

¿QUÉ SABES DE...?

1. ¿Cuál es el nombre del naturalista inglés que enunció la teoría de la evolución de las especies?
2. ¿Cómo crees que se han llegado a obtener las múltiples razas de perros que existen actualmente?
3. ¿Por qué los hijos de los futbolistas no nacen con las piernas más fuertes que los demás niños?
4. ¿Qué grupo de animales son nuestros parientes más próximos?
5. Indica si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones:
 - a) Los fósiles son formas peculiares de las rocas sin relación con los seres vivos.
 - b) La teoría de la evolución sólo es válida para los vertebrados.
 - c) La vida se originó en la Tierra hace unos 4000 millones de años.
 - d) Las células procariotas son más antiguas que las eucariotas.
 - e) La evolución acabó cuando surgieron los seres humanos.

APRENDERÁS A...

- Enumerar las pruebas a favor de la evolución obtenidas en distintos campos de la biología.
- Describir cómo se produce la evolución mediante la selección natural.
- Exponer el mecanismo mediante el cual se forman las nuevas especies.
- Explicar las diferencias entre las teorías actuales sobre la evolución.
- Describir a grandes rasgos la hipótesis sobre el origen de la vida en nuestro planeta.
- Explicar las diferentes etapas de la evolución humana y distinguir las características de los fósiles representativos.



LA EVOLUCIÓN DE LOS SERES VIVOS

La evolución ya no es una teoría, es, simplemente, un hecho.
Ernst Mayr (1904–2005)

Hoy día es mundialmente aceptada la idea de que la enorme diversidad de seres vivos que pueblan el planeta es fruto de un proceso lento y complejo de cambio y sustitución de unas especies por otras, que comenzó prácticamente en el mismo momento que surgieron los seres vivos. La teoría que explica los mecanismos mediante los cuales estos cambios se producen, es decir, la teoría de la evolución, fue propuesta por Charles Darwin en 1859 en su obra *El origen de las especies* y ha sido reinterpretada en la actualidad a la luz de los avances de la genética y de la biología molecular.

La repercusión que la teoría ha tenido sobre las ciencias de la vida ha sido enorme porque ha dado unidad y coherencia a todas sus ramas.

ASÍ, NO PODRÁN SALTAR LA VALLA

Las ovejas Ancon son originarias de Nueva Inglaterra (Estados Unidos) y se caracterizan porque tienen las patas muy cortas. Parece ser que esta raza se obtuvo a partir de un único ejemplar que nació con las patas más cortas que los demás. El granjero, que pensó que esta característica le favorecía, cruzó la oveja de patas cortas con otras de patas largas y de esta manera consiguió dos ejemplares más con las patas cortas. Al cabo de un tiempo todo su rebaño tenía las patas cortas.

- ¿Puedes explicar cómo se originó la oveja de patas cortas?
- ¿Cómo crees que el granjero llegó a conseguir que todo su rebaño tuviera las patas cortas?
- ¿Crees que en la naturaleza las ovejas de patas cortas hubieran sobrevivido?

¿QUÉ ES LA EVOLUCIÓN?

La reconstrucción de la historia de la vida nos revela que los seres vivos actuales son el resultado de un proceso de cambio en las especies a través del tiempo para adecuarse a las condiciones del medio. Este proceso recibe el nombre de **evolución**.

La evolución comenzó hace unos 3 800 millones de años, en el mismo momento en que los seres vivos aparecieron sobre la Tierra. Así pues, los primitivos organismos microscópicos que poblaron entonces nuestro planeta constituyen el antepasado común a todos los seres vivos.

La evolución es una propiedad de los seres vivos y no se ha detenido jamás; de manera que ha originado, desde unas pocas formas de vida primitiva, la enorme diversidad y complejidad biológica que conocemos hoy día.

A

¿TENEMOS PRUEBAS DE LA EVOLUCIÓN?

La evolución es un proceso natural que no puede ser comprobado directamente porque no podemos volver atrás en el tiempo y ver qué ocurrió. Pero existen multitud de pruebas que demuestran su existencia, algunas de estas pruebas las obtenemos del estudio de los **fósiles**, la **anatomía comparada**, el **desarrollo embrionario** de los animales, la **bioquímica** y la **biología molecular** y, por último, de la **biogeografía**.

A1 Fósiles

Los **fósiles** constituyen una de las pruebas más contundentes en favor de la evolución de los seres vivos porque demuestran que los organismos que vivieron en épocas geológicas pretéritas son distintos a los actuales, es decir, que han cambiado a lo largo del tiempo.

Los hallazgos de fósiles que constituyen **formas intermedias** entre dos grandes grupos de seres vivos sirven, en ocasiones, para confirmar las líneas evolutivas que algunos científicos ya habían trazado.

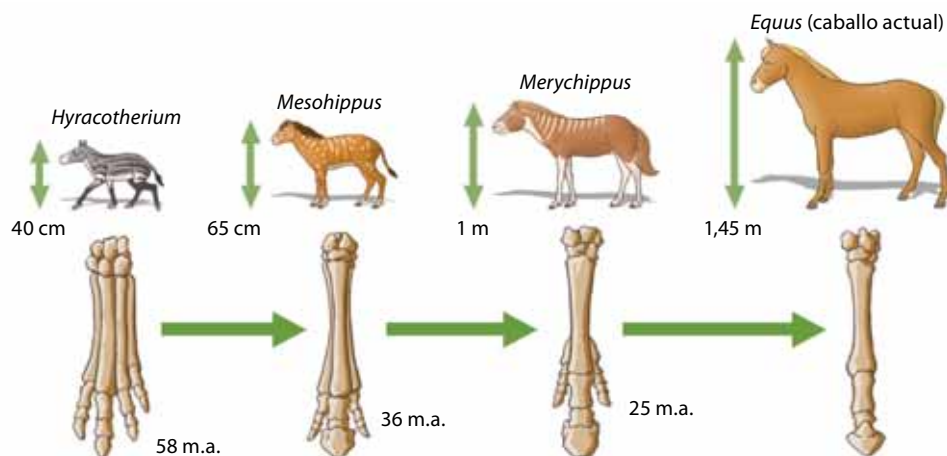
Por ejemplo, en 2004 se descubrieron en la isla Ellesmere, al norte de Canadá, los restos fósiles, en un excelente estado de conservación, de un pez que vivió hace unos 375 millones de años. Este animal, al que se le ha denominado *Tiktaalik roseae*, tenía características anatómicas propias de los tetrápodos, por lo que su hallazgo ha contribuido a esclarecer la evolución de los anfibios a partir de los peces.

En algunos casos excepcionales, como ha ocurrido con el caballo, el hallazgo de numerosos fósiles de diferentes edades geológicas ha permitido establecer, de forma prácticamente inequívoca, las distintas etapas de su evolución.



Fig. 9.1 *Tiktaalik* es una pieza clave en la evolución de los tetrápodos.

Fig. 9.2 Durante la evolución del caballo se produjo un aumento en el tamaño del cuerpo y una disminución en el número de dedos.

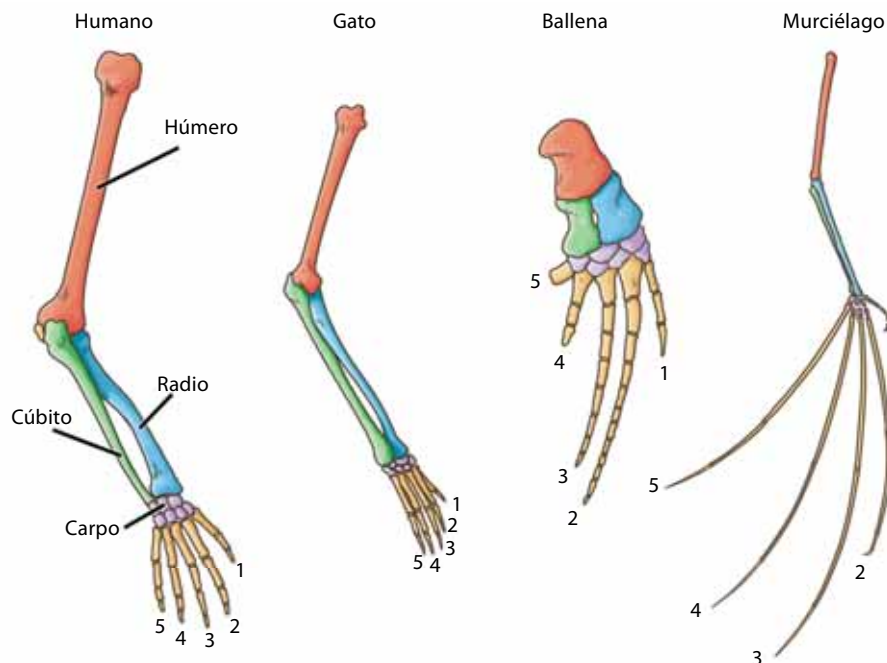


A2 Comparamos órganos

El estudio comparativo de la anatomía de cualquier sistema o aparato, entre los miembros de los diversos grupos de animales y vegetales, revela semejanzas que pueden ser explicadas si se supone la existencia un antepasado común que al evolucionar y diversificarse dio lugar a los diferentes tipos actuales.

En los vertebrados terrestres, por ejemplo, la disposición de los huesos en las extremidades responde a un mismo patrón, lo que sugiere que los vertebrados evolucionaron a partir de un antepasado común que poseía esa disposición ósea. Las diferencias en la estructura de las extremidades responden a las posteriores adaptaciones evolutivas a distintas formas de locomoción.

Los órganos de diferentes seres vivos, que son semejantes porque tienen su origen en un antepasado común, reciben el nombre de **órganos homólogos**.



Las extremidades de los tetrápodos son órganos homólogos.

Fig. 9.3

Los huesos de la pelvis de las serpientes son órganos vestigiales.

Fig. 9.4

Actividad resuelta

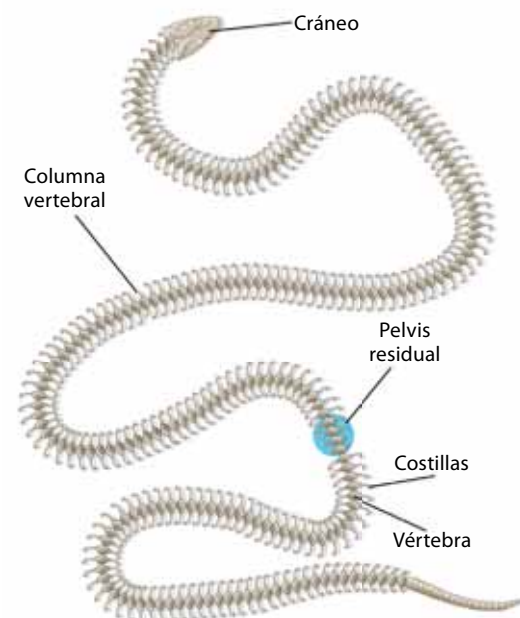
¿Son órganos homólogos la pata de una tortuga y el ala de un búho? ¿Y el ala de una mosca y la de una golondrina?

Las extremidades de una tortuga y la de un búho, aunque tengan aspectos diferentes, son órganos homólogos porque tienen un origen común.

El ala de una mosca y el ala de una golondrina, en cambio, son semejantes porque cumplen la misma función, pero tienen un origen distinto. Por este motivo reciben el nombre de **órganos análogos**.

Algunos órganos, como los huesos de las caderas que tienen algunas especies de serpiente, el apéndice o el cóccix humanos, que no son funcionales, reciben el nombre de **órganos vestigiales**.

Los órganos vestigiales son considerados también como una importante prueba de la evolución ya que su presencia en un organismo no tiene otra explicación que la de ser formas residuales de órganos que, en otro momento, tuvieron una función. La presencia de los huesos de las caderas en las serpientes, por ejemplo, cobra sentido al suponer que estos animales, como el resto de los reptiles, evolucionaron a partir de primitivos tetrápodos en los que dichos huesos sostenían las extremidades posteriores.



A3 Comparamos embriones

Las diferencias anatómicas entre los diferentes grupos de animales vertebrados son muy notorias. Es fácil, usualmente, distinguir los peces de los anfibios, los reptiles, las aves o los mamíferos en estado adulto. Sin embargo, cuando se examinan los **embriones** de distintos tipos de vertebrados es difícil distinguir unos de otros en los primeros estadios del desarrollo.

Todos los embriones, en las etapas tempranas presentan estructuras, como las hendiduras branquiales o el corazón simple, sin segmentar, que son propias de los peces y que permanecen en estos animales en estado adulto, pero que son eliminadas, en posteriores estadios de su desarrollo, en el resto de los grupos.

La gran semejanza entre los embriones de los peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos se considera una prueba a favor del proceso evolutivo, pues también sugiere un origen común para todos los vertebrados.



Fig. 9.5 Embriones de diferentes grupos de vertebrados.

A4 Comparamos moléculas

Todos los seres vivos, desde las bacterias a las ballenas, estamos formados por las mismas **moléculas: glúcidos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos**; lo que resulta ser una evidencia más en apoyo de la evolución de los seres vivos a partir de un antepasado común.

La biología molecular ha revelado, además, que las moléculas, al igual que lo hacen las estructuras corporales, evolucionan a lo largo del tiempo, de manera que, al comparar las secuencias de aminoácidos de algunas proteínas en distintas especies, las mayores diferencias se dan entre aquellas que están evolutivamente más alejadas. Por ejemplo, la hemoglobina humana y la hemoglobina del chimpancé son prácticamente idénticas. En cambio, al comparar la hemoglobina humana con la de los orangutanes las diferencias son mayores.

Otra dato de gran importancia que ha aportado la biología molecular para apoyar la evolución de los seres vivos a partir de un antecesor común es que el **código genético** es el mismo para todos los seres vivos sin excepción. Es decir, el mensaje cifrado en forma de secuencia de bases nitrogenadas que contiene el ADN se interpreta de la misma manera en cualquier ser vivo, sea una bacteria, un alga, un hongo o un hipopótamo: **el código genético es universal**.

CD

En el CD encontrarás curiosidades, anécdotas y multitud de reseñas para que puedas ahondar en el tema de forma didáctica y divertida.

A5 Biogeografía

La **biogeografía** muestra que la distribución de las distintas especies de seres vivos en el planeta no es uniforme, muchos animales y vegetales se hallan solamente en determinadas regiones de la Tierra. Por ejemplo, los leones sólo viven en África, las iguanas en Sudamérica, y para encontrar canguros en estado salvaje hay que viajar a Australia.

Esta, aparentemente, caprichosa distribución de los organismos en los distintos continentes puede ser explicada como una consecuencia de su dispersión desigual desde su lugar de origen.

Las especies surgen una sola vez y, a partir de su punto de origen, se dispersan hasta que encuentran una barrera que las detiene. La distribución actual de los camellos y sus parientes más próximos, las llamas, por ejemplo, puede explicarse suponiendo que su antepasado común se originó en Norteamérica, donde actualmente no existen, pero han sido hallados en forma fósil, y desde allí se dispersaron hacia Europa, África y Sudamérica cuando los tres continentes estaban unidos por lenguas de tierra o hielo. Estas formas primitivas evolucionaron después independientemente en los tres continentes para dar las distintas especies actuales.

La evolución a partir de ancestros comunes sirve también para explicar, por ejemplo, por qué la fauna y la flora de Europa y Norteamérica, que estuvieron unidas hasta hace unos 40 millones de años, presenta muchas más semejanzas que la fauna y flora de África y Sudamérica, que han estado separadas desde hace unos 80 millones de años.

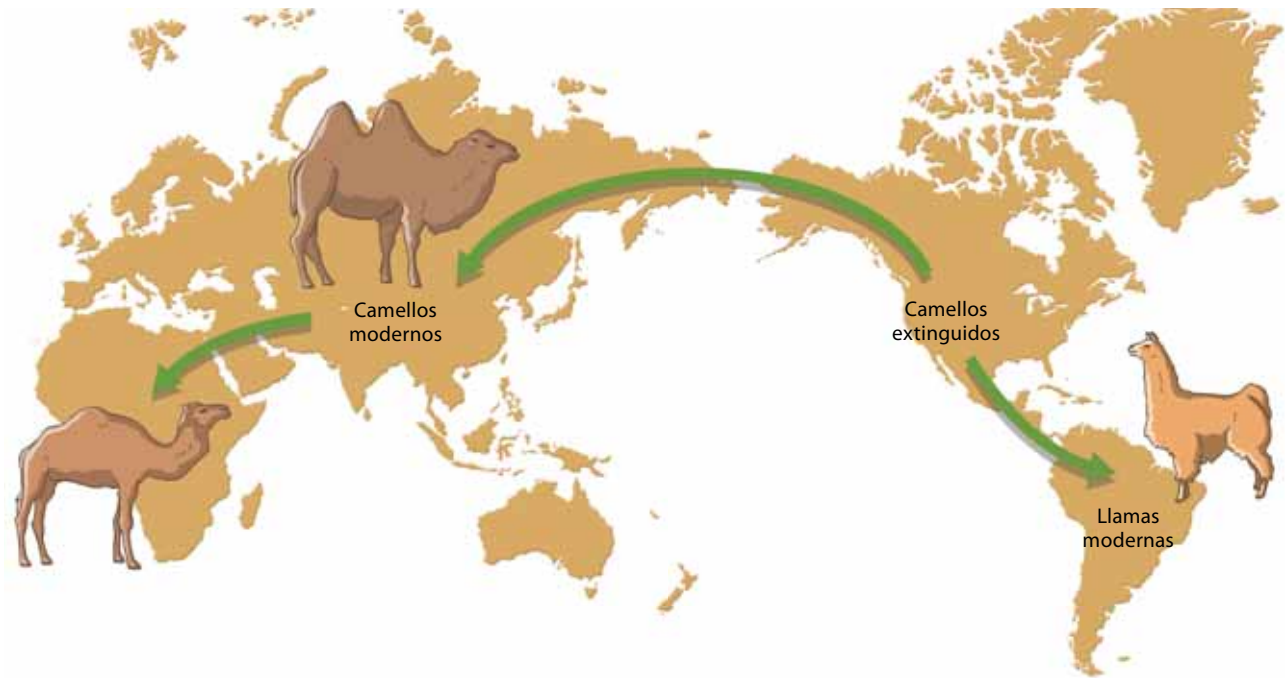


Fig. 9.6 Los antepasados de los camellos se originaron en Norteamérica y desde allí se dispersaron hacia los demás continentes.

Actividades

1 ¿Por qué los fósiles representan importantes pruebas a favor de la evolución?

2 Cita algunas evidencias que apoyen el origen de los tetrápodos (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) a partir de un antepasado común.

3 ¿Sabrías explicar por qué los canguros sólo viven en Australia?

4 ¿Qué significado tiene el hecho de que el código genético sea universal?

Sabías que... *

La **biogeografía** es la rama de la biología que estudia la distribución de los seres vivos sobre la Tierra.

LAS TEORÍAS DE LA EVOLUCIÓN

Desde tiempos remotos los seres humanos nos hemos preguntado sobre nuestro propio origen y sobre el origen de los demás seres vivos. Durante siglos, prácticamente todos los pueblos han elaborado bellas explicaciones mitológicas para dar respuesta a estas preguntas.

La religión cristiana atribuye la existencia del mundo y de todos los seres vivos, incluidos los seres humanos, a un acto de creación divina, que duró siete días. Durante cientos de años, este relato fue considerado como una verdad absoluta, y, por tanto, también lo fue la idea de que los seres vivos habían permanecido fijos, inmutables, desde su creación. Esta concepción del mundo, se conoce con el nombre de **fijismo** o **creacionismo** y era la teoría aceptada en Europa hasta bien entrado el siglo XVIII. Para los fijistas, los fósiles, por ejemplo, no representaban los restos petrificados de organismos que vivieron en épocas geológicas anteriores sino las caprichosas formas que en ocasiones tomaban las rocas.

Sin embargo, el gran desarrollo alcanzado en diversas áreas de la biología y la geología, tales como la taxonomía, la anatomía comparada y la paleontología, a finales del siglo XVIII, condujo a los científicos a cuestionar el creacionismo y, en consecuencia, a buscar una respuesta racional a la pregunta sobre el origen de los seres vivos.

* Sabías que...

El término **biología**, para referirse a la ciencia que estudia los seres vivos, fue creado y utilizado por primera vez por Lamarck.

A

EL LAMARCKISMO

Jean Baptiste Monet, caballero de Lamarck (1744-1829) nació en Bazentin-le-Petit, Francia. Ocupó la cátedra de invertebrados en el Museo de Historia Natural de París. En 1809 publicó su obra *Filosofía zoológica* en la que expuso, por primera vez en la historia de la ciencia, una teoría razonada sobre el origen y evolución de los seres vivos, que más tarde se conoció como **lamarckismo**.

Para Lamarck, la gran diversidad de seres vivos que habitaban la Tierra podía explicarse por la adaptación de los organismos a ambientes distintos. Basaba su teoría en dos principios fundamentales:

- **Uso y desuso del órgano:** cuando los seres vivos se ven obligados por las circunstancias ambientales a usar de forma continua un órgano, éste se desarrolla y fortifica. En cambio, cuando un órgano deja de ser útil, se debilita y deteriora.
- **Herencia de los caracteres adquiridos:** el desarrollo o el deterioro de un determinado órgano, es decir, el carácter adquirido por una generación de individuos, se conserva y es transmitido a las nuevas generaciones.

Lamarck utilizó, entre otros ejemplos, el cuello de las jirafas para explicar su teoría sobre la evolución.

Los antepasados de las jirafas debían tener el cuello corto, pero al escasear la vegetación, en épocas de sequía, tuvieron que estirar el cuello para alcanzar las hojas de los árboles, esto produjo un alargamiento progresivo del cuello que fue transmitido a los descendientes. El carácter adquirido por la utilización continua de un órgano, el cuello largo, era transmitido a la descendencia.

La teoría de Lamarck tuvo poca aceptación entre los científicos de la época debido, especialmente, a la campaña de descrédito hacia su persona que llevaron a cabo algunos científicos, como Georges Cuvier, totalmente contrarios a la idea de la evolución de los seres vivos.

El lamarckismo fue eclipsado después por el darwinismo, sin embargo, es justo reconocer que la contribución de Lamarck a la ciencia fue muy importante ya que la suya fue la primera teoría científica sobre la evolución que se basaba en la adaptación de los seres vivos al ambiente.



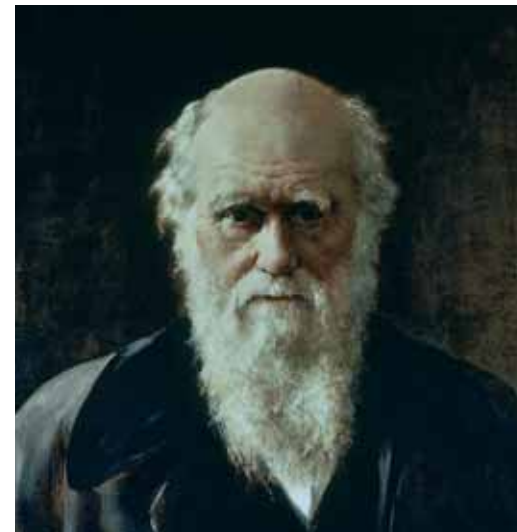
Fig. 9.7 Lamarck.

B

DARWIN Y EL DARWINISMO

Charles Darwin (1809–1882) nació en Shrewsbury, Inglaterra. En su juventud (1831) realizó un largo viaje alrededor del mundo a bordo del navío *Beagle* en calidad de naturalista. Durante el viaje, que duró cinco años, Darwin observó meticulosamente la flora y fauna de los lugares que visitó y recogió una gran cantidad de datos y muestras.

Fruto de las observaciones realizadas en su viaje y de sus largas reflexiones posteriores nació su teoría sobre la evolución. Cuando en 1859 publicó la obra *El origen de las especies*, no solamente aportaba múltiples pruebas a favor de la evolución, sino que además proponía un mecanismo para explicar cómo se producía el proceso evolutivo: la **selección natural**.



Charles Darwin. **Fig. 9.8**

Recorrido del velero de la marina inglesa *HMS Beagle* alrededor del mundo. **Fig. 9.9**

B1 ¿Cómo se explica la evolución mediante la selección natural?

Darwin conocía la **selección artificial** que practicaban los ganaderos y agricultores que, al cruzar entre sí los ejemplares que presentaban características ventajosas, habían sido capaces de obtener numerosas razas de ganado y variedades de hortalizas. Según Darwin la lucha por la existencia que se producía en la naturaleza actuaba de forma semejante a como lo hacían ganaderos y agricultores, porque seleccionaba y favorecía la reproducción de los individuos mejor dotados y eliminaba a los menos aptos. La evolución, por tanto, era una consecuencia de la selección natural de los más aptos. La teoría de la evolución por selección natural que formuló Darwin puede resumirse de la siguiente manera:

- **Sobreproducción:** los seres vivos producen más descendientes de los que pueden sobrevivir.
- **Variación:** los individuos de una población no son idénticos entre sí sino que presentan variación en sus características. Algunos rasgos favorecen la supervivencia, otros no. Aunque Darwin desconocía los mecanismos de la herencia, apuntaba la necesidad de que las variaciones que presentaban los individuos de una población fueran hereditarias para que influyeran en la evolución de la especie.
- **Lucha por la vida:** dado que en la naturaleza los recursos son limitados y que hay más individuos de los que el ambiente puede sostener se produce la lucha por la supervivencia.
- **Selección de los más aptos:** los individuos que poseen las características más favorables tienen mayor probabilidad de sobrevivir y reproducirse y, por tanto, de transmitirlos a la siguiente generación. Al cabo de varias generaciones se habrá producido una selección de los rasgos que más favorecen la supervivencia y, en consecuencia, la población estará mejor adaptada al ambiente.

Ten en cuenta

Una pareja de elefantes, por ejemplo, en 700 años podría tener 19 millones de descendientes.

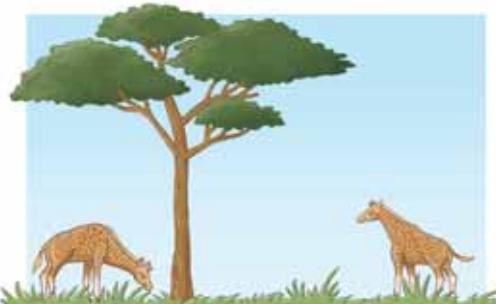
Actividad resuelta

¿Cuál es la principal diferencia entre la teoría de Darwin y la teoría de Lamarck?

Ambas teorías explican la evolución por la adaptación de los organismos al ambiente. La diferencia estriba en el mecanismo de adaptación.

Para Lamarck la adaptación se produce como resultado de la presión del ambiente sobre los individuos que se ven obligados a cambiar, a estirar el cuello, por ejemplo, en el caso de las jirafas. Según Lamarck la función hace al órgano.

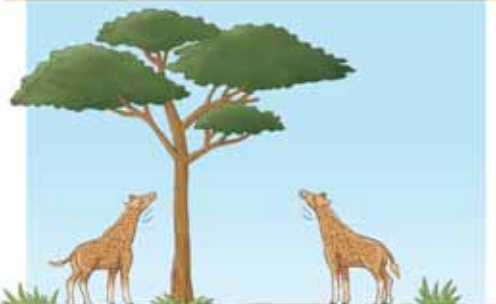
Para Darwin la adaptación surge debido a la selección natural de los individuos que poseen las características que les hacen más aptos para sobrevivir en un ambiente determinado. En el caso de las jirafas la naturaleza selecciona en cada generación aquellas jirafas que tienen el cuello más largo porque son las que más probabilidades tienen de sobrevivir y reproducirse. Según Darwin la naturaleza selecciona al órgano mejor adaptado para una función entre las variedades espontáneas que surgen en la población.



Los antepasados de las jirafas tenían un cuello corto y se alimentaban de pasto.



Entre los antepasados de las jirafas no todos los individuos eran idénticos. Algunos tenían el cuello algo más largo que los demás.



Cuando el pasto se hizo escaso las jirafas tuvieron que estirar el cuello para alcanzar las hojas de los árboles.



Cuando el pasto se hizo escaso las jirafas con el cuello más largo tuvieron más posibilidades de sobrevivir y reproducirse y, por tanto, su frecuencia aumentó.



Al cabo de muchas generaciones estirando el cuello, las jirafas nacieron con el cuello más largo.



Al cabo de muchas generaciones, y tras actuar la selección natural, todas las jirafas tuvieron el cuello más largo.

TEORÍA SINTÉTICA DE LA EVOLUCIÓN

En los años cuarenta del siglo xx los científicos, Huxley, Dobzhansky y Mayr llevaron a cabo una profunda revisión de la teoría de la evolución de la que surgió la **teoría sintética de la evolución**, denominada también **neodarwinismo**. La nueva teoría sintética incorporaba a la teoría propuesta por Darwin los modernos conocimientos aportados por la genética y la biología molecular.

Los principios fundamentales de la teoría sintética de la evolución son los siguientes:

- La variación en los rasgos entre los individuos de una población se debe, por una parte, a la **recombinación genética** que tiene lugar en la reproducción sexual y, por otra, no menos importante, a la existencia de **mutaciones**.
- Las **mutaciones** son producto del **azar** y la mayor parte de ellas son perjudiciales e incluso letales, por lo que normalmente desaparecen. Sin embargo, en ocasiones, algunas mutaciones pueden resultar favorables para los individuos, especialmente cuando las condiciones ambientales cambian.
- Bajo la idea de la teoría sintética de la evolución, la naturaleza selecciona las mutaciones favorables, denominadas **mutaciones adaptativas**, de forma que, a la larga, las poblaciones están perfectamente adaptadas a su entorno.

El ejemplo clásico de selección natural de las mutaciones adaptativas es el de la mariposa nocturna *Biston betularia*. Se trata de una mariposa de color blanco plateado, que pasaba desapercibida sobre la corteza clara de los abedules. Existía una forma mutante de mariposa, de color negro que, normalmente, era muy poco frecuente.

Sin embargo, hacia finales del siglo xix, la forma negra era la más común en algunas zonas industrializadas en las que la contaminación había provocado el ennegrecimiento de la corteza de los abedules.

¿A qué se debió el aumento en la frecuencia de la forma oscura?

La mutación oscura era una mutación perjudicial y, por tanto, poco frecuente cuando las cortezas de los árboles eran de color claro. Sin embargo, se convirtió en una mutación adaptativa cuando las condiciones ambientales cambiaron por la contaminación provocada por las industrias.

Entonces la selección natural favoreció su supervivencia y reproducción y su frecuencia aumentó.



Actividades

5 ¿Qué es el fijismo?

6 Responde las siguientes preguntas:

- ¿Crees que si el tenista Rafael Nadal tuviera hijos, éstos nacerían con el brazo izquierdo más fuerte que el derecho?
- Y los hijos del jugador de baloncesto Pau Gasol, ¿serían más altos que la media de la población?

- ¿Cuál es la diferencia fundamental entre el desarrollo del brazo de Nadal y la altura de Gasol?

7 Explica cómo crees que ha actuado la selección natural en el hecho de que algunas bacterias hayan desarrollado resistencia a ciertos antibióticos.

8 ¿Qué crees que ocurrió con *Biston betularia* cuando las industrias dejaron de emitir gases contaminantes?

LOS MECANISMOS DE LA EVOLUCIÓN

La teoría de la evolución además de explicar de qué modo los seres vivos se adaptan al ambiente describe la forma en que se producen nuevas especies y, en consecuencia, da explicación a la enorme diversidad de seres vivos.

A

¿CÓMO SURGE UNA ESPECIE NUEVA?

Se define especie como un conjunto de individuos semejantes que pueden reproducirse entre ellos. Si todas las poblaciones de una especie determinada permanecen relacionadas, evolucionarán juntas. Pero si las poblaciones se separan deberán adaptarse a ambientes distintos, por lo que, tras un largo periodo de separación, darán lugar a especies distintas.

En la formación de una especie nueva pueden distinguirse tres fases:

- **Aislamiento de las poblaciones:** puede deberse a que alguna de las poblaciones migre o a que surja una barrera geográfica que las separe como la desviación del cauce de un río, la aparición de grietas en el terreno, la formación de pequeñas lagunas a partir de un lago, etc. Al estar separadas, el cruzamiento entre los individuos de las distintas poblaciones y, por tanto, el intercambio genético entre ellas, resultará imposible.
- **Evolución en ambientes distintos:** la selección natural actuará de forma independiente sobre cada población, es decir, favorecerá mutaciones distintas, por lo que los cambios evolutivos que experimenten también serán diferentes.
- **Aparición de barreras reproductivas:** si transcurre un periodo de tiempo suficientemente largo pueden haberse producido tal cantidad de cambios que la reproducción entre los individuos de una y otra población, sea imposible. Cuando esto ocurre, se puede afirmar que las poblaciones han dado lugar a especies distintas.

Supongamos que unos ratones de pradera (especie A) migran al bosque. Las mutaciones que se seleccionen en el nuevo ambiente no serán las mismas que las que se seleccionen en la pradera, por lo que ambas poblaciones evolucionarán de forma independiente. Transcurrido un largo periodo de tiempo, las dos poblaciones de ratones presentarán múltiples diferencias; algunas de ellas, como por ejemplo, el tamaño del cuerpo, pueden hacer imposible la reproducción entre ellos. De esta forma habrá aparecido una nueva especie (especie B).

* Sabías que...

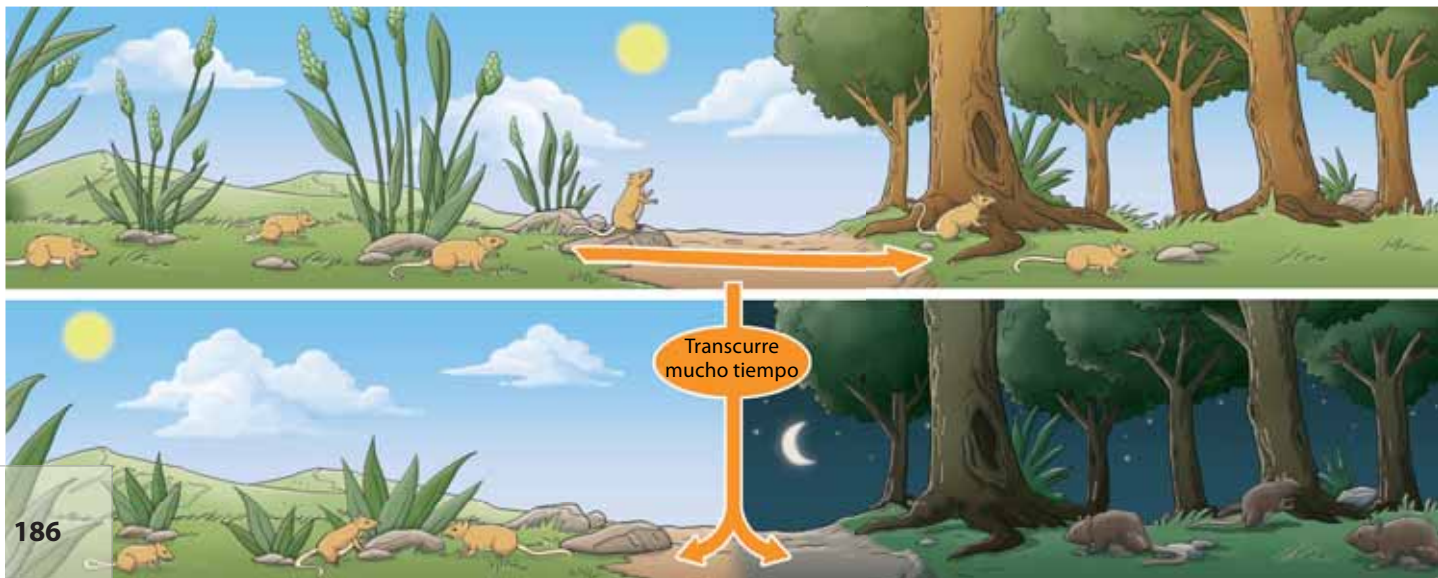
Un caso curioso de especiación ocurrió cuando una pequeña población de conejos fue liberada en la pequeña isla de Porto Santo, frente a Portugal, a principios del siglo xv. Tan sólo cuatro siglos después, los conejos de la isla eran muy diferentes a los del continente, más pequeños, con un pelaje distinto y sus hábitos eran nocturnos.

Fig. 9.11 Especiación por migración al bosque de unas ratas de pradera.

ESPECIE A:
Talla pequeña
Pelaje claro
Costumbres diurnas



ESPECIE B:
Talla grande
Pelaje oscuro
Costumbres nocturnas



B

¿GRADUALISMO O PUNTUALISMO?

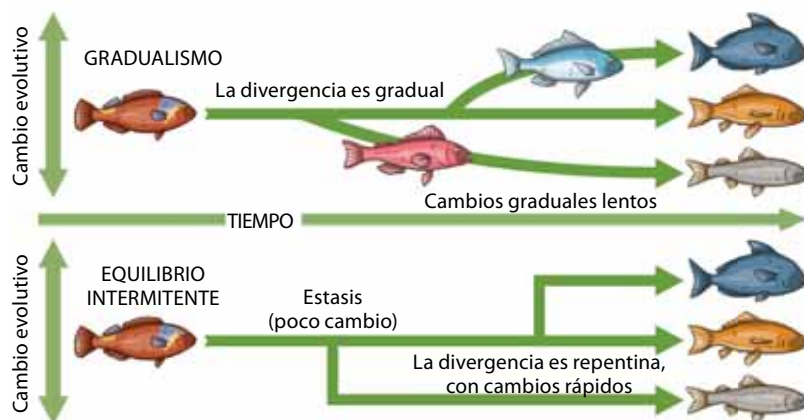
¿Puede el modelo de especiación del apartado anterior explicar la aparición en la historia de la vida de los grandes grupos taxonómicos? Por ejemplo, ¿puede explicar cómo se originaron los reptiles a partir de los anfibios o las aves a partir de los reptiles? Para los defensores del **gradualismo**, o lo que es lo mismo, del neodarwinismo clásico, la respuesta es afirmativa.

Sin embargo, para algunos científicos norteamericanos, representados por Niles Eldredge (1943) y Stephen Jay Gould (1941-2002) no es así, pues, si bien aceptan el gradualismo para lo que ellos denominan **microevolución**, es decir, para la adaptación de los organismos al medio, proponen un mecanismo distinto para la formación de nuevas especies, es decir, para la **macroevolución**, denominado **puntualismo** o **equilibrio puntuado**.

Para los defensores del equilibrio puntuado las especies no se originan de forma gradual sino que surgen de forma rápida, prácticamente repentina, y su irrupción provoca una lucha por la supervivencia con la especie de la que proceden. La selección natural no actúa sobre los individuos, sino sobre las especies, favoreciendo a la mejor adaptada.

En el ejemplo de los ratones del apartado anterior la nueva especie habría surgido por la rápida acumulación de mutaciones que favorecían la supervivencia en el bosque de algunos individuos. Al estar éstos mejor adaptados a las nuevas condiciones de vida habrían desplazado a la especie original.

El modelo de especiación de los puntualistas se basa, entre otros argumentos, en el hecho de que en el registro fósil no se observa un cambio gradual de las especies. Por el contrario, en el registro fósil las especies pasan por largos periodos de estabilidad, contabilizados en millones de años, durante los que apenas cambian hasta que, de forma brusca, en periodos de unos pocos miles de años, desaparecen y son sustituidas por otras de características distintas. Contra este argumento puntualista, los gradualistas esgrimen que el registro fósil es incompleto. Si no se aprecia un cambio gradual de las especies es, en parte, porque muchas formas fósiles todavía no han sido halladas y, en parte, porque la mayoría de los seres vivos que han existido no han fosilizado jamás.



Pero, no sólo los puntualistas cuestionan el cambio gradual de las especies como mecanismo único para explicar la evolución; actualmente, existen varias corrientes científicas que proponen nuevos enfoques para el proceso evolutivo.

La científica norteamericana Lynn Margulis, por ejemplo, mantiene una postura abiertamente enfrentada con los neodarwinistas porque entiende que la evolución no siempre se produce como una consecuencia de la lucha por la vida, sino como el resultado de la unión y cooperación de organismos distintos, que, de esta forma, ven incrementadas sus posibilidades de supervivencia. Para Margulis, los grandes cambios evolutivos surgieron y todavía surgen directamente de la simbiosis.



Stephen Jay Gould. **Fig. 9.12**

CD

En el CD podrán encontrar actividades interactivas que harán más divertido el desarrollo y el estudio de esta Unidad.

Comparación entre el gradualismo y el equilibrio puntuado. **Fig. 9.13**

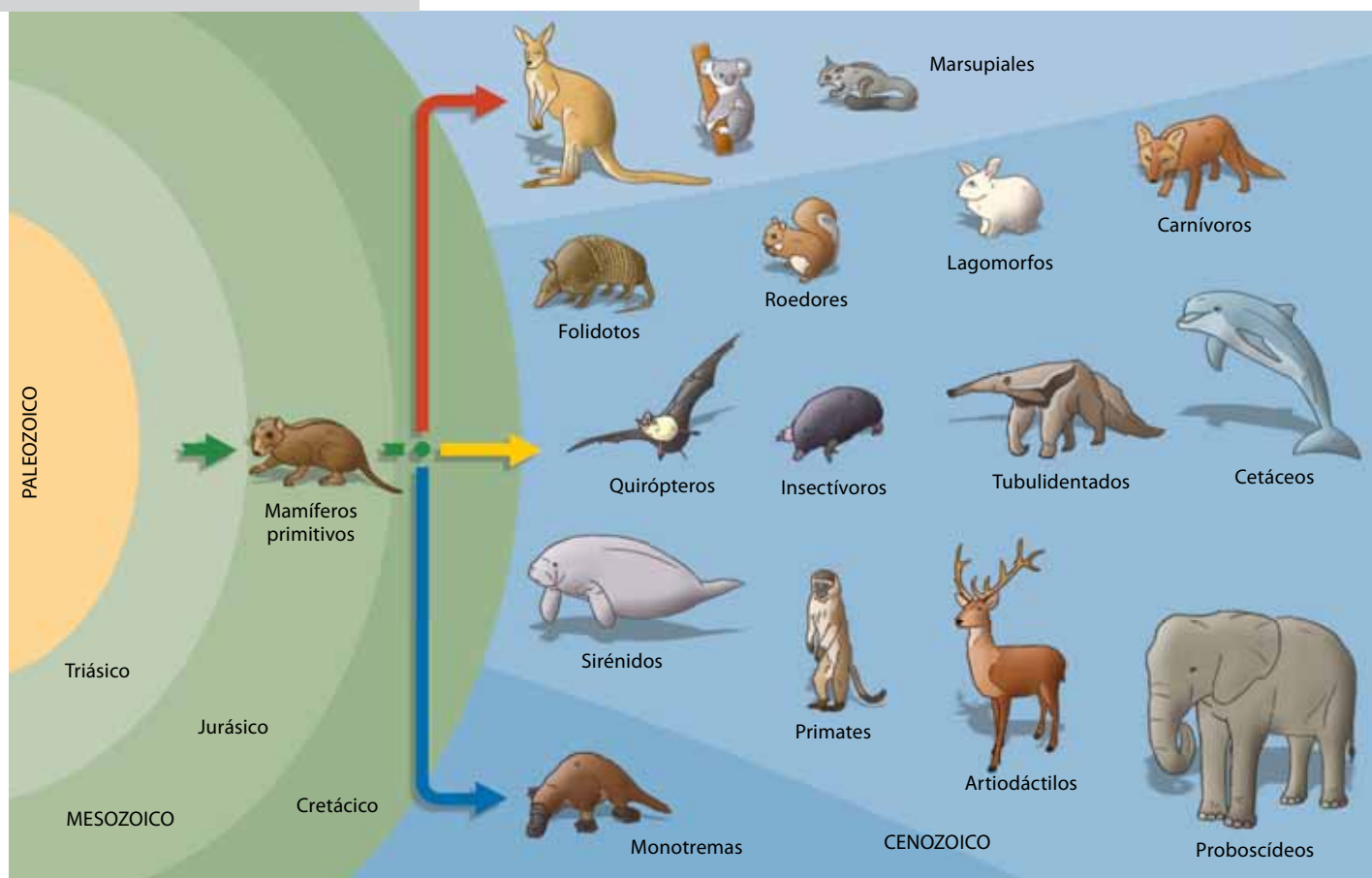
RADIACIÓN ADAPTATIVA

La **radiación adaptativa** es el fenómeno que se observa en la historia evolutiva de algunos grupos de seres vivos que, en un momento determinado, dan origen a varios grupos distintos que se adaptan a diferentes formas de vida y, en poco tiempo, dan lugar a una gran diversidad de tipos.

Para que la radiación adaptativa se produzca deben existir nuevas posibilidades de adaptación y evolución. Éstas pueden deberse a la adquisición de una característica que permita la colonización de nuevos ambientes. Así, el desarrollo del huevo amniótico permitió a los primitivos reptiles independizarse totalmente del agua y dar lugar, entre finales del Paleozoico y principios de Mesozoico, a un gran número de tipos distintos.

En otras ocasiones la radiación adaptativa puede producirse por la ocupación de nichos ecológicos que han quedado «vacantes» tras la extinción masiva de un gran grupo zoológico. Es lo que se cree que ocurrió a principios del Cenozoico con los primitivos mamíferos que dieron lugar a un gran número de formas al ocupar los nichos ecológicos abandonados por los dinosaurios tras la gran extinción a finales del periodo Cretácico.

Fig. 9.14 Radiación adaptativa de los mamíferos.



Actividades

9 ¿Qué tendría que ocurrir para que las dos formas, clara y oscura, de la mariposa *Biston betularia* dieran lugar a dos especies distintas?

10 ¿En qué se diferencian las barreras geográficas y las barreras reproductivas?

11 ¿Cuál es la principal diferencia entre el gradualismo y el puntualismo?

12 ¿Qué factores son necesarios para que se produzca la radiación adaptativa de un determinado grupo de seres vivos?

¿CÓMO COMENZÓ LA VIDA?

La ciencia todavía no ha podido explicar de forma concluyente cómo surgieron los primeros seres vivos. Aun así, la mayor parte de los científicos aceptan la hipótesis de que la vida se originó a partir de materia inorgánica, inanimada, hace unos 3800 millones de años.

LA EVOLUCIÓN QUÍMICA

El proceso que condujo a la formación de las primeras células a partir de moléculas inanimadas se denomina **evolución química**.

La evolución química fue un proceso lento y gradual determinado por la composición y las propiedades de la atmósfera de la Tierra hace unos 4000 millones de años, que eran muy distintas a las de la atmósfera actual. Algunas de las propiedades de la atmósfera que hicieron posible la evolución química fueron:

- **Abundancia de moléculas simples:** como vapor de H_2O , iones minerales y gases como CO_2 , CO , H_2 y N_2 que sirvieron como bloques de construcción para formar moléculas más complejas.
- **Ausencia de oxígeno libre:** que habría degradado las moléculas orgánicas recién formadas. Su ausencia en la atmósfera favoreció la estabilidad de las nuevas moléculas.
- **Gran cantidad de energía:** en forma de violentas tormentas eléctricas, impactos de meteoritos y de una intensa radiación ultravioleta que propiciaron la formación de enlaces.

La evolución química puede dividirse en cinco etapas:

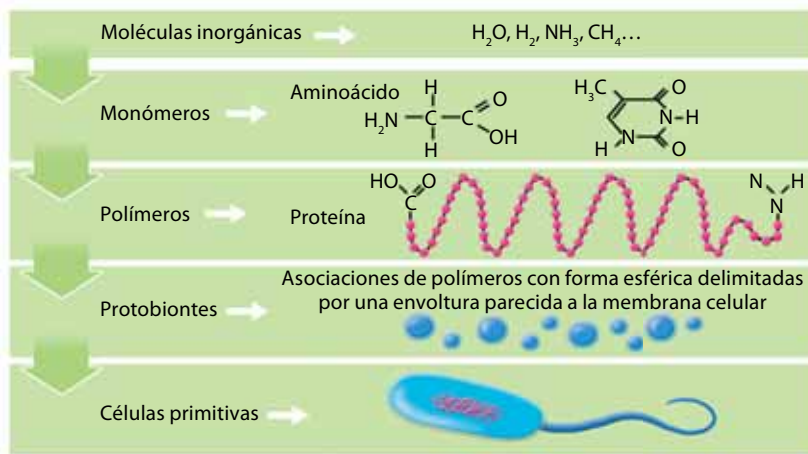


Fig. 9.15 Etapas de la evolución química.

En 1950 el científico norteamericano **Stanley Miller** llevó a cabo un experimento para demostrar la hipótesis sobre el origen de la vida por evolución química que había formulado el científico ruso **Alexandr Oparín** en 1929. Para ello sometió una mezcla de gases semejante a la atmósfera primitiva a descargas eléctricas. El experimento se consideró un éxito porque, a los pocos días, había obtenido moléculas orgánicas, como aminoácidos. Desde entonces se han llevado a cabo otros experimentos, semejantes al de Miller, en los que se han conseguido obtener polímeros de aminoácidos e incluso protobiontes, pero ningún científico ha sido capaz de obtener células vivas. Aunque se ha avanzado mucho en este sentido, el complejo proceso que condujo de los protobiontes a las células sigue siendo inabarcable de un modo experimental.



En el CD encontrarás un enlace web a un interesante vídeo sobre el origen de la vida: <http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/a>.

LA EVOLUCIÓN DE LAS CÉLULAS

Los primeros seres vivos fueron seres unicelulares, procariotas. Se postula que eran organismos heterótrofos, anaerobios, que obtenían la energía por fermentación a partir de las abundantes moléculas orgánicas que se formaron durante la evolución química.

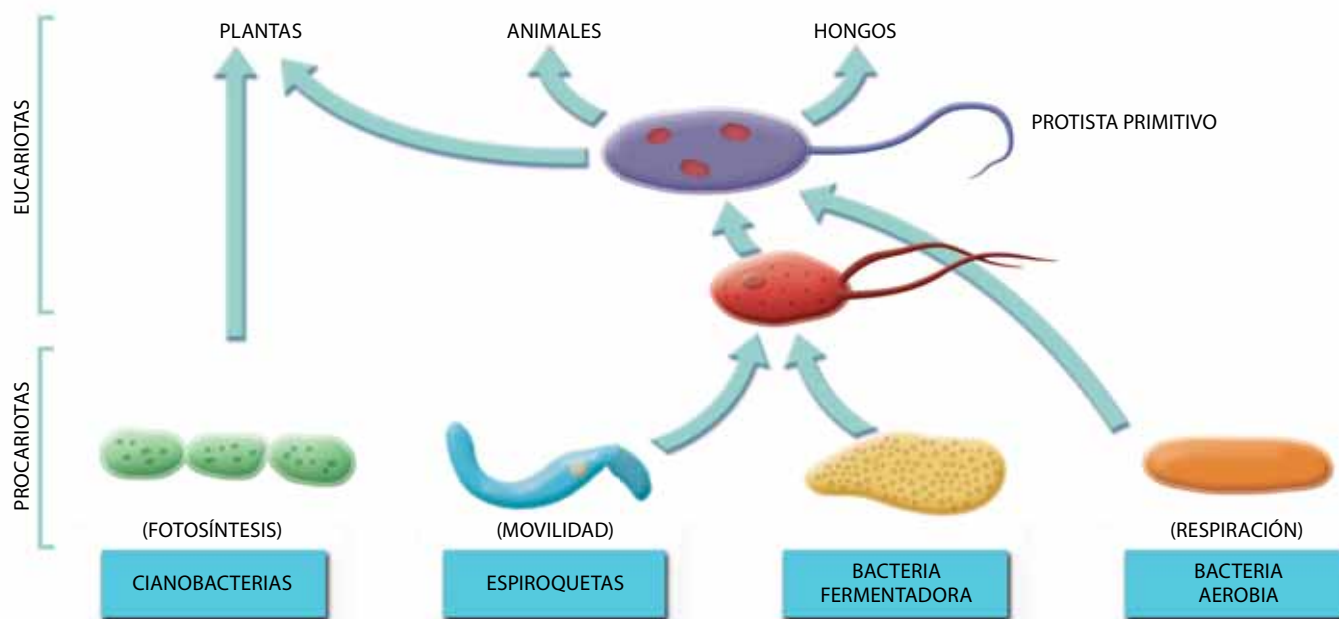
Posteriormente surgieron los procariotas autótrofos fotosintéticos que liberaban O_2 . Estos organismos, que tuvieron un gran éxito biológico, provocaron el progresivo enriquecimiento en O_2 de la atmósfera. Este importante cambio ambiental desencadenó la extinción de gran parte de los organismos anaerobios y favoreció la evolución de los seres vivos aerobios mucho más eficientes en la obtención de energía a partir de la materia orgánica.

Hace unos 2000 millones de años, cuando la composición de la atmósfera era ya parecida a la actual, surgieron las primeras células eucariotas de mayor tamaño y más complejas que las procariotas.

La **teoría endosimbiótica** sobre el origen de las células eucariotas, propuesta por Lynn Margulis, sugiere que estas células se formaron por la unión cooperativa, simbiótica, de células procariotas. Las primeras células eucariotas estuvieron, pues, formadas por la unión de diversos tipos de células procariotas.

La aparición de las células eucariotas fue un acontecimiento de una gran importancia en la historia de la vida en la Tierra porque estas células darían origen a todos los seres vivos pluricelulares; es decir, a las plantas, a los hongos y a los animales.

Fig. 9.16 La teoría endosimbiótica.



Actividad resuelta

¿Cuáles fueron las principales consecuencias de la aparición del oxígeno en la atmósfera?

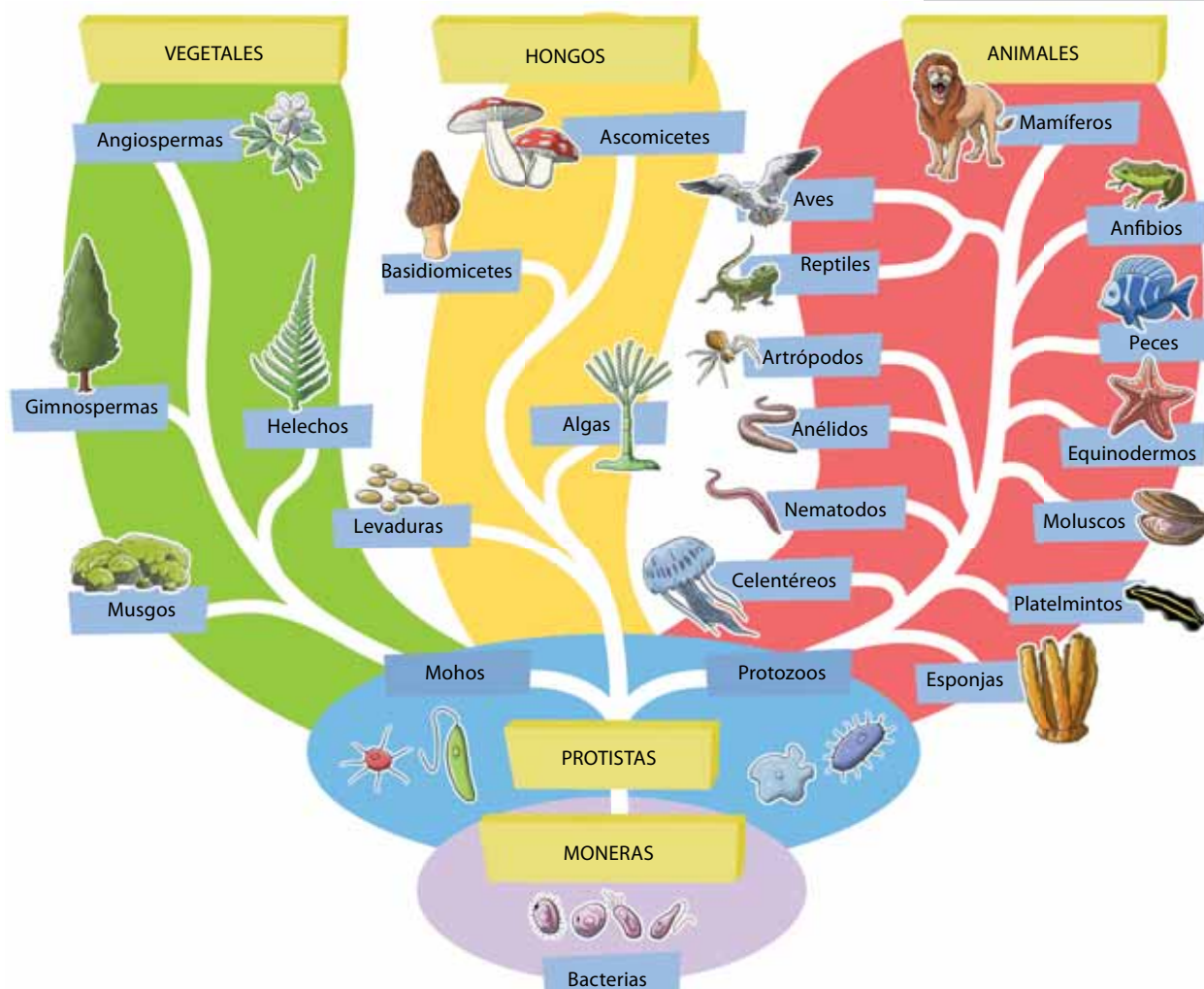
1. Surgieron los organismos aerobios que consumían oxígeno y desprendían dióxido de carbono, por lo que se estabilizaron las concentraciones de ambos gases en la atmósfera.
2. Los organismos aerobios eran muy eficientes en la obtención de energía y desplazaron a los anaerobios que se extinguieron o se vieron relegados a hábitats en donde no hubiera oxígeno.
3. Se formó la capa de ozono que protege a los seres vivos de los rayos ultravioleta, lo que probablemente hizo posible la aparición de seres más complejos: los organismos eucariotas.

La práctica ausencia de fósiles desde que aparecieron los primeros organismos eucariotas, hace unos 2000 millones de años, hasta la llamada explosión cámbrica, hace 570 millones de años, ha dificultado la interpretación de este periodo de la evolución de los seres vivos. Del estudio de la morfología y de la diversidad de los protistas actuales (protozoos, algas unicelulares y hongos unicelulares) se ha deducido que las células eucariotas primitivas debieron dar lugar a un grupo muy diverso de seres unicelulares.

Entre estos organismos pronto debió surgir una tendencia a la multicelularidad, es decir, a formar agregados de células semejantes denominados **colonias**, que evolucionaron hacia formas más complejas que, gracias a la especialización y diferenciación de sus componentes, darían lugar a verdaderos organismos pluricelulares. De este modo las primitivas algas verdes unicelulares habrían dado lugar a formas más complejas que acabarían originando los diferentes grupos de vegetales actuales. Los animales se habrían originado, de modo semejante, a partir de protozoos primitivos, y los hongos descenderían, a su vez, de los primitivos hongos unicelulares.

Esquema de la evolución de los seres vivos.

Fig. 9.17



Actividades

12 ¿Qué factores de la atmósfera primitiva de nuestro planeta favorecieron la evolución química?

13 Enumera todas las etapas que corresponden a la evolución química.

14 ¿Por qué suponen los científicos que las células procariontas proceden de las eucariotas y no al revés?

15 ¿Por qué suponen los científicos que los seres pluricelulares se originaron a partir de organismos eucariotas unicelulares?

EL ORIGEN DE LA ESPECIE HUMANA

Los seres humanos tenemos algunas características, como la capacidad de razonamiento o la de comunicarnos mediante el lenguaje, que nos distinguen del resto de los animales. Sin embargo, la mayoría de nuestros rasgos anatómicos y fisiológicos coinciden con los de los **mamíferos placentarios**. Dentro de este grupo, la especie humana, denominada científicamente *Homo sapiens*, pertenece al orden primates.

A

EL HOMBRE NO PROCEDE DEL MONO

Los primates son un grupo de mamíferos adaptados a la vida arborícola. Tienen extremidades largas y esbeltas con dedos prensiles, ojos en el frente (lo que permite la visión en tres dimensiones) y un encéfalo muy desarrollado. Su comportamiento social es complejo y las hembras suelen parir un solo hijo en cada parto, el cual necesita un largo periodo de crianza y protección. Surgieron hace unos cincuenta millones de años, poco después de que se extinguieran los dinosaurios y de que los mamíferos, al ocupar los nichos ecológicos abandonados por ellos, comenzasen su rápida radiación adaptativa. Actualmente, los primates se dividen en dos grupos: **prosimios** y **antropoideos**.

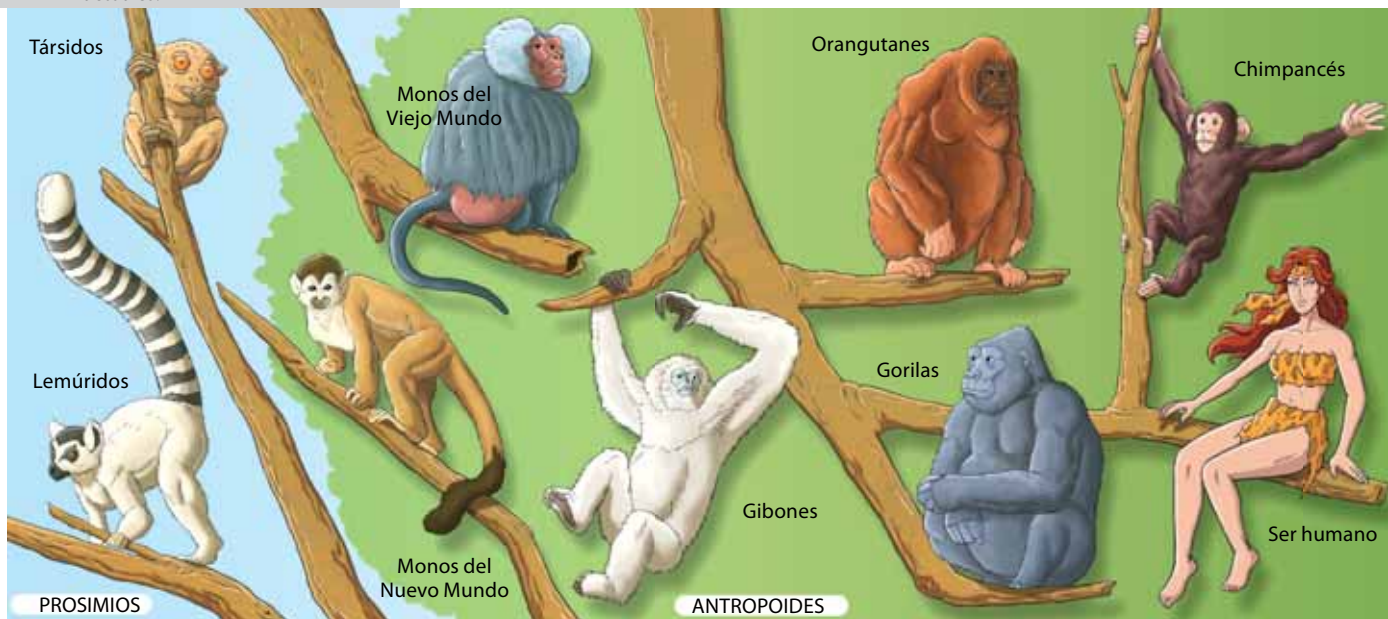
- **Prosimios:** animales de pequeño tamaño y costumbres nocturnas. Los lemúridos y los tárvidos pertenecen a este grupo.
- **Antropoideos:** animales diurnos, de mayor talla y con un encéfalo mayor que los prosimios. Incluye los monos del Nuevo Mundo, los monos del Viejo Mundo y los hominoideos. Los hominoideos son monos de gran tamaño, sin cola. Entre ellos se encuentran los gibones, los orangutanes, los gorilas, los chimpancés y los seres humanos que, junto a sus antepasados extintos, forman la familia de los **homínidos**.

El estudio comparativo de la anatomía y de la composición de algunas proteínas de los hominoideos demuestra que el grupo más próximo a nuestra especie es el de los chimpancés. Esto significa que, aunque todos los hominoideos tuvimos un antecesor común, las líneas que condujeron a los gibones, orangutanes y gorilas se separaron antes que las que condujeron a los chimpancés y a los humanos.

* Sabías que...

Los antepasados de los primates se cree que fueron pequeños mamíferos placentarios parecidos a las musarañas que vivían en árboles y se alimentaban de insectos.

Fig. 9.18 Origen y relaciones de los primates actuales.



LOS PRIMEROS HOMÍNIDOS

Los antepasados de los chimpancés y de los humanos vivieron en la selva africana. Eran individuos arborícolas que se alimentaban básicamente de frutos. Su aspecto debía ser parecido al de los chimpancés actuales porque tenían los brazos largos y las piernas cortas y su estatura era reducida. Su cráneo era pequeño comparado al nuestro y presentaban gran dimorfismo sexual. Apenas se conocen fósiles de esta época, probablemente porque las condiciones de la vida en la selva eran muy poco favorables para la fosilización.

Parece ser que algunos de estos simios debieron abandonar la selva hace unos seis millones de años y establecerse en su periferia, en la denominada sabana arbórea. Su aspecto cambió poco, pero se produjo una modificación importante en su manera de desplazarse porque, como ya no podían saltar de árbol en árbol, empezaron a trasladarse por el suelo y desarrollaron la **marcha bípeda**.

Hace unos cuatro millones de años aparecieron los *Australopithecus*, un grupo heterogéneo de homínidos en el que se incluyen varias especies. Eran individuos de pequeño tamaño, apenas 1,20 m y marcha bípeda, cuyos restos fósiles se han encontrado en diferentes regiones de África. Tenían un cráneo pequeño, de unos 500 cm³, bordes supraorbitarios pronunciados, mentón saliente y grandes dientes caninos.

La especie mejor conocida de este grupo de homínidos es, sin duda, *Australopithecus afarensis*, de la que se han hallado restos de unos 300 individuos. Uno de los esqueletos fósiles mejor conservados fue descubierto en 1974 por Donald Johanson y, aunque su denominación científica es AL 288-1, es más conocido como Lucy.

Lucy era una hembra joven que vivió en Etiopía hace unos 3,5 millones de años. Tenía alrededor de veinte años de edad, medía aproximadamente 1 m y debió pesar unos 27 kg. La forma de su pelvis y la articulación de su rodilla demuestran que podía andar erguida.



b)



Sabías que... *

Las pisadas de Laetoli (Tanzania) se piensa que son las huellas fósiles que tres Australopithecus afarensis dejaron, hace unos 3,6 millones de años, sobre cenizas volcánicas.

Su hallazgo sirvió para reforzar el argumento de que los Australopithecus eran bípedos.



Esqueleto fósil de Lucy (a).
Reproducción de Lucy (b).

Fig. 9.19



EL GÉNERO HOMO

Hace unos 2,5 millones de años el clima se hizo más árido y los árboles de la sabana se hicieron muy escasos. Al perder su hábitat la mayor parte de los *Australopithecus* se extinguieron. Sin embargo, algunas poblaciones debieron adaptarse a la nueva situación y dieron lugar a un nuevo género, el género *Homo*.

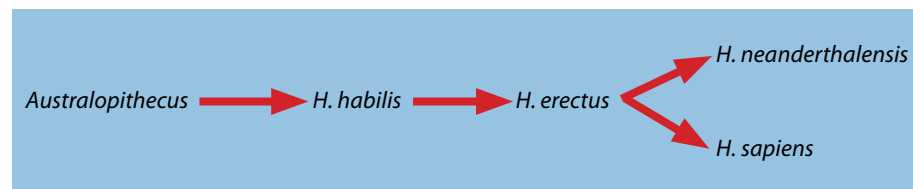


Fig. 9.20 Comparación entre los cráneos: *Australopithecus*, *H. habilis*, *H. erectus*, *H. neanderthalensis* y *H. sapiens*.

C1 *Homo habilis*

Los restos fósiles de *Homo habilis*, con una edad de unos 2,5 millones de años, fueron hallados junto a toscas herramientas de piedra, por lo que se cree que fueron los primeros homínidos capaces de diseñar sus propios útiles de manera consciente. Aunque *Homo habilis* poseía todavía muchos rasgos primitivos, parecidos a los de *Australopithecus*, tenía un cráneo mayor, que podía alcanzar los 800 cm³ y eran más altos, su talla llegaba a 1,40 m.

C2 *Homo erectus*

Los fósiles de *Homo erectus* tienen una antigüedad entre 1,8 y 0,2 millones de años. La estructura de su esqueleto indica que andaban totalmente erguidos, de ahí su nombre. Tenían los brazos más cortos y las piernas más largas que *Australopithecus* y su capacidad craneana, 1 000 cm³, era prácticamente el doble.

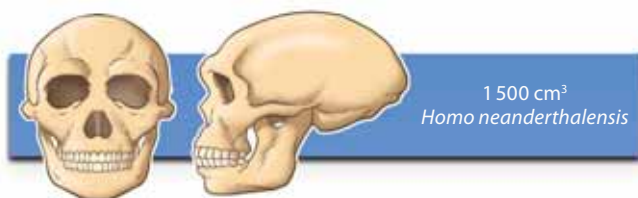
Asociados a los fósiles de *Homo erectus* se han encontrado herramientas fabricadas en piedra más avanzadas que las asociadas a *Homo habilis*. También existen evidencias de que utilizaron el fuego. Se considera que estos homínidos fueron los primeros en abandonar el continente africano, pues sus fósiles han sido hallados también en Asia y en Europa.

C3 *Homo neanderthalensis*

Los *Homo erectus* que llegaron a Europa parece ser que dieron origen a otras especies de homínidos más avanzados como *Homo neanderthalensis*, que vivió en este continente hasta hace aproximadamente 30 000 años.

Homo neanderthalensis, el pariente más cercano a los seres humanos actuales, se caracterizaba por poseer un cuerpo más grande y más pesado que el nuestro, con unas extremidades robustas y una columna vertebral masiva. Tenían un cráneo muy grande y un rostro con pómulos prominentes, un orificio nasal grande y destacados arcos supraorbitarios semicirculares y separados.

Durante mucho tiempo se les consideró mucho menos evolucionados que *H. sapiens*, pero, los hombres de Neanderthal enterraban a sus muertos, y los útiles y herramientas que producían eran mucho más avanzados que los de *Homo erectus*. Su extinción coincidió con la llegada a Europa de una nueva especie, *Homo sapiens*. Las causas de su desaparición no están claras, pero es probable que fueran desplazados por la nueva especie en expansión. Algunos autores consideran la posibilidad de que *H. neanderthalensis* se cruzara con *H. sapiens*.



HOMO SAPIENS

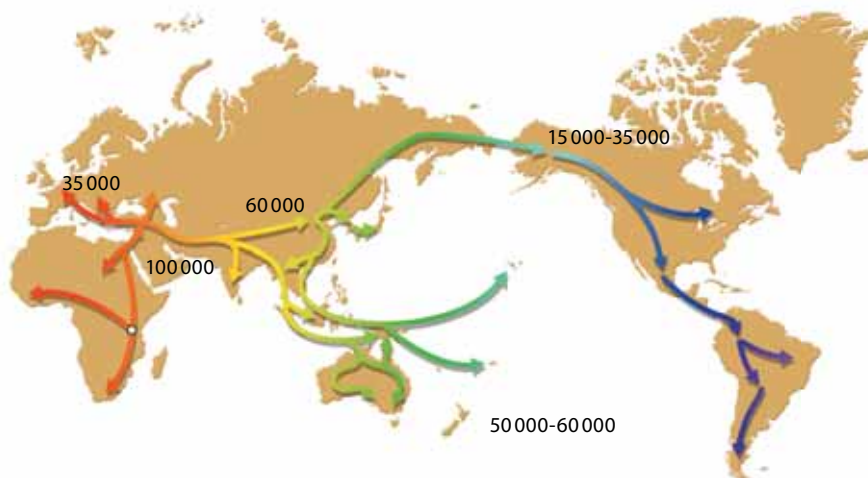
Aunque no existe un acuerdo total entre los científicos sobre el lugar en que surgió nuestra especie, una de las hipótesis con mayor aceptación es la de que *Homo sapiens* se originó en África, hace entre 200 000 y 150 000 años, a partir de las poblaciones de *Homo erectus* que permanecieron en aquel continente. Desde allí, los primitivos *Homo sapiens* se dispersaron hacia Europa, Asia, América y Oceanía.

Las poblaciones que se establecieron en Europa, hace unos 35 000 años, estaban formadas por individuos, denominados hombres de Cromañón, prácticamente idénticos a los humanos actuales. Tenían una cultura muy desarrollada, fabricaban armas y herramientas complejas y desarrollaron el arte: tallado, escultura y pintura en las paredes de las cuevas, como las de Chauvet en Francia, con una antigüedad de 30 000 años.

Los rasgos anatómicos que distinguen a *Homo sapiens* son, sin lugar a dudas, su postura erecta bípeda y el gran tamaño de su cerebro. Somos los únicos mamíferos que andamos en posición erguida y nuestro cerebro, con sus 1 350 cm³ de media es proporcionalmente mucho mayor que el de cualquier otro mamífero, incluidos todos los primates. Pero el cerebro humano no destaca solamente por su tamaño, sino también por su complejidad y por la gran extensión de la corteza cerebral que han propiciado el desarrollo de la inteligencia.

La inteligencia ha permitido a los seres humanos una nueva forma de adaptación por medio de la cultura, que es mucho más rápida que la adaptación biológica. Esta forma de adaptación nos ha permitido colonizar prácticamente todo el planeta, pero también ha sido la causa de la superpoblación, de la degradación del ambiente y, consecuentemente, de la extinción de muchas especies vegetales y animales.

Esperemos que nuestra inteligencia nos permita también rectificar nuestro comportamiento para evitar que la evolución cultural sea la causa de nuestra propia destrucción.



Pinturas rupestres en la cueva de Chauvet (Francia). **Fig. 9.21**

Historia y rutas de dispersión de los humanos modernos a partir de su origen en África. **Fig. 9.22**

Actividades

16 Cita algunas de las características que compartimos con los primates.

17 ¿Es erróneo afirmar que el ser humano procede del mono? ¿Por qué?

18 ¿Por qué se piensa que la especie humana se originó en África?

19 Indica las principales diferencias entre:

- Australopithecus* y *Homo habilis*.
- Homo habilis* y *Homo erectus*.
- Homo neanderthalensis* y *Homo sapiens*.

20 ¿Crees que fue posible que *H. neanderthalensis* se cruzara con *H. sapiens*?

9

ACTIVIDADES FINALES

Para repasar



- 1** ¿Qué es la evolución? ¿Por qué crees que se necesitan pruebas de su existencia?
- 2** ¿Cuántos millones de años tendríamos que remontarnos en la historia de la vida para hallar un antepasado común a todos los seres vivos?
- 3** ¿Cómo se han obtenido las principales pruebas a favor de la evolución?
- 4** ¿Qué son los órganos vestigiales? ¿Por qué son importantes como prueba de la evolución?
- 5** ¿Cuál fue la principal aportación de Lamarck a la ciencia?
- 6** ¿Qué entendemos por selección natural?
- 7** ¿En qué se parecen y en qué se diferencian la selección natural y la selección artificial?
- 8** ¿Cuál es la diferencia fundamental entre el darwinismo y el neodarwinismo?
- 9** Cita las tres fases que se dan en la formación de una nueva especie.
- 10** Explica mediante un esquema la teoría endosimbiótica sobre el origen de las células eucariotas.

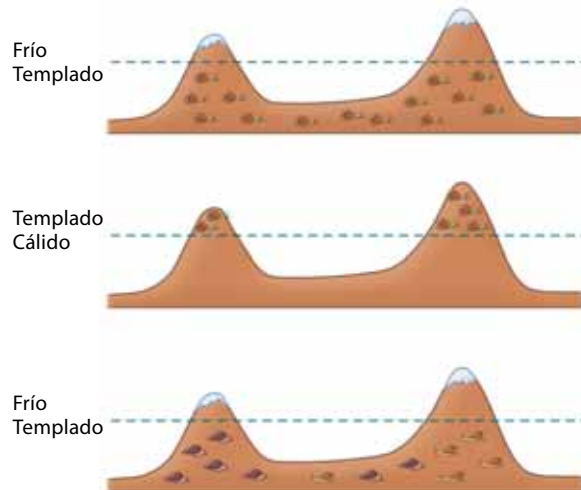
Para aplicar



- 11** ¿Qué indica el hecho de que el ADN de dos especies sea prácticamente idéntico?
- 12** En los laboratorios de genética se obtienen con frecuencia formas mutantes de la mosca del vinagre (*Drosophila melanogaster*), algunas con las alas atrofiadas, otras con las quetas rotas o incluso algunas formas sin ojos. Estos mutantes, sin embargo, apenas se presentan en la naturaleza. ¿Sabrías explicar por qué?
- 13** Responde razonadamente las siguientes preguntas:
 - a. ¿Puede haber evolución si no hay variabilidad genética?
 - b. ¿Puede haber evolución si las condiciones ambientales no cambian?
- 14** ¿Cómo explicarías el ejemplo de las jirafas de Lamarck desde el punto de vista neodarwinista?
- 15** ¿Por qué la ausencia de oxígeno fue tan importante en las primeras fases de la evolución química?

16 ¿Por qué crees que ningún científico ha sido capaz, todavía, de crear células en un laboratorio?

17 Pon texto a las siguientes imágenes:



18 Completa el siguiente párrafo sobre el origen de la vida:

La vida surgió hace unos _____ millones de años a partir de materia _____. Los primeros seres vivos eran células _____, semejantes a las _____ actuales. Hace unos _____ millones de años aparecieron las células _____. A partir de ellas se originaron todos los seres vivos _____ que han existido sobre la Tierra.

19 ¿Qué homínidos fueron los primeros en...?

- a. Abandonar el continente africano.
- b. Enterrar a los muertos.
- c. Adoptar la marcha bípeda.
- d. Decorar con pinturas las paredes de las cavernas.
- e. Fabricar herramientas.

20 Las diferencias entre el esqueleto de un ser humano y el de un gorila responden sobre todo a la adquisición de una postura erguida y marcha bípeda por parte de los humanos. ¿Puedes señalar algunas de estas diferencias?



Esqueleto humano

Esqueleto de gorila

21 ¿Quién es quién?

Une el nombre de cada científico con la afirmación que le corresponda.

- a. Lamarck.
- b. Darwin.
- c. Huxley, Dobzansky y Mayr.
- d. Eldredge y Gould.
- e. Miller.
- f. Oparin.
- g. Margulis.

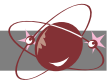
- 1. Trató de explicar cómo se produjo la evolución química.
- 2. Son los padres de la teoría sintética de la evolución.
- 3. Sintetizó aminoácidos a partir de moléculas simples.
- 4. Propuso la teoría endosimbiótica.
- 5. Acuñó el término selección natural.
- 6. Se le atribuye la frase: «la función hace al órgano».
- 7. Son los defensores del equilibrio puntuado.

22 Indica si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones:

- a. La evolución es un proceso que depende del azar.
- b. En la naturaleza la distribución de las especies es muy uniforme.
- c. Para los creacionistas los fósiles son piedras con formas peculiares, caprichos de la naturaleza.
- d. Darwin publicó *El origen de las especies* en 1659.
- e. La selección natural favorece la supervivencia de los individuos más aptos.

- f. Las mutaciones siempre son perjudiciales.
- g. La variabilidad de las poblaciones depende, en parte, de las mutaciones.
- h. Todos los seres vivos procedemos de un antepasado común que se originó hace unos 3 800 millones de años.
- i. Los primeros seres vivos fueron pequeños artrópodos acuáticos.
- j. *Homo neanderthalensis* tenía una capacidad craneana superior a *Homo sapiens*.

Para investigar



23 El apéndice vermiforme es una porción del intestino grueso humano que carece de función como demuestra el hecho de que su extirpación no tenga consecuencia alguna. ¿Cómo podría explicarse su presencia en el tubo digestivo?

24 *Orrorin tugenensis* es uno de los pocos fósiles de homínidos hallados con una edad superior a los 4 millones de años. Consulta en Internet y haz un pequeño informe sobre sus características.

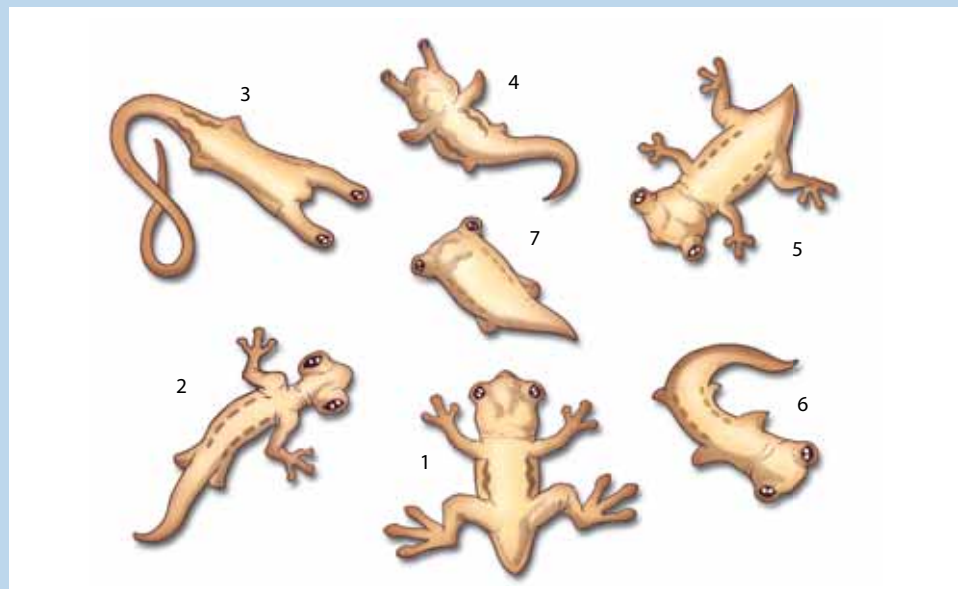
25 En la isla de Mauricio, en el océano Índico, vivió un ave muy extraña llamada dodo. Era muy grande, se movía muy despacio y no podía volar. Cuando los seres humanos llegaron a la isla, acompañados de animales procedentes del continente, el dodo rápidamente se extinguió. ¿Podrías explicar como evolucionó el dodo y por qué se extinguió?

Pon en práctica

¿CÓMO EVOLUCIONARON?

Observa los seres imaginarios que aparecen en la figura. Cada uno representa una especie distinta.

- Intenta elaborar una serie evolutiva que los relacione.
- Intenta explicar también por qué la selección natural ha favorecido, en cada caso, el desarrollo o la atrofia de los distintos órganos: patas, cola, ojos, etcétera.



TIKTAALIK: UN ANIMAL EXCEPCIONAL

En abril de 2006 la revista científica *Nature* publicó un artículo sobre el hallazgo, en Canadá, de los restos fósiles de una nueva especie de pez denominada *Tiktaalik roseae*, que vivió hace 375 millones de años. Se trataba de un descubrimiento de gran importancia, que mereció ocupar la portada de la prestigiosa publicación, porque los fósiles hallados mostraban que *Tiktaalik* fue un animal excepcional, una forma de transición a mitad de camino entre los primitivos peces y los primeros tetrápodos.

El descubrimiento de *Tiktaalik* no fue casual sino el fruto de una intensa búsqueda que duró cinco años. El objetivo de la expedición que llevó a cabo el hallazgo, integrada por científicos norteamericanos, no era otro que la búsqueda de fósiles de vertebrados con una antigüedad entre los 360 los 380 millones de años, periodo en que se produjo el paso de los vertebrados del medio acuático al medio terrestre.

Los fósiles se hallaron en la isla Ellesmere (Canadá), al norte del Círculo Polar Ártico, un lugar frío e inhóspito que había sido elegido para realizar las excavaciones porque las rocas sedimentarias correspondientes a la época geológica que los científicos buscaban se hallan prácticamente en la superficie y son, por tanto, de fácil acceso.

Características de *Tiktaalik*

Tiktaalik era un pez de gran tamaño, entre 1,5 y 2 m, con aspecto de cocodrilo, que debió vivir en la orilla de ríos o lagos de escasa profundidad. El ambiente en el que vivió *Tiktaalik*

era muy distinto del que actualmente se da en Ellesmere porque hace 375 millones de años los materiales que hoy conforman la isla estaban situados en las proximidades del Ecuador. El clima era, por lo tanto, tropical, semejante al que actualmente se da en la cuenca del Amazonas.

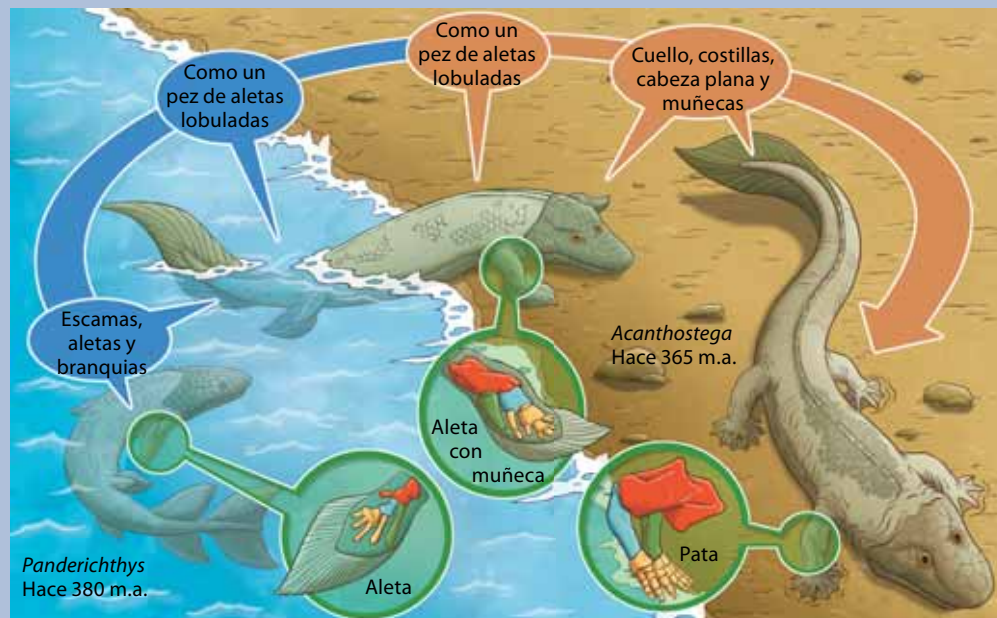
Las características anatómicas de *Tiktaalik*, algunas propias de los peces y otras propias de los tetrápodos, hacen pensar que estos animales se desenvolvían con facilidad tanto en el agua como en tierra.

¿En qué se parecían a los peces?

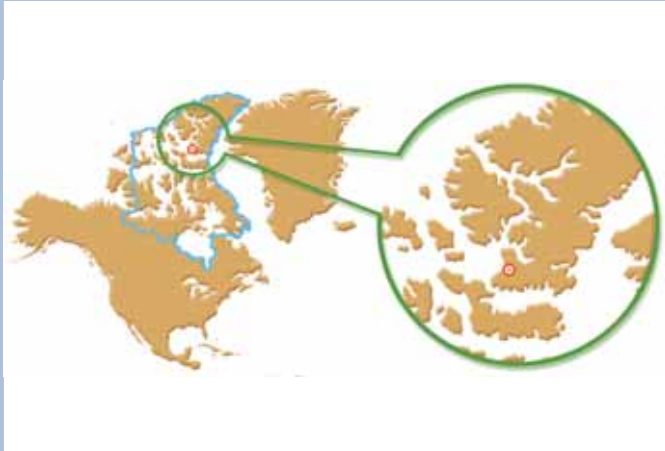
Tenían el cuerpo cubierto de **escamas**, sus extremidades tenían forma de **aleta** y poseían **branquias** que les permitían respirar bajo el agua. Además de branquias se cree que estos animales tenían pulmones, como la mayoría de los peces primitivos, de modo que dichos órganos hacían posible la respiración en la superficie.

¿En qué se parecían a los tetrápodos?

Podían mover la cabeza en torno al cuello puesto que los huesos del cráneo y los hombros no estaban soldados. Tenían **costillas** que habrían facilitado los movimientos respiratorios de la caja torácica. Su **cabeza** era **plana**, parecida a la de un cocodrilo, con los ojos situados en la parte superior. La **estructura interna** de las **aletas** muestra una disposición de los huesos semejante a las de cualquier cuadrúpedo.



Semejanzas de *Tiktaalik* con los peces y los tetrápodos.



Localización de la isla Ellesmere.



Fósil de *Tiktaalik roseae*.

Una pieza clave en la evolución de los vertebrados

Los tetrápodos son animales vertebrados adaptados a la vida en el medio terrestre que evolucionaron a partir de los peces de aletas lobuladas. Para poder realizar el paso del agua a la tierra, los primitivos peces tuvieron que desarrollar unas extremidades distintas a las aletas que les permitieran sostener su cuerpo y desplazarse en un medio mucho menos denso que el agua.

Tiktaalik representa una forma de transición entre *Acanthostega*, con una antigüedad de 365 millones de años, que se pensaba que era el tetrápodo más antiguo, y *Panderichthys*, un pez que vivió hace 385 millones de años que ya presentaba algunos signos de adaptación al medio terrestre.

Aparecen nuevos interrogantes

El hallazgo de *Tiktaalik* permitirá conocer mejor ciertos aspectos sobre la evolución de los vertebrados en el crucial momento de su paso del medio acuático al medio terrestre.

El estudio del esqueleto de las aletas de *Tiktaalik* ha servido, de momento, para plantear algunos interrogantes sobre el proceso evolutivo. Por ejemplo, ¿por qué un animal que todavía no estaba plenamente adaptado a la vida en la tierra tenía

unas extremidades con una estructura ósea semejante a la de los tetrápodos? Si los cambios evolutivos que permitieron el paso del medio acuático al terrestre ocurrieron de forma gradual, por acumulación de mutaciones adaptativas ¿por qué *Tiktaalik* tenía muñecas antes de necesitarlas realmente?

Para tratar de responder a estas preguntas, científicos de la universidad de Chicago estudiaron el desarrollo del pez *Polyodon spathula*, un verdadero fósil viviente, y llegaron a la conclusión de que el potencial para desarrollar patas semejantes a las de los tetrápodos existía en el ADN de los peces mucho antes de que abandonasen la vida acuática, sin embargo, no se desarrollaron hasta que el cambio en las condiciones medioambientales las hizo necesarias.

De ser así, la explicación neodarwinista de que los grandes acontecimientos evolutivos tuvieron lugar por la lenta y gradual acumulación de sucesivas mutaciones habrá de ser revisada ya que parece ser que, al menos en algunos casos, las circunstancias ambientales son capaces de desencadenar importantes transiciones evolutivas. Quizá, al final, Lamarck no estuviera tan equivocado.

Para saber más:

<http://tiktaalik.uchicago.edu> (es una página en inglés elaborada por los propios descubridores).

Cuestiones

1 ¿Cuáles fueron los motivos para la elección de la isla de Ellesmere?

2 Hace 375 millones de años el clima de la isla Ellesmere era distinto al actual, ¿por qué?

3 Haz una breve descripción de *Tiktaalik roseae*.

4 ¿Por qué crees que algunos científicos han comparado el hallazgo de *Tiktaalik* con el de *Archaeopteryx*?