J. Monod** (1910-1976) publicó la obra *El azar y la necesidad*, en la que defiende, desde un enfoque filosófico que el azar es suficiente para explicar desde la aparición de la vida hasta la del complejo funcionamiento del cerebro humano.

Dos años después, el matemático **G. Salet** publicó *El azar y la certeza*, en el que calculaba la probabilidad de la propuesta de Monod y llegaba a la conclusión de que la selección natural y las mutaciones actuando al azar no son suficientes para explicar la **macroevolución**, es decir, la evolución que origina nuevos taxones de nivel superior al género.

Salet se apoya en la ley única del azar o ley de Borel, que dice que un suceso que tiene una probabilidad extraordinariamente baja no sucede nunca y que no se pueden repetir los sucesos cuya probabilidad es muy débil. Explica que para tener una probabilidad entre cien mil de que apareciera un vertebrado tetrápodo con cinco nuevos genes funcionales harían falta mil millones de años. Para este autor, la evolución se produce mucho más rápidamente de lo que permite el neodarwinismo.

2.8 El registro fósil

Otras críticas han venido del campo de la paleontología. Según el zoólogo francés **P. Grassé** (1895-1985), «la única verdadera ciencia de la evolución es la paleontología» ya que solo observando los fósiles podemos saber lo que realmente sucedió. En 1973 publicó la obra *La evolución de lo viviente*, en la que, basándose en el registro fósil, indicó que el paso de los reptiles a los mamíferos se ha producido de forma diferente a la descrita por el neodarwinismo. También expone que la acción de las mutaciones al azar y la selección no explican ni las acciones coordinadas sobre varios órganos a la vez, necesarias para que se produzcan los grandes cambios evolutivos, ni el hecho de que no hayan aparecido nuevas clases en los últimos doscientos millones de años (la última fue la clase mamíferos, que es de dicha época), ni permite establecer un ancestro común a los tipos protozoo, artrópodo, molusco, vertebrado, etc.

Si las críticas de Salet y de Grassé son correctas, en el proceso evolutivo también intervienen otros aspectos que no conocemos.



Jacques Monod (1910-1976),

Actividades

9. Relaciona los autores con las teorías.

- | | |
|------------|------------------|
| a) Cuvier | 1. Fijismo |
| b) Mayr | 2. Lamarckismo |
| c) Darwin | 3. Darwinismo |
| d) Simpson | 4. Neodarwinismo |
| e) Linné | |
| f) Lamarck | |

10. ¿Qué influencia tienen las mutaciones en el proceso de la evolución?

11. ¿Cómo explicas la existencia de especies que no han variado sustancialmente a lo largo de millones de años?

?? ¿Qué situaciones difíciles de explicar por la teoría ?????, han resuelto la teoría neutralista y la teoría del equilibrio puntuado?

3. El origen de la especie humana y el proceso de hominización

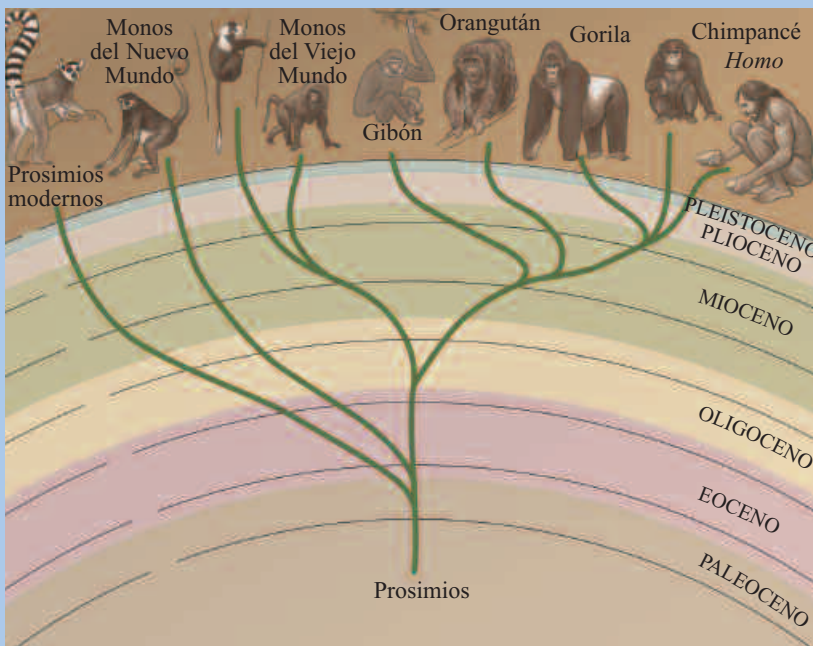
3.1 La especie humana en el Reino Animal

La especie humana actual recibe el nombre científico de *Homo sapiens* subespecie *sapiens*, nombre que significa «hombre sabio», en referencia a su característica más peculiar, que es tener una inteligencia muy superior a la del resto de las especies.

Por el conjunto de sus características, la especie humana se clasifica en el Reino Animal, *Filum* o Tipo Cordados, Clase Mamíferos, Orden Primates, Suborden Antropoides, Infraorden Catarrinos, Superfamilia Hominoidea, Familia Homínidos, y Género *Homo*.

documento

Categorías taxonómicas de los primates



Orden Primates

Adoptan una postura erguida o semierguida y desplazan las cuatro extremidades en varias direcciones. Poseen dedos con movilidad independiente y un pulgar oponible en las manos y generalmente, también, en los pies, por lo que pueden asir objetos con las cuatro extremidades. Los dedos tienen uñas en lugar de garras, y huellas dactilares (dermatoglifos) en los pulpejos de los dedos. Además poseen un cerebro relativamente grande.

Suborden Antropoideos. Grupo de los simios. Primates con un cerebro muy desarrollado y complejo. Presentan aspecto de mono, como el chimpancé, o de humano.

• **Infraorden Platyrrinos.** Monos americanos con los orificios nasales muy separados.

- **Infraorden Catarrinos.** Monos del Viejo Mundo. Presentan un tabique nasal estrecho, con orificios nasales muy juntos y abiertos hacia abajo, 32 dientes únicamente, al haber perdido el tercer premolar (en muchos humanos solo 28 si no salen las cuatro muelas del juicio), cola no prensil o sin cola, y muchos con callosidades.
 - **Superfamilia Cercopitecoidea.** Monos con cara de perro, como los mandriles y los papiones.
 - **Superfamilia Hominoidea.** Presentan cara de humano (sin morro), tórax ancho y plano y pelvis grande y ancha que les permite erguirse. Pueden colgarse y balancearse con los brazos.
 - **Grupo de monos antropomorfos o antropoides.** Presentan las extremidades anteriores mayores que las inferiores, con marcha cuadrúpeda y solo ocasionalmente bípeda.
 - **Familia Hylobatidae.** Gibones del sudeste asiático.
 - **Familia Pongidae.** Orangután de Asia y gorila y chimpancé de África.
 - **Grupo de homínidos.**
 - **Familia Hominidae.** Presentan las extremidades anteriores menores que las posteriores y marcha bípeda. Comprende los Géneros *Australopithecus* y *Homo*.

3.2 Los homínidos

La historia de los hallazgos de nuestros antepasados inmediatos se inició en 1830 en Engis (Bélgica) y en 1848 en Gibraltar (península Ibérica), donde se descubrieron restos neandertales. En aquel momento el mundo científico no supo valorar su importancia.

En 1856, en el valle Neander en Düsseldorf (Alemania), se descubrió un nuevo resto de neandertal que no pasó desapercibido, ya que al publicarse tres años después *El origen de las especies* de Darwin (1859), fue el centro de discusión sobre si era fruto de una malformación o era un auténtico antepasado. A partir de 1871, año en el que Darwin publicó *La descendencia del hombre y la selección en relación con el sexo*, los paleontólogos intentaron encontrar fósiles de las **formas intermedias** entre la especie humana y sus antepasados, lo que se denominó el **eslabón perdido**.

Dado el relativo parecido entre los seres humanos y los monos antropomorfos (chimpancé, gorila y orangután), se suponía que ambos grupos debieron tener un antepasado común.

Por tanto, lo que se tenía que buscar eran restos de organismos que presentaran las características intermedias y que no pudieran ser atribuidos ni a seres humanos ni a monos antropomorfos. Así nació la **paleoantropología**.

Familia Homínidos

En la Familia **Homínidos** se incluyen todos los restos de primates que tienen marcha bípeda. Por la forma de la mandíbula y de los dientes se ha deducido el tipo de alimentación.

Hasta la década de 1980 solo se distinguían dos Géneros, **Australopithecus** y **Homo** que se diferencian en la capacidad craneana (300-540 cm³, el primero, y 520-1 500 cm³, el segundo) y en que los primeros eran incapaces de fabricar instrumentos líticos (de piedra), mientras que los segundos ya los realizaban.

Posteriormente, se han encontrado muchos restos de primates bípedos o probablemente bípedos, con capacidad craneana similar a los primeros *Australopithecus* pero con una dieta diferente, ya que solo consumían frutos carnosos y hojas, como los chimpancés, y de mayor antigüedad, por lo que se consideran como los primeros homínidos.

DOBLAR 2



Richard Leakey (Nairobi, 1944), paleontólogo, junto a restos esqueleticos.

<i>Australopithecus</i>	Antigüedad (en millones de años)	Lugar de descubrimiento
<i>Orrorin tugenensis</i>	6 m. a.	Kenia
<i>Ardipithecus kadabba</i>	5,54 a 5,77 m. a.	Etiopía
<i>Ardipithecus ramidus</i>	4,5 a 4,1 m. a.	Etiopía
<i>Kenyanthropus platyops</i>	3,5 m. a.	Kenia

De entre todos ellos, el que tiene más posibilidades de ser el primer homínido es *Orrorin tugenensis*, dada su mayor antigüedad y claro bipedismo.



Australopithecus robustus.

Escuela de la morfología y escuela de la teoría sintética

Dentro de los Géneros *Australopithecus* y *Homo* se han establecido distintas especies en función de las diferencias anatómicas. No hay acuerdo entre los científicos en la validez de algunas de estas especies, dado que es imposible saber si sus individuos podían o no reproducirse entre sí y dar una descendencia fértil.

- ◆ **Escuela de la morfología.** Es la más seguida por los buscadores de restos. Propone que si dos formas son suficientemente diferentes han de ser consideradas **dos especies distintas** y representantes de dos líneas evolutivas diferenciadas.
- ◆ **Escuela de la teoría sintética.** Es la más seguida por los genetistas. Considera que por diferentes que sean dos formas y por distanciadas que estén en el tiempo, si pertenecen a una

sola línea evolutiva, aislada de otras, y con continuidad genética entre las sucesivas poblaciones, han de ser consideradas **una misma especie**.

Estas diferencias de criterio explican que los de la escuela de la morfología hayan establecido muchas más especies de homínidos que los de la teoría sintética. Dado que no hay seguridad de que hayan existido tantas especies, y que la filogenia que se deriva de incluirlas todas, precisa de constantes modificaciones cada vez que se realizan nuevos hallazgos, en este texto se citan las especies de *Australopithecus* y *Homo* según la escuela genetista

Género *Australopithecus*

Presentaban marcha bípeda, brazos largos (les facilitaría subir a los árboles), pequeña estatura (1-1,4 m) y bajo peso (18-30 kg), excepto las especies *A. robustus* y a *A. boisei* (1,6-1,7 m y 60 kg). Su aspecto era pues el de un chimpancé capaz de andar erguido. Todos sus restos se han encontrado en Sudáfrica y en el este africano (Hadar, Turkana, Laetoli), salvo uno que ha sido hallado en la región del Chad. Vivieron entre hace 4,2 y 1,2 m. a. En la actualidad se distinguen siete especies.

<i>Australopithecus</i>	Antigüedad (en millones de años)	Características
<i>A. anamensis</i> <i>A. afarensis</i>	4,2-3 m. a.	Capacidad craneana pequeña: 300-400 cm ³ . Caracteres primitivos: incisivos grandes y diastema.
<i>A. bahrelghazali</i>	3,5-3 m. a.	Parecido al <i>A. afarensis</i> .
<i>A. africanus</i>	3,5-2,3 m. a.	Capacidad craneana: 400-500 cm ³ . Pequeño y grácil. Habitó la selva y la sabana. Dentadura adaptada a una dieta rica en frutos carnosos y hojas (alimentos de la selva) y semillas y tubérculos (alimentos de la sabana).
<i>A. aethiopicus</i> <i>A. robustus</i> <i>A. boisei</i>	2,5-1,2 m. a.	Capacidad craneana: 540 cm ³ . Mandíbula robusta y dentadura adaptada a una dieta propia de climas secos, rica en semillas duras y estructuras vegetales fibrosas (tubérculos, rizomas, hojas, etc.).

Género Homo

El Género *Homo* comprende un grupo de homínidos capaces de fabricar instrumentos de piedra tallada (**industria lítica**). Su **índice de cefalización** (relación entre el peso del encéfalo y el peso corporal) es mayor que el de los australopitecinos y el de los monos antropomorfos.

Los seguidores de la escuela genetista distinguen cuatro especies: *Homo habilis*, *Homo erectus*, *Homo floresiensis* y *Homo sapiens*.

Homo habilis

Procede de un australopitecino común como *A. africanus*. Vivió en África.

Antigüedad: 2,3-1,4 m. a.

Subespecies: *Homo habilis habilis* y *Homo habilis rudolfensis*.

Capacidad craneana: 520-750 cm³.

Estatura baja: 0,9-1,3 m. Fabricaban instrumentos líticos (de piedra) muy sencillos, tallados con piedras por una cara (cultura olduvayense o modo técnico 1); *habilis* significa «habilidoso».



Homo erectus

Procede del *H. habilis*. Se dispersó por África del Sur, Asia y Europa.

Antigüedad: 1,8 m. a.-250 000 años, excepto el de Java, que duró hasta hace 27 000 años.

Capacidad craneana: 800-1 300 cm³.

Cráneo de paredes gruesas, arcos supraorbitales fuertes formando una especie de visera recta denominada «toro supraorbitario», y un refuerzo posterior llamado «toro occipital».

Estatura: 1,6-1,8 m. Los que vivieron en Pekín y Java desarrollaron la industria olduvayense. Los demás fabricaban instrumentos líticos (de piedra) tallados con piedras por las dos caras (cultura achelense o modo técnico 2).

Fabricaban hachas para cortar la carne, y hendedores para rascar huesos y preparar las pieles.

Podían cazar grandes animales.

Utilizaban el fuego.

Realizaban grandes migraciones.



Homo sapiens

Es la especie a la que pertenecemos. Procede del *H. erectus*. Se distribuyó por Europa, África y Asia.

Antigüedad: *H. sapiens* arcaicos: 245 000-120 000 años. *Homo sapiens neanderthalensis*: 120 000-35 000 años. *Homo sapiens sapiens*: 130 000 años.

Capacidad craneana media superior a 1 100 cm³.

Presentan un rostro primitivo, similar al del *H. erectus*, y un cráneo moderno. Fabricaban instrumentos líticos tallados con otros elementos, además de las piedras (cultura musteriense o modo técnico 3).

En el Paleolítico fabricaban instrumentos con mango (cultura auriñaciense o modo técnico 4).

Construían tumbas funerarias y realizaban pinturas y grabados en las piedras, lo que demuestra una inteligencia y una actitud ante la vida similar a la nuestra.



Homo sapiens neanderthalensis

Vivieron básicamente en Europa. Algunas poblaciones emigraron hasta Oriente Medio y Asia Central.

Antigüedad: 120 000-35 000 años.

Capacidad craneana: 1 500 cm³.

Cráneo alargado hacia atrás acabado en una protuberancia (moño occipital). Órbitas con un grueso toro supraorbitario muy curvado. Abertura nasal prominente. Mandíbula sin mentón.

Estatura algo inferior a la nuestra y peso superior. Fabricaban puntas bifaciales y raederas para trabajar las pieles, de bordes muy trabajados, (cultura musteriense o modo técnico 3).

Eran recolectores de vegetales, cazadores, carroñeros (aprovechaban los animales que ya encontraban muertos).

Producían y utilizaban el fuego.

Enterraban a los muertos.

***Homo sapiens sapiens***

Procedentes de África, se distribuyeron por Asia hace 100 000 años y por Europa hace 40 000 años. Hace 20 000 años, a través del estrecho de Bering, pasaron a Norteamérica y hace unos 13 000 años llegaron a Suramérica.

Antigüedad: 130 000 años.

Son los humanos modernos.

Capacidad craneana: 1 300-1 500 cm³.

Cráneo alto y ancho. Nariz saliente, pero sin la abertura nasal prominente. Mandíbula provista de mentón. Fabricaban buriles, raspadores finos y alargados y adornos personales (industria auriñaciense o modo técnico 4).

Pintaban y grababan piedras.



3.3 El proceso de hominización

Adaptación al bipedismo

En Hadar (Etiopía) se hallaron restos de individuos bípedos, un esqueleto de *Australopithecus afarensis* denominado *Lucy*, con una capacidad craneana similar a la del chimpancé, de hace 3 a 3,4 millones de años. En Letoli (Tanzania) se descubrieron huellas de pisadas, de hace 3,5 millones de años, similares a las de los humanos modernos. Estos hallazgos demuestran que el **bipedismo fue anterior al desarrollo del neurocráneo**.

El bipedismo representó una **adaptación a la vida en la sabana**, ya que facilita otear a los depredadores por encima de la hierba alta y avanzar por lugares llanos sin perder la capacidad de subir a los árboles para escapar de ellos. También permite recibir menos insolación y vadear aguas profundas. La **marcha bípeda** posibilita la realización de un recorrido diario para buscar el alimento más largo que la marcha cuadrúpeda de los antropoides. Estos pueden ser más veloces, pero solo durante unos minutos.

El bipedismo **libera las manos** para otras funciones distintas de la locomoción, como el traslado de las crías y la recolección del alimento en lugares distantes de aquellos, más seguros, en los que permanecen las madres con las crías. Además, facilita el lanzamiento de piedras y el transporte y manipulación de palos para cazar animales y, al mismo tiempo, mantenerse a cierta distancia de sus colmillos, garras o cornamentas.



Esqueleto de Lucy.

Refuerzo del vínculo sexual

La probabilidad de supervivencia de las crías era mayor si las hembras se quedaban con ellas en lugares seguros y si los machos volvían al grupo con los alimentos que habían ido a buscar. Este tipo de **vínculo sexual** se vio reforzado por la selección natural, que favoreció los cambios en los individuos que seguían este comportamiento. Uno de los cambios que tuvo lugar en las hembras fue la **capacidad de copular durante todo el año** (los antropoides solo aceptan copular durante los períodos de celo), con lo que se estimula el regreso de los machos.

Otra modificación importante fue el desarrollo del **instinto de posesión** de la hembra hacia sus crías, del macho hacia sus hembras, de la hembra hacia el macho, etc. Este cambio posiblemente originó el vínculo de cohesión entre todos los individuos nacidos en el seno del grupo e incluso el **instinto de propiedad** con respecto a objetos.

También se desarrollaron los **comportamientos altruistas**, por ejemplo, el de arriesgar la vida para alimentar a la prole, que aunque no representa una ventaja para el individuo, asegura la transmisión de los genes que implican ese comportamiento.

Establecimiento de grupos sociales

Al ser la probabilidad de supervivencia del individuo mayor dentro de un **grupo social**, la selección natural favoreció los cambios encaminados al establecimiento de dichos grupos. Entre otros, se pueden citar una mayor implicación de los progenitores en el cuidado de la prole, una mayor complejidad de las interacciones entre los individuos y un mayor tiempo para el aprendizaje por parte de los recién nacidos.

Alimentación y desarrollo

La vida en la sabana comportó el cambio de una dieta a base de hojas y frutas a un tipo de **alimentación más rica en proteínas**. Este hecho permitió que se fuese reduciendo el largo aparato digestivo, necesario para la dieta anterior, y que parte de la energía obtenida mediante el metabolismo se emplease en el desarrollo de otros órganos.

El órgano escogido por la selección natural fue el **cerebro**, ya que su desarrollo permitía analizar situaciones, recordar comportamientos, intuir intenciones y mejorar las comunicaciones, es decir, que el grupo pudiera prever los ataques de los depredadores, tan peligrosos en campo abierto.

Desarrollo del esqueleto del cráneo y de la cara

A partir de los cráneos y de las mandíbulas hallados, se ha podido deducir que el **encéfalo fue creciendo** y que ello comportó el aumento de la parte del cráneo donde se aloja (neurocráneo). Paralelamente disminuyó el tamaño de la cara (esplancocráneo). Así, el neurocráneo ha pasado de representar la cuarta parte del volumen total del cráneo a representar las tres cuartas partes en los humanos actuales, es decir, ha pasado de unos 500 cm³ en el *Australopithecus* a unos 1 400 cm³ en el *Homo sapiens sapiens*. Este hecho se puede relacionar con el desarrollo de la inteligencia.

El aumento del tamaño del encéfalo implicó el crecimiento y abombamiento de los huesos temporales y parietales. Además, en *Homo sapiens sapiens* el hueso frontal pasó de estar muy inclinado (frente huida) a no estarlo (frente vertical). Estos cambios transformaron los neurocráneos alargados hacia atrás (dolicocefalos) en neurocráneos redondeados (braquicefalos).



Yacimiento arqueológico de Atapuerca (Burgos).



Olduvai (Tanzania). La cultura olduvayense que practicaban los homínidos del género *Homo habilis* consistía en instrumentos líticos muy sencillos tallados con piedras por una cara.

La proyección hacia delante del maxilar superior (prognatismo) fue disminuyendo. El grueso reborde de los arcos superciliares que llegaban a formar una especie de visera ósea (toro supraorbitario) fue disminuyendo hasta llegar a desaparecer.

El maxilar inferior o mandíbula ha seguido dos vías evolutivas diferentes a partir de *A. africanus*: la vía hacia la robustez del hueso mandibular y la expansión de los premolares y molares del *A. robustus* y del *A. boisei*, y la vía hacia la formación de una mandíbula grácil del Género *Homo*.

La robustez mandibular de la primera vía implicó el crecimiento de la cresta sagital para aumentar la superficie de inserción de los músculos temporales que mueven la mandíbula. Estos cambios se relacionan con el tránsito de una dieta a base de frutos carnosos, muy abundantes en los bosques húmedos (selvas), que precisa grandes incisivos, a una dieta rica en semillas duras, frutos secos, tubérculos y raíces, propios de los bosques secos y de las sabanas, que necesita grandes molares.

En la vía seguida por el Género *Homo* se observa que el hueso mandibular se hace más fino, sus ramas más estrechas, y los dientes más pequeños. En los

humanos modernos (*H. sapiens sapiens*), además, aparece el mentón (barbilla). Estas modificaciones fueron posibles gracias a que la selección no los eliminaba, dado que el uso de instrumentos (inteligencia) les permitía cazar animales y cortarlos sin necesidad de grandes caninos, y la ingesta de carne no precisa de grandes premolares y molares.

Desarrollo del lenguaje y de la capacidad intelectual

El crecimiento del encéfalo permitió la complejidad del pensamiento simbólico y el desarrollo de la capacidad comunicativa, mediante la que se relacionan objetos con sonidos (palabras), que culmina en el lenguaje articulado, en el que las ideas son expresadas mediante combinaciones ordenadas de palabras.

Para poder modular los sonidos emitidos el aparato fonador (cuerdas vocales) pasó a ocupar una posición más baja, lo que implica muchas dificultades para poder beber y respirar al mismo tiempo sin atragantarse. En los antropoides, *Australopithecus*, y en las especies del Género *Homo*, excepto la nuestra, las cuerdas vocales ocupan una posición muy alta, por lo que no debían poder hablar bien. En los recién nacidos actuales sucede lo mismo, por lo que no pueden hablar, pero en cambio sí pueden mamar sin dejar de respirar.

Una mayor capacidad cerebral permitió, más allá de utilizar ramas, bastones o piedras, como hacen los chimpancés, elaborar instrumentos de piedra con la forma imaginada para, por ejemplo, cortar la carne, raspar los huesos, etc. El progreso intelectual es la causa principal de la actual hegemonía de los homínidos.



Cultura musteriense.

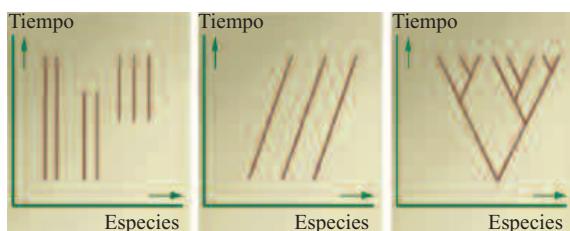
13. ¿Cómo se podría saber si dos individuos que se reproducen sexualmente pertenecen a la misma especie? ¿Y si tienen reproducción asexual?

14. ¿Los descendientes heredan los caracteres adquiridos por un individuo?

16. Explica por qué estas observaciones son pruebas de la evolución.

- Cuanto más alejados están dos ecosistemas, más distinta es su flora y su fauna, aunque sus condiciones climáticas sean muy parecidas.
- El estudio de los fósiles revela que con el transcurso del tiempo el número de especies ha aumentado.
- Las aletas de los cetáceos se diferencian de las de los peces en que no tienen radios, sino un conjunto de huesos (húmero, cúbito y radio).
- Los embriones de aves poseen arcos aórticos como los peces.

17. Relaciona cada gráfica con una de las tres frases siguientes.



- Todas las especies tienen un mismo origen y, con el transcurso del tiempo, pueden extinguirse o modificarse, de manera que el número de especies crece con el tiempo,
- Las especies tienen diferentes orígenes y no cambian con el tiempo. Algunas se extinguen y otras se originan más tarde.
- Las especies tienen orígenes diferentes y, con el paso del tiempo, se transforman en otras nuevas.

18. ¿Cómo afectaría a la evolución de las especies que las mutaciones fuesen siempre perjudiciales?

19. Indica cómo explican los siguientes hechos el creacionismo, el lamarckismo, el darwinismo y la teoría sintética.

- Las diferencias que existen entre las especies.
- Las características comunes entre las especies.
- Las características diferentes que presentan individuos de la misma especie.
- La presencia de órganos especializados.

20. ¿Quiénes evolucionan, los individuos o las poblaciones?



21. Si en el almacén de un museo de paleoantropología te encontraras con las siguientes seis cajas sin etiquetar, ¿a qué especie las atribuirías?

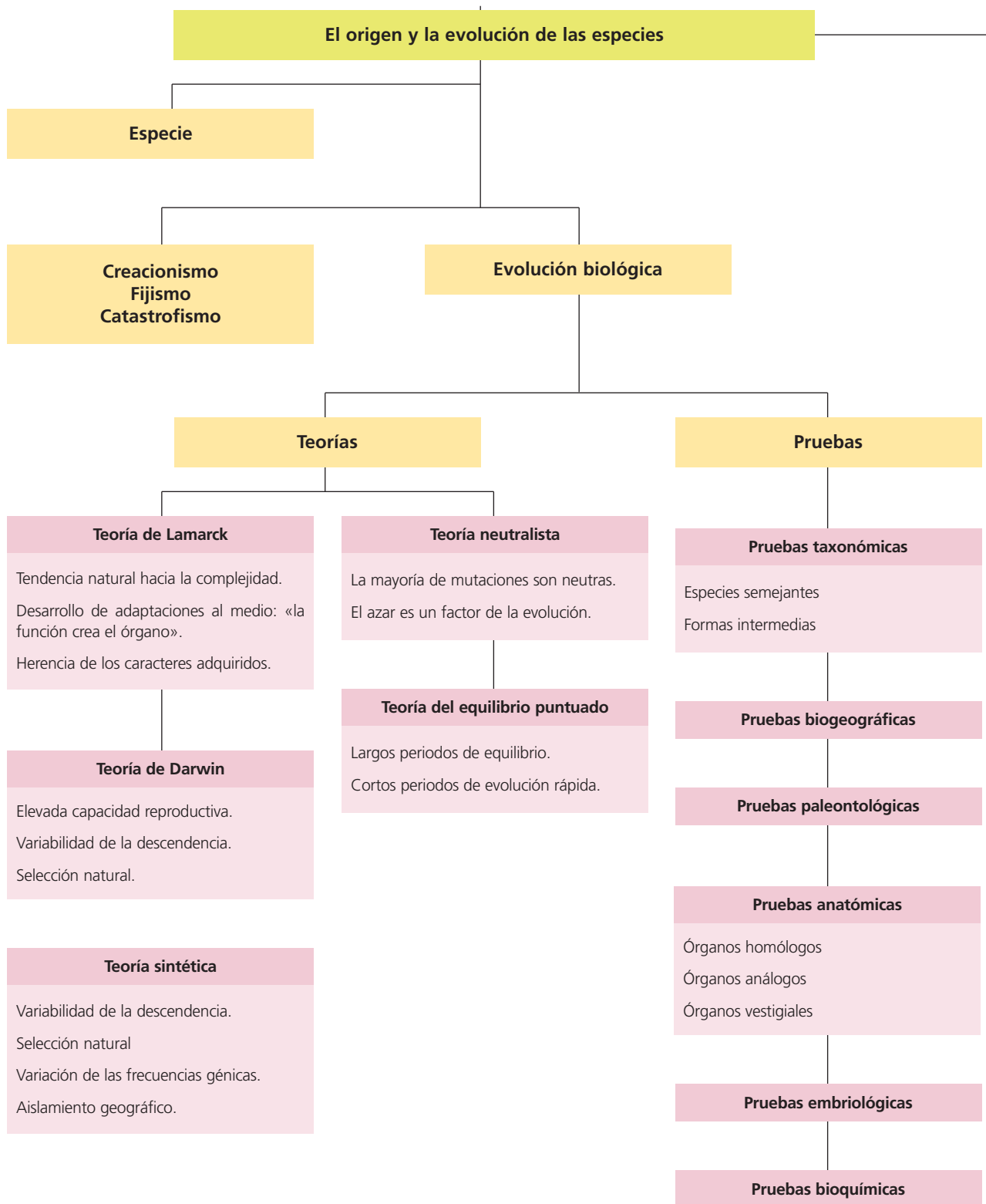
- Una mandíbula con mentón.
- Un cráneo con una fuerte cresta sagital de 500 cm³.
- Un cráneo de 1 000 cm³ de paredes muy gruesas.
- Un cráneo de 1 400 cm³ alargado hacia atrás y con arcos superciliares muy marcados.
- Una mandíbula con claras diastemas (espacios sin dientes para alojar los caninos de la otra mandíbula).
- Unas piedras que solo presentan unos pocos golpes para hacerlas afiladas, junto unos restos de huesos de animales quemados.

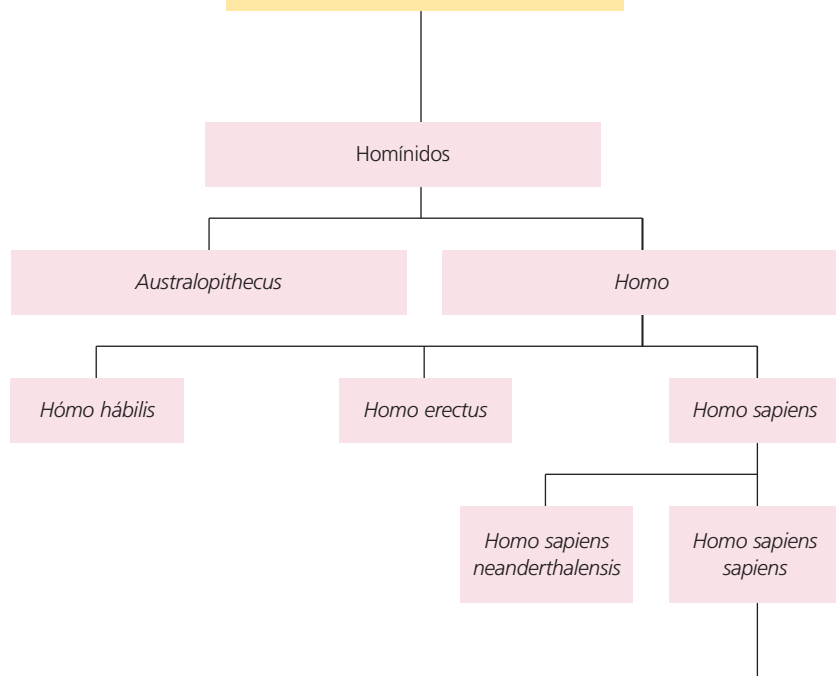
Reflexión y debate

22. Comenta el siguiente texto:

«La evolución es el problema central de la biología. Todo intento de comprender el universo y el hombre está influenciado por la tesis evolutiva. La evolución solamente es considerada como una hipótesis por un puñado de refractarios, ignorantes o poseídos por creencias dogmáticas. Para el ateo como para el católico practicante, la evolución es un hecho. Sin su consideración, el mundo vivo, el biocosmos, sería ininteligible y carente de sentido.»

PIERRE GRASSÉ (1895-1985), zoólogo francés.



Origen de la especie humana**Proceso de hominización****Adquisición del bipedismo**

Adaptación a la vida en la sabana
Liberación de las manos

Refuerzo del vínculo sexual

Capacidad de copular todo el año
Instinto de posesión y propiedad
Comportamientos altruistas

Establecimiento de grupos sociales

Cuidado de la prole
Periodo de aprendizaje

Alimentación y desarrollo

Alimentación más rica en proteínas
Desarrollo del encéfalo
Desarrollo del esqueleto del cráneo y de la cara
Desarrollo del lenguaje y la inteligencia

Clasificación de la especie humana

Reino Animal
Filum o Tipo Cordados
Clase Mamíferos
Orden Primates
Suborden Antropoides
Infraorden Catarrinos
Superfamilia Hominoidea
Familia Homínidos
Género *Homo*.
Especie *Homo sapiens*
Subespecie *Homo sapiens sapiens*



El viaje del *Beagle*

«Nunca hubiera podido imaginar que tuviesen animales diferentes unas islas situadas a cincuenta y sesenta millas de distancia y casi todas visibles una desde la otra, formadas de la misma clase de rocas, situadas bajo un clima enteramente igual y elevándose todas hasta casi la misma altura; pero pronto veremos que el hecho es exacto. A la mayor parte de los viajeros les sucede, por desgracia, que se ven obligados a marchar cuando descubren lo más interesante de una localidad; pero yo quizá deba agradecer el haber obtenido materiales en cantidad suficiente para establecer este notabilísimo fenómeno de la distribución de los seres orgánicos.»

CH. DARWIN
El viaje del Beagle,
Labor, Barcelona (1906)



Gran Dolina

El yacimiento de la Gran Dolina es uno de los lugares de Atapuerca donde se están realizando excavaciones.

Está formado por sedimentos que recorren una secuencia temporal que va desde hace un millón de años hasta hace 200 000 años.

En 1994 se encontraron por primera vez, en este yacimiento, los restos de *Homo antecessor*, un antepasado de nuestra especie. Este homínido, procedente de África, fue uno de los primeros pobladores de Europa.



La cueva de Altamira

La **cueva de Altamira** está situada en un lugar próximo a Santillana del Mar (Cantabria). Fue descubierta en 1879 por el naturalista Marcelino Sanz de Sautuola (1831-1888). Esta cueva presenta pinturas pertenecientes al Paleolítico Superior.

El arqueólogo francés **Emile Cartailhac** (1845-1921) negó al principio la autenticidad de las pinturas de la cueva de Altamira, pero reconsideró su postura al descubrirse a partir de 1895 pinturas del Paleolítico en las cuevas francesas de La Vache, Combarelles y Font-de-Gaume. En la revista *L'Antropologie* publicó un artículo titulado *La grotte d' Altamira. Mea culpa d' un sceptique*.

La datación con el método del carbono 14 determina que las pinturas de las Cuevas de Altamira se realizaron entre 15 000 y 12 000 años a.C (período Magdaleniense III)

El Arca de Noé

El modelo del **Arca de Noé**, que proponen muchos antropólogos, considera que un pequeño grupo de *Homo sapiens sapiens* se dispersó por todo el mundo. Esta hipótesis se ha demostrado a partir del análisis de secuencias de nucleótidos del **ADN mitocondrial**.

El ADN del interior de las mitocondrias de un individuo procede del óvulo, es decir de su madre, y las de esta de su madre, etc. Por tanto, todas las variaciones en la secuencia de nucleótidos del ADN mitocondrial solo pueden deberse a las mutaciones. Cuanto más diferente es el ADN mitocondrial de dos individuos, más lejano está su antepasado común, y cuanto más diferencias presenta dentro de una misma etnia, más antigua será dicha etnia. Así, se puede deducir si existe o no un tronco común. Los resultados fueron que en el origen había un solo antecesor común, es decir que entre los cientos de hembras de la población inicial sólo una contribuyó a la población actual, de ahí que se hable de la **Eva mitocondrial**. Se ha calculado que la población inicial salió de África hace unos 100 000 años, lo cual coincide con los restos fósiles.

A partir de análisis similares realizados con el **cromosoma Y** del varón, que este hereda solo de su padre, y este del suyo, etc., se ha llegado a la conclusión que el primer hombre moderno vivió en África hace unos 100 000 a 200 000 años, que



la población actual con más frecuencias primitivas son los bosquimanos, que hubo una salida de África hace unos 60 000 años que colonizó Asia y Australia, y una posterior, hace 40 000 años que colonizó Europa.