

# 14 EL AMBIENTE EN EL TIEMPO

## El comienzo de los comienzos

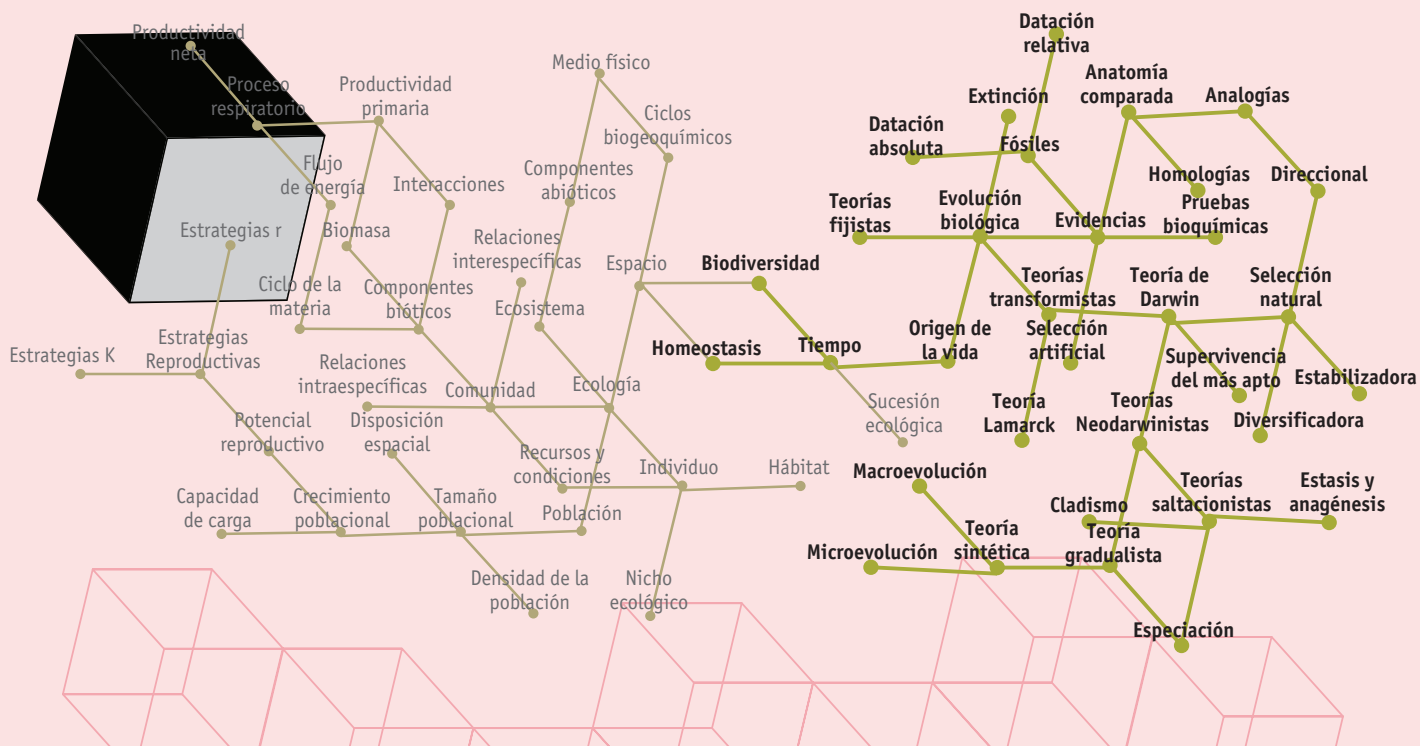
*En las orillas de los grandes ríos, que han desgastado gruesas formaciones sedimentarias, uno puede encontrar piedras de calcita llamadas comúnmente “dedos del diablo”, que por su extraña forma nos recuerdan un dedo, excepto porque están afiladas en uno de sus extremos. Se ha demostrado que esas “piedras”, llamadas belemnitas, son restos fosilizados de estructuras internas de moluscos cefalópodos que se extinguieron en el terciario. Así, las belemnitas, tomadas por sí solas, sin referirse a su origen, carecen completamente de vida. Desde el punto de vista de su composición química, y también desde el de sus propiedades físicas, parecen ser objetos del mundo inorgánico. Por esta razón, no podemos entender la naturaleza esencial de estos objetos si no sabemos nada acerca de su origen biológico, o sobre la historia del desarrollo de la vida en la Tierra. En ese caso, seguramente nos parecerían unos milagrosos “dedos del diablo”.*

*Imaginemos ahora que el hombre logra construir máquinas automáticas o robots que no solo pudieran trabajar para la humanidad, sino que también crearan de manera independiente las condiciones energéticas para su labor, obtener metales y utilizarlos para elaborar componentes para construir nuevos robots iguales a ellos.*

*De repente, ocurre un terrible desastre en la Tierra que no solo destruye a todos los humanos sino a todos los seres vivos de nuestro planeta. Sin embargo, sobreviven los robots metálicos, que continúan construyendo otros iguales a sí mismos. Y así, surgen nuevos robots y la "raza" continúa e, incluso, dentro de ciertos límites, quizá se incrementa.*



Las belemnitas pertenecieron a un grupo de los cefalópodos, hoy totalmente extinguido.



Vayamos más lejos aún e imaginemos que todo esto ya sucedió en algún planeta de nuestro Sistema Solar, Marte por ejemplo, y que hemos aterrizado en él. En sus planicies secas e inanimadas súbitamente nos encontramos a los robots. ¿Tenemos que considerarlos como los habitantes vivos de este planeta? Por supuesto que no. Los robots no representarían la vida sino otra cosa. Tal vez una forma muy complicada y eficiente de organización y movimiento de la materia, pero aun así diferente de la vida. Son análogos a las belemnitas, la única diferencia es que éstas surgieron de un proceso de desarrollo biológico y los robots de una forma más elevada de movimiento de la materia: la social.

La vida existió en los mares del jurásico y los moluscos cefalópodos desempeñaron un papel particular en él. La vida se esfumó y quedaron las belemnitas, aunque ahora parecen ser objetos inanimados. De la misma manera, nuestros robots imaginarios solo pudieron desarrollarse como retoños de la sociedad humana, como fruto de la forma social de organización y movimiento de la materia. A su vez, estas máquinas desempeñaron un papel importante en el desarrollo de esta forma de organización.

No obstante, así como no se puede entender qué es una belemnita si no se tiene conocimiento de la vida, resulta imposible comprender la naturaleza del "robot marciano" sin estar suficientemente familiarizado con la forma social que le dio origen.

Llegamos así a una idea fundamental, que ya ha sido formulada por Heráclito de Éfeso e incluida en los trabajos de Aristóteles: Solo podemos entender la esencia de las cosas cuando conocemos su origen y desarrollo.

Traducido y adaptado de Alexander I. Oparin, *Life: Its nature, origin and evolution*, Edimburgo, Oliver and Boyd, 1961.

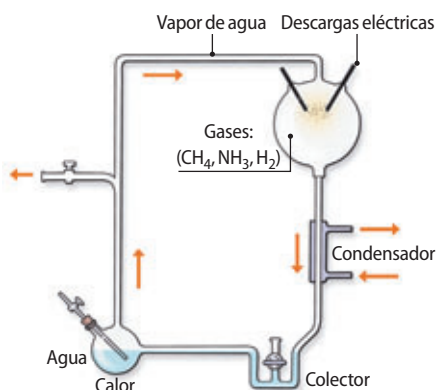


1. ¿Qué explicaciones darían ustedes si, como en la situación descrita en el texto, visitan un planeta donde los únicos "individuos" son robots?
2. Comenten en grupo películas en las se haya representado una situación similar a la que describe el texto.
3. ¿Qué relación pueden establecer entre el texto de Oparin y los contenidos señalados en el esquema conceptual de esta página?





Imaginar los posibles paisajes de la Tierra en formación permitió a Oparin y Haldane formular su teoría.



La imposibilidad de haber "observado" en vivo el origen de estas moléculas orgánicas agudizó el ingenio de los científicos para crear un modelo de atmósfera primitiva.

## El origen de la vida sobre la Tierra

En la formulación de teorías, la ciencia se vale de evidencias y de las inferencias que puedan efectuarse a partir de ellas. Sin embargo, encontrar pruebas sobre cómo se originó la vida parece una misión imposible... ¿quién estuvo allí para registrar los hechos?

Los indicios de vida más antiguos que se conocen datan de 3600 millones de años y corresponden a organismos unicelulares de estructura muy sencilla. Desde aquellos primitivos seres vivos a la actual diversidad de organismos complejos, transcurrió mucho tiempo y muchos cambios se produjeron en ellos y en su entorno.

En la década del 30, el bioquímico ruso Alexander Oparin (1894-1980) y el genetista inglés John Haldane (1892-1964) elaboraron, cada uno por su cuenta, una explicación sobre el **origen de la vida** a partir de la materia inorgánica. Ellos supusieron que la atmósfera primitiva debió ser reductora: pobre en oxígeno y rica en hidrógeno. En una atmósfera con mucho oxígeno como la actual hubiera sido bastante difícil la formación de moléculas complejas. Por el contrario, una atmósfera rica en hidrógeno pudo haber favorecido no solo su origen, sino también su complejización.

Las ideas de Oparin y Haldane fueron retomadas por los científicos Harold Urey y Stanley Miller que, en la década del 50, llevaron a cabo una investigación que inauguró la "era experimental de los compuestos prebióticos". Estos científicos construyeron un aparato de vidrio donde representaron las condiciones del ambiente primitivo que supusieron Oparin y Haldane: un ambiente reductor y rico en metano ( $\text{CH}_4$ ), amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) e hidrógeno ( $\text{H}_2$ ).

Debido a la ausencia de gases como el oxígeno y el ozono, Urey y Miller supusieron que la radiación ultravioleta llegaba a la Tierra sin atravesar el filtro que hoy disminuye su intensidad. Además, pensaron que las permanentes descargas eléctricas aportaron la energía necesaria para la formación de las primeras moléculas orgánicas.

Entonces, colocaron en el aparato las sustancias que supuestamente compusieron la primitiva atmósfera terrestre y reprodujeron las condiciones ambientales. Al cabo de unos días, analizando el contenido de uno del colector, observaron la presencia de gran cantidad de moléculas de composición mucho más compleja que las originales: los aminoácidos.

Algunos años después de este experimento, en Australia cayó un meteorito cuyos componentes coincidían con el tipo de aminoácidos encontrados por estos científicos.

Este pudo ser el comienzo de la diversidad y la complejización: los aminoácidos se agruparon formando las primeras proteínas y luego aparecieron los primeros lípidos y carbohidratos. Quizá también se formaron así los primeros ácidos nucleicos: el primero en surgir fue el ARN, y más tarde el ADN.

Algunos grupos de moléculas complejas pudieron quedar encerrados por una membrana y formaron así nuevas estructuras más resistentes a los cambios del ambiente. Luego proliferaron y prevalecieron en número sobre las moléculas desprotegidas. Estos grupos moleculares "envueltos" se denominan **coacervados** y son considerados los precursores de las células.

Hoy la interacción entre un organismo y su ambiente produce cambios en ambos. Las interacciones entre los coacervados y aquel ambiente primitivo también pudo tener los mismos efectos.

La transformación de una atmósfera reductora a una oxidante pudo originarse por estas interacciones. Probablemente algunos coacervados mutaron y usaron energía solar en la síntesis de materiales complejos a partir de otros de composición más sencilla, liberando oxígeno como desecho de la reacción. Este gas pudo transformarse en oxidante aquella atmósfera reductora, lo cual permitió el desarrollo de las primeras formas de vida con respiración aeróbica.

INVESTIGACIONES EN LA UNIVERSIDAD DE CALIFORNIA, EN LOS ÁNGELES

# Un equipo de científicos confía en poder recrear el origen de la vida

Nicholas Wade  
THE NEW YORK TIMES. ESPECIAL

Un grupo de científicos que analiza los genomas de los microbios cree haber reconstruido el acontecimiento central que creó el organismo unicelular del cual descienden todos los animales y las plantas, e incluso la gente.

El episodio fue la fusión de dos células primitivas de tipo bacteriana en una *eucariota*, el tipo de célula presente en todos los organismos multicelulares.

El doctor James A. Lake, biólogo de la Universidad de California, en Los Ángeles, pasó cuatro años construyendo el programa informático que permitió realizar el análisis, que se publicó en la revista Nature.

William Martin, un experto en los orígenes de la vida de la Universidad de Düsseldorf, en Alemania, describe el trabajo del equipo del doctor Lake como un aporte importantísimo para el estudio de las primeras etapas de la evolución. "Abrieron la puerta de todo un nuevo campo de estudio para que matemáticos y biólogos hagan gráficos más realistas de la historia de la vida", dijo Martin.

Como todas las criaturas vivas forman parte del mismo árbol de la vida, en principio debería ser posible rastrear su linaje a partir de la misma raíz del árbol, la primera célula de la cual, supuestamente, derivó toda la vida.

En 1977, poco después de que se conocieron públicamente las primeras secuencias de ADN de los genes, el doctor Carl R. Woese, de la Universidad de Illinois, demostró que toda la vida se

había originado a partir de tres tipos básicos de células, *eucariota*, *bacteria* y *archae*, la última de una especie de bacterias que se encuentra en los géiseres hirvientes y alrededor de las fisuras volcánicas en el lecho de los océanos.

Los tres reinos celulares del doctor Woese se convirtieron en norma aceptada, aunque no estaba del todo claro de qué manera los tres podrían haber evolucionado a partir de la primera célula.

"Todavía hay una nebulosa en lo que concierne a la raíz", dijo el doctor Woese. Desde su trabajo, se conocieron muchas más secuencias de ADN, incluso genomas enteros. Los genomas deberían permitir a los biólogos trazar árboles mucho más precisos que los basados en un solo gen, como el del doctor Woese.

Pero los programas informáticos que construyen los árboles tuvieron problemas para avanzar debido a un hecho extraño. A comienzos de la historia de la vida, los genomas parecen haberse fusionado entre sí. Por ejemplo, la *mitocondria*, los pequeños órganos de células que producen energía, alguna vez fueron bacterias libres que fueron absorbidas por la primera célula eucariota.

Los programas son buenos a la hora de reconstruir los árboles evolutivos estándar con un tronco y ramas, pero no pueden manejar episodios inusuales como la fusión de dos ramas del árbol.

El nuevo programa del doctor Lake aparentemente puede deconstruir la fusión de dos genomas.

Al aplicarlo a los genomas de microbios de los tres reinos de Woese, el doctor Lake y la doctora María Rivera descu-

brieron que el origen del eucariota había sido la fusión de una bacteria fotosintética antigua con una célula *archaea*.

Esto, supuestamente, es lo mismo que sucedió cuando fue capturada la *mitocondria*, de modo que la conclusión del doctor Lake no sorprende. Pero ésta es aparentemente la primera vez que se reconstruyó la fusión mediante un programa informático de los genomas, un resultado que debería facilitar futuros análisis.

El hallazgo del doctor Lake también demuestra que los tres reinos de Woese no tienen la misma importancia, como se solía pensar. Según el análisis del doctor Lake, las bacterias y las *archae* debieron de haber existido antes y, supuestamente, descienden de la primera célula, mientras que los *eucariotas* evolucionaron más tarde.

Los hallazgos concuerdan con la evidencia fósil, porque las primeras células de tipo bacteriana tiene 3800 millones de años y los *eucariotas* más antiguos que se conocen ocurren mucho más tarde, en rocas que apenas tienen 1400 millones de años.

De la misma manera que la vida parece haber evolucionado en la Tierra de una sola vez, la creación de la célula *eucariota* con su *mitocondria* también parece haber sido un episodio único. Muchos expertos creen que todas las *mitocondrias* en el reino de las criaturas *eucariotas* tienen un único ancestro.

El doctor Lake dijo que su análisis hasta ahora señaló una fusión, pero no excluía la posibilidad de que hubiera otras. Como identificó algunos de los genes en la fusión, espera calcular la fecha en que se produjo.

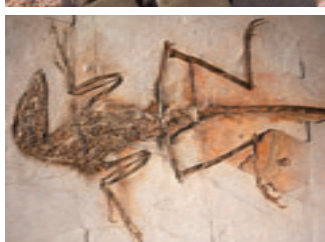
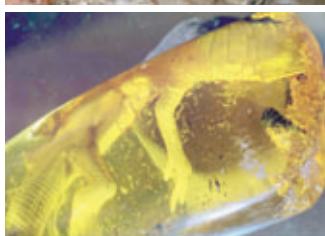
1. Comparen la metodología de investigación entre los trabajos de Oparin y Haldane, Miller y Urey, y Lake y Rivera.

2. Establezcan relaciones entre la clasificación en reinos de Woese y la propuesta por Whittaker (que encontrarán en el Capítulo 10).

3. ¿Cómo explican Lake y Rivera la aparición de las primeras células eucariotas?







## La evolución de las especies

Para la ciencia es un hecho que la biodiversidad actual es producto de las transformaciones que con el tiempo ocurrieron en formas de vida más primitivas, es decir, de la **evolución biológica**. Pero, para que la comunidad científica considerara la evolución como un hecho, fueron necesarias variadas pruebas o evidencias.

### Pruebas o evidencias de la evolución biológica

**EL REGISTRO FÓSIL** Los **fósiles** constituyen una "ventana" a través de la cual se pueden "observar" organismos, comportamientos, ambientes y relaciones de un pasado muy lejano. La **paleontología** es la disciplina científica que se ocupa del estudio de la vida pasada, y tiene en los fósiles su principal objeto de análisis.

Los fósiles tienen un importante valor desde el punto de vista visual: no dejan de sorprender a quienes los observan en un museo. Mas allá de eso, son una de las más fuertes evidencias de la evolución biológica y geológica. Permiten estudiar formas de vida del pasado, las características del medio donde habitaban y determinar condiciones y cambios ambientales pretéritos.

Hace ya mucho tiempo que el hallazgo de fósiles o evidencias de formas de vida que existieron en épocas pasadas ha despertado el interés de la humanidad y puesto en discusión el origen de la diversidad biológica. Sin embargo, los fósiles no siempre fueron considerados pruebas de la evolución. Para los antiguos griegos eran piedras con formas animales o vegetales "impresas". Simplemente eran producto de caprichos o juegos de la naturaleza (*ludus naturae*).

Durante el siglo XVIII, los científicos comenzaron a comprender que los fósiles pertenecieron a formas de vida pasadas, pero creyeron que éstas pertenecían a gigantes, unicornios, cíclopes y dragones.

El gran salto conceptual sobre la procedencia de los fósiles lo dio George Cuvier (1769-1832), conocido como el "padre de la paleontología". Entre sus estudios, analizó restos de un organismo encontrado en el actual territorio de la Argentina, específicamente en el río Arrecifes, en Buenos Aires, al que denominó *Megatherium* y relacionó con los actuales perezosos.

Los fósiles son muy diferentes y variados. Generalmente, lo único que se conserva de los organismos son sus partes duras. Sin embargo, las partes blandas también pueden quedar "registradas" y constituir fósiles.

Los procesos que llevan a los organismos a su fosilización pueden ser de diferentes tipos:

■ **conservación de la materia original:** las partes blandas se descompusieron y quedaron solo las duras o calcáreas, como los huesos, las valvas, el caparazón y los dientes;

■ **sustitución del material original:** se descompusieron las partes blandas y las moléculas constituyentes de las partes duras fueron reemplazadas por moléculas de minerales del sedimento que cubre al organismo, como el sílice. Por ejemplo, los troncos "petrificados";

■ **reemplazo de las moléculas de hidrógeno y de oxígeno por carbono:** es común en fósiles de vegetales y artrópodos;

■ **relleno de las partes porosas por un mineral:** es la más común en los dinosaurios por la porosidad de sus huesos. En este caso, después de la descomposición de las partes blandas, los huesos fueron cubiertos por sedimentos y los poros se rellenaron con sus minerales;

■ **fósiles incluidos en ámbar:** en algunas ocasiones, la resina de las coníferas cayó sobre insectos, arañas o pequeños anfibios y reptiles, que quedaron atrapados y preservados con sus partes blandas.



1. Lean el texto de esta página, observen las imágenes superiores y determinen el tipo de fosilización.
2. Observen la infografía de la página siguiente y escriban una breve explicación sobre el tipo de fosilización representado.

■ **disolución de restos orgánicos en un sedimento consolidado:** por ejemplo, se descompusieron las partes blandas de un mejillón y sus valvas, que caen en el fondo de un cuerpo de agua, se degradan y dejan una marca en el sedimento. También puede ocurrir que el lado interno de la valva se rellene de sedimentos y quede como molde.

■ **icnitas:** son los rastros de la actividad de algún organismo, por ejemplo, las huellas de dinosaurios, anidaciones, túneles dejados por gusanos, **coprolitos** o materia fecal fosilizada, y los **gastrolitos** o piedras del estómago de algún animal, pulidas por los jugos gástricos.

Para reconstruir la historia de un ambiente a partir de los fósiles, es fundamental conocer la antigüedad del mismo. La **datación**, nombre que recibe la técnica, puede ser **relativa** o absoluta.

La **datación relativa** se calcula por la profundidad en que se encuentran los restos. Los fósiles de formas más antiguas se encuentran a mayor profundidad que los restos de las más recientes. A pesar de no ser muy rigurosa, los paleontólogos, usan frecuentemente esta técnica de datación.

La **datación absoluta** es un procedimiento más complejo que brinda una información bastante precisa de la antigüedad del fósil. El más conocido y usado es el del **carbono-14 ( $^{14}\text{C}$ )**, que sirve para estimar la antigüedad de restos orgánicos de hasta 50 000 años.

1. Busquen información sobre los estudios que se realizan en las disciplinas científicas denominadas paleoecología y paleoclimatología.
2. Busquen información sobre lugares de la Argentina donde se han encontrado restos fósiles y sobre la importancia del hallazgo.



Prácticamente no hay regiones en nuestro país en la que no se hayan encontrado fósiles de gran interés científico. Algunos de estos lugares son:

- Valle de los dinosaurios, Neuquén: se hallaron grandes dinosaurios del período Cretácico.
- Villa El Chocón, Neuquén: se encontraron restos del dinosaurio carnívoro más grande conocido hasta el momento, el *Gigantosaurus carolinii*, y huellas de otros representantes de este grupo de reptiles.
- Ischigualasto o Valle de la Luna, San Juan: se descubrieron fósiles de plantas y animales que vivieron antes de la aparición de los dinosaurios.
- Talampaya, La Rioja: se hallaron dinosaurios que datan de más de 250 millones de años.
- Sierra de las Quijadas, San Luis: se encontraron fósiles de plantas de más de 280 millones de años y uno muy particular de una araña gigante.



En 1947, el químico estadounidense Willard Frank Libby descubrió que una pequeña proporción del carbono de la atmósfera, contenido en las moléculas del gas dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), es un isótopo radiactivo, el carbono-14 ( $^{14}\text{C}$ ). Con el tiempo, estos átomos se desintegran y se vuelven no radiactivos.

El  $\text{CO}_2$  que las plantas utilizan para la síntesis de glucosa, también es incorporado por los organismos heterótrofos cuando se alimentan de ellas. Por lo tanto, todos los organismos contienen una proporción de carbono radiactivo en su cuerpo.

Cuando un organismo muere, ya no hay incorporación de estos átomos y aquellos que constituyen su cuerpo, comienzan a desintegrarse.

En cualquier organismo, se estima que por cada  $10^{15}$  átomos de carbono no radiactivos hay 1000 radiactivos. Entonces, si mediante técnicas específicas se establece que cierto fósil contiene 500 átomos radiactivos por cada  $10^{15}$  no radiactivos, se calcula que su antigüedad es de 5700 años. Si, en cambio, la cantidad de átomos radiactivos es de 60 por cada  $10^{15}$  entonces la edad del fósil es de 22 800 años.

Cuando la cantidad de átomos de carbono-14 en un fósil es inferior al 1%, el margen de error aumenta y ya no se considera fiable la técnica. Por esto la datación con  $^{14}\text{C}$  sirve para medir solo hasta 50 000 años de antigüedad.

Para edades superiores se usan técnicas de datación absoluta que también se basan en la desintegración de materiales radiactivos. Ciertos materiales radiactivos se transforman en otros en un período conocido, al que se denomina **vida media**. Por ejemplo, el isótopo uranio-235 ( $^{235}\text{U}$ ) se transforma en plomo-207 ( $^{207}\text{Pb}$ ) en 713 millones de años. El potasio-40 ( $^{40}\text{K}$ ), en cambio, se transforma en argón-40 ( $^{40}\text{Ar}$ ) en 1300 millones de años.

Si se mide la cantidad de  $^{235}\text{U}$  o de  $^{40}\text{K}$  que tiene un fósil o una roca, es posible estimar su antigüedad.

### ANATOMÍA COMPARADA

Pocas personas asegurarían que un delfín y una vaca son parientes cercanos. Sin embargo, al analizar los esqueletos de sus extremidades anteriores, se observa que hay una cantidad de piezas óseas muy similares entre sí. Este dato permitiría inferir orígenes comunes en los seres vivos y determinar lejanías entre ellos.

La correspondencia entre las extremidades delanteras de los vertebrados, como también la de otros órganos, se denomina **homología**. Algunas estructuras pueden ser muy diferentes entre sí, como la pata de una vaca y la aleta de un delfín. Sin embargo, su origen es el mismo. Se denominan **estructuras homólogas** aquellas que, aunque tienen los mismos orígenes, intervienen en actividades diferentes.

El plan estructural de las extremidades de los vertebrados se interpreta como una consecuencia del mismo origen y de un desarrollo común, al menos durante cierto período de tiempo. Desde esta interpretación, las homologías son evidencias importantes a favor de una teoría del parentesco entre especies.

Una golondrina y una mosca tienen alas, pero entre ellas no hay parentesco. Las alas de estos organismos tienen idéntica función, pero su origen y estructura son muy diferentes. Se denominan **estructuras análogas** las que participan en actividades similares, pero tienen orígenes distintos.

En ciertos organismos quedan restos de estructuras que en sus antecesores pudieron haber intervenido en alguna actividad, los **órganos vestigiales**. Por ejemplo, los científicos han encontrado restos de patas en las ballenas. Con este dato pudieron concluir que estos animales derivan de grandes organismos aeroterrestres con patas.



**1.** Entre los organismos ilustrados, determinen qué estructuras de desplazamiento son análogas entre sí y cuáles son homólogas entre sí.



Las patas de los caballos, las paletas de las focas, los brazos de los simios y la alas de los murciélagos son estructuras homólogas porque todas proceden de un plan estructural común.

## EMBRIOLOGÍA COMPARADA

Los resultados de los estudios comparativos entre las distintas formas de desarrollo embrionario de los vertebrados resultó otro aval para la teoría de la evolución.

Estos patrones comunes de desarrollo son prueba del parentesco de las especies. Es decir, la posibilidad de que diferentes especies hayan descendido de un antepasado común.

## PRUEBAS BIOQUÍMICAS

Otra evidencia de las relaciones entre las especies la aporta el análisis de sus constituyentes químicos. Todos los seres vivos están conformados y usan en su metabolismo los mismos tipos de sustancias químicas. Pero

de todas ellas, la principal para determinar líneas de parentesco entre los organismos es el ADN.

El hecho de que todos los organismos posean un ADN constituido por los mismos cuatro tipos de nucleótidos y que el código para su funcionamiento sea único, es un indicio convincente del origen común de la vida.

Los medios tecnológicos desarrollados en el siglo XX permitieron determinar las secuencias de los genomas de muchos seres vivos. La comparación de esos estudios permitió precisar muchísimas relaciones de parentesco entre las especies.

## SELECCIÓN ARTIFICIAL

Si bien desde tiempos muy remotos los pastores, agricultores y ganaderos realizaron cruza intentando mejorar su producción, las técnicas no fueron siempre iguales.

Como los jardineros, en muchas ocasiones los científicos cruzaron plantas de parentesco cercano y obtuvieron híbridos vegetales, es decir, organismos que no pueden dejar descendencia. Lo asombroso es que en algunos de esos trabajos experimentales se usaron sustancias químicas que estimularon la duplicación de los cromosomas, de modo que fuera viable la reproducción de los híbridos. Entonces, los individuos de la segunda generación podían tener descendencia pero, como eran cromosómicamente incompatibles con sus “abuelos”, no podían cruzarse entre sí: se había formado una nueva especie.

Con esta evidencia los científicos interpretaron que puede aparecer una nueva especie a partir de otra preexistente.

## Origen de nuevas especies

Los individuos de las especies *Primula verticillata* y *Primula floribunda* poseen 18 cromosomas en sus células. Los científicos cruzaron individuos de esas dos especies y se obtuvo *Primula kewensis*, un híbrido poliploide de las anteriores (contiene 36 cromosomas en sus células) que puede dejar descendencia: una nueva especie. *Primula kewensis* fue la primera especie híbrida creada en laboratorio.

Esta técnica es muy usada hoy en día en agricultura y floricultura. Se estima que la mayor parte de las plantas con flor se originaron por procesos evolutivos naturales similares a este.





## Teorías de la evolución biológica

### Las teorías antecesoras

En la historia de la humanidad, la pregunta sobre el origen de la biodiversidad ha contado con una gran cantidad y variedad de explicaciones. Una de las primeras fue del filósofo griego Aristóteles quien, hace 24 siglos, creía que la vida en la Tierra tuvo siempre las mismas características. Durante varios siglos las creencias dominantes fueron las llamadas **estáticas o fijistas**, porque conciben que los organismos se originaron con las mismas características que tienen en la actualidad. Las ideas aristotélicas, además de fijistas eran **creacionistas** porque atribuían el origen de la biodiversidad a un Creador.

La idea de que la gran diversidad de seres vivos que hoy habitan la Tierra es producto de un proceso ocurrido a partir de otros seres vivos, es una “novedad” de hace poquísimos siglos.

Uno de los argumentos que fortalecieron la idea fijista sobre la **evolucionista**, fue aceptar que el planeta era muy joven. La edad de la Tierra fue calculada por los teólogos a partir del relato bíblico y se estimó en 6000 años aproximadamente. Pero en el siglo XVIII, el escocés James Hutton (1726-1797), fundador de la geología científica, aseguró que el planeta no se había formado de manera repentina, sino que era producto de sucesivos, continuos y graduales cambios a lo largo de mucho más de 6000 años (**teoría uniformista**).

En ese siglo, fueron pocos los que se animaron a declararse en contra del fijismo y, por lo tanto, a favor del proceso evolutivo de los seres vivos. En 1809 surgió uno de ellos: fue Jean Baptiste Pierre Antoine de Monet (1744-1829), más conocido por su título de nobleza: caballero de Lamarck. Este naturalista francés estableció un hito en la historia de las ciencias cuando en su obra *Filosofía zoológica* explicó el origen de los seres vivos. Por ejemplo, explicó el origen de las patas palmadas de ciertas aves con las siguientes palabras:



*El pájaro al que la necesidad atrae para que encuentre allí la presa, separa los dedos de las patas cuando quiere batir el agua y moverse por su superficie. La piel que une esos dedos por la base, adquiere por ello el hábito de extenderse. Así, con el tiempo, se forman, tal como las vemos, las grandes membranas que unen los dedos de los patos, las ocas, etcétera.*

*Mas, al que la manera de vivir habitúa a posarse en los árboles, tiene que acabar necesariamente con los dedos de las patas extendidos y conformados de un modo diferente. Las uñas se alargan, se aguzan y se curvan como ganchos para asir las ramas sobre las que se posa.*

La teoría elaborada por Lamarck es **transformista** porque considera que los organismos se modifican para poder adaptarse a los cambios del ambiente. También se la considera una teoría **finalista** porque los cambios que Lamarck atribuye a los organismos estarían “orientados” hacia un mismo fin: el progreso.

Para Lamarck, el uso de determinada parte del cuerpo provocaría la aparición de una nueva característica, como las patas palmadas en las aves que pescan en la orilla de una masa de agua. Por el contrario, no usar una parte del cuerpo produciría su desaparición o atrofia. Además, Lamarck consideró que, una vez adquiridas, todas las adaptaciones se transmitían a la descendencia. El naturalista afirmaba que los seres vivos siempre evolucionan hacia formas más complejas y perfectas.

En síntesis, la **teoría de Lamarck** está basada en las siguientes ideas:

- las especies cambian con el tiempo y originan otras nuevas;
- entre los organismos hay una “fuerza vital” o cierto “deseo” que los induce a cambiar para tratar de “mejorar”, dada alguna necesidad planteada por el ambiente; y
- todos los cambios que sufren los padres son transmitidos a sus hijos.

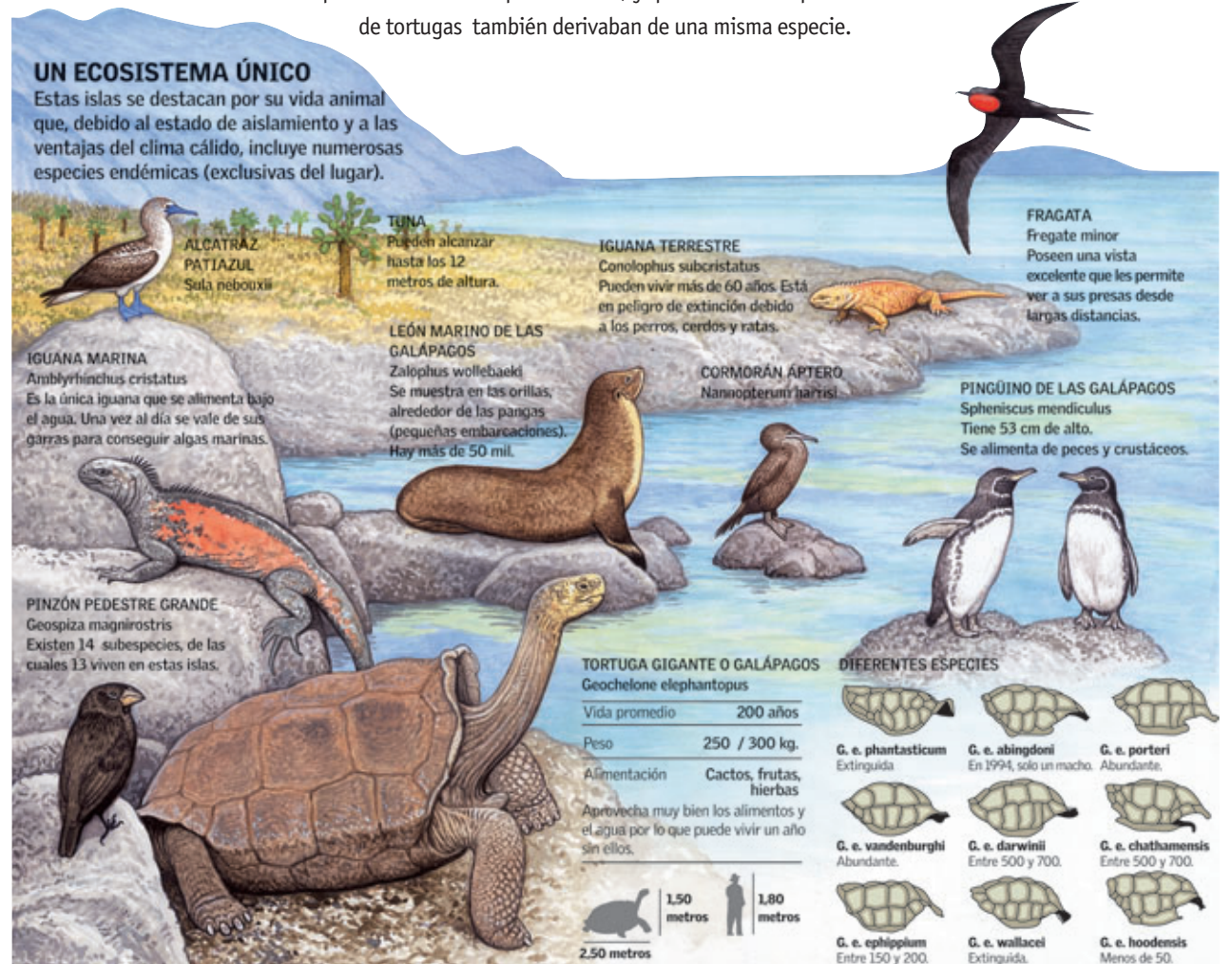
## La teoría de Darwin

El 12 de febrero de 1809 nació en Inglaterra Charles Darwin. De joven, su espíritu inquieto y su afición por la naturaleza lo hicieron brillar en asignaturas como la geología y la zoología. En 1831, con 22 años, se embarcó en el *Beagle* al mando del capitán Fitz Roy para cartografiar las costas sudamericanas. En ese viaje Darwin tuvo una serie de "experiencias inspiradoras" que lo orientaron en la interpretación de los cambios en los organismos y en la publicación, 28 años después, de su teoría sobre la evolución de las especies.

Durante el viaje quedó impresionado por la biodiversidad de estas tierras, bastante diferente de la de su Inglaterra natal. En el Brasil observó loros, tucanes y aves multicolores que volaban sobre árboles de exóticos frutos. En la Argentina y el Uruguay encontró armadillos y fósiles de animales muy parecidos entre sí, pero estos últimos tenían hasta 7 m de largo. También descubrió fósiles marinos en la cordillera de los Andes.

En la travesía por el Pacífico, desembarcó en el archipiélago de las Islas Galápagos. Allí observó que en cada isla había tortugas de especies distintas, y que los navegantes podían distinguir en qué isla se encontraban con solo ver el tipo de tortuga que la habitaba. También observó unas pequeñas aves, los pinzones. Cada especie tenía su pico adaptado al tipo de alimento que consumía.

El hecho de que en cada isla hubiera una variedad de especies muy similares entre sí, aunque única para cada isla en particular, llevó a Darwin a pensar que todas las especies de pinzones procedían de una especie común, y que todas las especies de tortugas también derivaban de una misma especie.



### LA EXPEDICIÓN DE DARWIN

En 1835, el naturalista inglés Charles Darwin llegó a las islas. Estudió las variedades del pinzón de Galápagos y observó que tenían distintas formas de pico.



Dedujo que estas formas habían evolucionado de una especie que vive en el continente. Esto lo llevó a desarrollar su teoría de la evolución de las especies.

En las islas Galápagos, los picos de unas pequeñas aves (los pinzones) inquietaron a Darwin. Observó que cada especie tenía picos adaptados a su hábito alimentario. Por ejemplo, aquellas aves que se alimentan de semillas duras, tienen picos con forma de pinza "pico de loro". Las que, en cambio, capturan insectos en vuelo, los tienen como finos alicates.

### Otro evolucionista

Mientras Darwin decidía si publicaba o no su teoría sobre la evolución de las especies, recibió una carta de un joven naturalista Alfred Russel Wallace.

En la carta Wallace le comentaba haber llegado a ciertas conclusiones a partir de sus observaciones en el archipiélago malayo.

Grande fue la sorpresa de Darwin cuando leyó esa carta: el joven había llegado a sus mismas conclusiones.

Así fue como decidió entonces publicar junto a Wallace un escrito donde sintetizaban los aspectos relevantes de la evolución por selección natural.



Charles Darwin (1809-1882). El viaje con el *Beagle* duró 5 años. A su regreso a Inglaterra, una abundante herencia permitió que Darwin se despreocupara de los asuntos financieros y se dedicara por entero a la biología.

### Equilibrio y reproducción

En su vida, una pareja de arenques puede depositar 200 000 huevos; una de ranas verdes, 10 000; y una de moscas, 1000.

Durante su existencia, una planta de amapola puede producir 100 000 semillas; y una de tabaco, 360 000. Sin embargo, la Tierra no está cubierta de arenques, ranas verdes, moscas, amapolas y tabaco.

Este hecho hizo conjeturar a Darwin que de la sobreproducción de organismos, solo algunos pueden sobrevivir.

Además de las observaciones realizadas durante el viaje, otros "elementos inspiradores" fueron las lecturas que realizó de los libros *Principios de geología*, de Lyell y *Ensayo sobre el principio de la población*, de Malthus.

En el libro del geólogo inglés Charles Lyell (1797-1875) leyó que el relieve terrestre es el resultado de una serie de procesos y fuerzas que actuaron en el pasado del planeta y que continúan manifestándose en la actualidad. Esta doctrina se conoce como **uniformismo**.

En esa obra, Lyell afirmaba que los fósiles hallados en los estratos más superficiales del suelo se parecerían más a los organismos actuales. Asimismo, pensaba que cuanto más profundos fueran los estratos, menos se parecerían los fósiles a las especies contemporáneas.

En la obra del economista inglés Malthus (1766-1834) leyó que en las poblaciones humanas el incremento demográfico es mayor que el crecimiento de los recursos alimentarios. En el texto Malthus proponía que las únicas alternativas que compensarían este desequilibrio eran las catástrofes naturales, las pestes, las hambrunas y las guerras.

Darwin interpretó que, como Lyell proponía para la superficie terrestre, también los organismos cambian gradual y permanentemente. Asimismo, trasladó la conjetura de Malthus a las poblaciones de animales y vegetales y propuso que si de cada especie nacen muchos individuos, entonces solo sobrevivirían aquellos organismos que resultaran más aptos para contrarrestar las exigencias del medio y para obtener alimentos.

*"Como de cada especie nacen muchos más individuos de los que pueden sobrevivir, y como en consecuencia hay una lucha por la vida, que se repite frecuentemente, se sigue que todo ser, si varía, por débilmente que sea, de algún modo provechoso para él bajo las complejas y a veces variables condiciones de vida, tendrá mayor probabilidad de sobrevivir y de ser así naturalmente seleccionado. Esta conservación de las diferencias y variaciones favorables de los individuos y la destrucción de las que son perjudiciales es lo que yo he llamado selección natural."*

Charles Darwin, *El origen de las especies*, Ediciones Libertador, Argentina, 2003.

Darwin regresó a Inglaterra en 1836, con una gran cantidad de datos y especímenes para estudiar. Dio forma a sus observaciones, ideas y anotaciones y, en 1859, publicó un libro en el que formuló su teoría sobre la evolución de los organismos: *El origen de las especies*.

Las hipótesis principales que plantea en la obra son:

■ Hipótesis 1: El número de individuos de una especie en un hábitat cerrado y acotado (por ejemplo una isla) no puede superar cierto valor límite, debido a la restricción que impone lo limitado de los recursos disponibles.

■ Hipótesis 2: En dicho hábitat cerrado, las especies se cruzan entre sí (en forma endogámica), diferenciándose de otras especies similares por la imposibilidad del cruzamiento.

■ Hipótesis 3: Si en las condiciones de la hipótesis 1 la población supera el valor de crecimiento que le permite la reserva alimentaria, se produciría una competencia o lucha por la existencia entre los individuos.

■ Hipótesis 4: En una especie, sobrevivirán únicamente los individuos que posean características favorables en la competencia por el alimento (**supervivencia del más apto**).

■ Hipótesis 5: La descendencia de dos individuos de una especie presenta variaciones, es decir, características hereditarias no presentes en los padres, algunas de las cuales son favorables para la supervivencia y otras no.



■ Hipótesis 6: La proporción de individuos que heredan características favorables para la supervivencia aumenta en las sucesivas generaciones (**selección natural**).

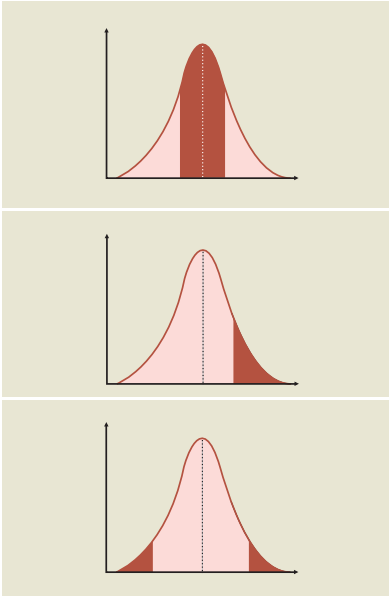
■ Hipótesis 7: La evidencia que proporcionan las pruebas paleontológicas y geológicas es fragmentaria e insuficiente para reconstruir la historia de la evolución de los organismos. En el primer caso debido a la destrucción de la materia orgánica, en el segundo caso a causa de la desaparición de estratos originados por terremotos, erupciones volcánicas.

**SELECCIÓN  
NATURAL**

En los organismos de una población se pueden presentar innumerables características tales como la altura, el peso, la cantidad de años que viven los individuos, etcétera.

Si consideramos, por ejemplo la talla o tamaño, podemos encontrar diversos tamaños de individuos. De acuerdo a la forma en que opera la selección es posible reconocer tres tipos o modalidades básicas:

<b>Selección estabilizadora</b>	Se dice que una selección es estabilizadora cuando tiende a seleccionar a los individuos que poseen el “valor” promedio de esa característica. Según nuestro ejemplo se daría si, por ejemplo, los individuos de talla mediana tienen mayor posibilidad de acceder al alimento. Serán seleccionados entonces, aquellos individuos que estén cerca de la talla promedio y los más pequeños y los más grandes serán eliminados.
<b>Selección direccional</b>	Si la selección favorece la reproducción exitosa de aquellos individuos que tengan una característica distante de la media, se dice que es direccional, ya que si opera durante varias generaciones se notará la tendencia, por ejemplo, a favorecer a los individuos de talla grande o a los de talla pequeña.
<b>Selección diversificadora</b>	Favorece a los organismos de los extremos en la distribución de una característica. Según el ejemplo, sería aquella que selecciona a los más pequeños y a los más grandes, excluyendo a las tallas medias.



Ciertas especies tienen un marcado dimorfismo sexual. En los pavos reales, por ejemplo, la hembra no es llamativa y el macho posee un plumaje muy vistoso.

En términos evolutivos se podría decir que la atractiva apariencia de los machos es un factor negativo, ya que podrían ser ubicados fácilmente por sus depredadores. Sin embargo, Darwin elaboró una explicación para este fenómeno: para aparearse las hembras “eligen” los machos más vistosos. Por eso, los machos con plumajes más “ostentosos”, son adaptativamente más ventajosos y, por lo tanto, son seleccionados positivamente. Este fenómeno fue denominado por Darwin selección sexual.

La **selección sexual** también ocurre en algunos insectos, mamíferos con cuernos y astas, algunos primates, etcétera.



Dimorfismo sexual del pavo real.

## La teoría sintética

En la formulación de su teoría, Darwin no pudo explicar los procesos de la herencia que permiten transferir características hereditarias.

El redescubrimiento de los escritos de Mendel en 1900, y los posteriores estudios de la ecología y la genética de las poblaciones, aportaron evidencias para que se constituyera un nuevo movimiento científico denominado **neodarwinismo**.

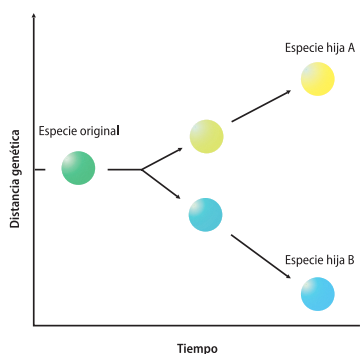
Para los nuevos defensores de la teoría darwiniana, las especies surgen de forma gradual a medida que unas variaciones genéticas predominan sobre las otras.

En 1950, este movimiento tuvo su momento cumbre cuando el biólogo Theodosius Dobzhansky, los zoólogos Ernst Mayr y Julian Huxley, y el paleontólogo George Simpson, formularon la teoría sintética de la evolución (TSE).

Esta teoría es el resultado de un trabajo interdisciplinario que integra ideas de Mendel, Darwin y Wallace.

La TSE sistematiza las siguientes ideas:

- los nuevos caracteres se originan por mutaciones;
- la selección natural actúa sobre los fenotipos; y
- los genes mutados modifican las reservas génicas de una población.



Modelo que representa la especiación a través del tiempo.

### ESPECIACIÓN

Se denomina **especiación** el proceso por el cual surge una nueva especie. Darwin no llegó a explicar por completo este concepto pero sentó las bases para sus seguidores. Si bien resulta muy difícil determinar el momento en que se origina una nueva especie, la mayoría de los científicos coincide en que una especie ha dado origen a otra cuando las poblaciones resultantes no pueden cruzarse entre sí, aun viviendo en el mismo territorio. En ese momento se considera que el genotipo de ambas poblaciones ha cambiado al punto de ser incompatibles: se originó una nueva especie.

Los factores que pueden impedir el cruzamiento de ambas especies son: adaptaciones, aspectos y/o comportamientos distintos entre sí, procreación en etapas del año diferentes; células sexuales incompatibles; y descendencia estéril.

### Los Mlabri

Los Mlabri conforman una comunidad de alrededor de 300 personas que habitan las selvas del norte de Tailandia.

Los testimonios de tribus vecinas afirman que esta población fue originada por un niño y una niña abandonados por una comunidad nómada.

Las pruebas genéticas efectuadas recientemente mostraron una altísima frecuencia de muchos de sus genes de la pequeña población.

### MICROEVOLUCIÓN

Cuando por alguna causa, como por ejemplo la selección natural, se modifican las frecuencias génicas de una población, se dice que ha actuado un **proceso microevolutivo**.

La inmigración y la emigración pueden provocar un cambio en las frecuencias génicas de una población: son procesos microevolutivos.

A los procesos microevolutivos en los cuales las frecuencias génicas cambian solo por acción del azar, es decir de manera aleatoria, se los denomina **deriva génica**.

Un caso especial y muy evidente de deriva génica es el denominado **efecto fundador**. Se observa cuando un pequeño grupo de individuos es separado de una población, y al reproducirse, se establece otra nueva con características génicas muy particulares.

En algunas poblaciones suelen ocurrir notables disminuciones del tamaño poblacional, con lo cual hay pérdida de alelos. Este proceso se denomina **cuello de botella**.

**MACROEVOLUCIÓN** Así como la microevolución estudia los cambios de frecuencias génicas, a veces imperceptibles, la **macroevolución** se dedica a analizar y comprender los cambios a gran escala.

Para Darwin primero, y para los neodarwinistas después, los grandes cambios evolutivos se dieron por la suma de los pequeños, es decir, la especiación es el resultado de la sumatoria de pequeños cambios microevolutivos.

Explicaban la ausencia de registro fósil que diera cuenta de la secuencia en la especiación argumentando que en algún momento aparecería la pieza o el eslabón faltante en la “cadena” evolutiva. Sin embargo, existen pruebas paleontológicas que evidencian la inexistencia de estos elementos faltantes: simplemente no existieron.

En la actualidad hay dos posturas diferentes para explicar la macroevolución:

■ la **gradualista**: explica que ocurrió por pequeños cambios que se acumularon en el tiempo; y

■ la **saltacionista** o de los **equilibrios puntuados**: explica que ocurrió por cambios bruscos y repentinos.

La teoría de los equilibrios puntuados afirma que las formas intermedias entre un grupo y otro no existen, y gran cantidad de estudios paleontológicos dan cuenta de esto.

Estas secuencias, que generalmente son de invertebrados marinos fósiles, son muy completas y muestran ejemplares a lo largo de millones de años. En ellas se observa que existen cambios sutiles, pequeños y erráticos, sin dirección. Sin embargo, las nuevas especies se originan de modo súbito y brusco; irrumpen en las secuencias de fósiles, mostrando cambios muy importantes en la morfología. No hay que olvidar que cuando se habla de “aparición brusca” o “súbita”, estamos hablando en tiempo geológico, y eso comprende generalmente miles y miles de años.

Cuando se analiza el registro fósil se advierte que hay largos períodos de pequeños cambios, irrelevantes, a los que se denomina períodos de **estasis** (o de quietud) y otros períodos, muy cortos, en los que hay grandes cambios. Para la teoría de los equilibrios puntuados, es justamente en estos cortos períodos donde aparecen nuevas especies.

En síntesis, para la teoría hay dos tipos de cambios en la historia evolutiva. Por un lado los pequeños, los de “ajuste fino” en la interacción organismo-ambiente a través de la selección natural y que ocurren todo el tiempo, llamados **anagénesis**.

Por otro, los grandes cambios, puntuales y rápidos, aquellos que originan nuevas especies, llamados **cladogénesis**.

Para completar la idea de “grandes cambios”, además de la cladogénesis es necesario analizar otros procesos. Por ejemplo, las **extinciones en masa**, es decir, la desaparición ocurrida en un relativamente corto período de un gran número de grupos (órdenes, familias, etcétera). Además, otro evento de importancia y opuesto al anterior es el de **radiación adaptativa**, que implica la aparición de muchas especies a partir de las sobrevivientes de las extinciones en masa.

El **cladismo** es la forma de clasificar a los seres vivos por su parentesco. En el establecimiento de estas relaciones de parentesco se intenta reconstruir la historia de la vida.

Hay seres vivos, como las bacterias, que se encuentran en la Tierra desde los orígenes mismos de la vida. Otros, de reciente aparición, se han extinguido. El hecho de ser “nuevo” no es sinónimo de “mejor”; tampoco ha habido “progreso” en ello, simplemente se trata de una diversificación, que de hallar el ambiente adecuado, prospera y de lo contrario, se extingue.

Los estudios de ADN comparado entre las especies ayudan notablemente a establecer parentescos y por ende a la elaboración de los cladogramas. El cladismo, por lo tanto, intenta reflejar la evolución.



Modelo que representa la explicación saltacionista de la macroevolución. Las nuevas especies surgen como consecuencia de cambios bruscos y repentinos.



Modelo que representa la explicación gradualista de la macroevolución. Las nuevas especies aparecen por cambios lentos y graduales.



Modelo que representa relaciones de parentesco entre especies surgidas por cambios bruscos y repentinos.



Modelo que representa relaciones de parentesco entre especies surgidas por cambios lentos y graduales.



Extensión temporal relativa	ERA	PERÍODO
	CENOZOICA	Cuaternario
		Terciario
	MESOZOICA	Cretácico
		Jurásico
		Triásico
		Pérmico
	PALEOZOICA	Carbonífero
		Devónico
		Silúrico
		Ordovícico
		Cámbrico
	PRECÁMBRICA	

## La colonización del medio aeroterrestre

Desde las primeras formas de vida hasta la biodiversidad actual, no solo pasaron millones de años sino, también, han sucedido muchísimos cambios en los organismos.

En el difícil camino desde un ambiente acuático hacia uno aeroterrestre, el ambiente ha presentado problemas a los organismos y la selección natural fue dando paso a las nuevas y ventajosas adaptaciones, manteniendo las neutras y desechando las perjudiciales.

Uno de los principales problemas que presenta esta transición es la deshidratación.

Los primeros heterótrofos colonizadores de la tierra no hubieran subsistido munidos de unas repliegadas y delgadas branquias para el intercambio gaseoso. Tampoco hubiera sobrevivido su descendencia, si tuvieran que desarrollarse dentro de huevos cubiertos por delicadas membranas.

Los insectos fueron los primeros heterótrofos multicelulares que "salieron" del agua. En estos organismos, la selección natural "aprobó" la aparición de la respiración traqueal y de huevos revestidos por una capa impermeable al agua. Posteriormente, los anfibios "estrenaron" la respiración pulmonar, pero solo pudieron desvincularse del medio acuático en su etapa adulta. En los reptiles, el mantenimiento y "mejoramiento" de la respiración pulmonar, y la producción de huevos cubiertos por una gruesa cáscara, hizo que aventajaran evolutivamente a sus antecesores anfibios.

Los primeros colonizadores fotoautótrofos multicelulares también debieron "enfrentarse" al problema de la deshidratación, el soporte y la conducción de los nutrientes.

La absorción de agua y nutrientes a través de toda la superficie del cuerpo y una reproducción en la que las gametas "nadan" hasta que se encuentran y fusionan son adaptaciones favorablemente seleccionadas para los vegetales acuáticos. En los vegetales colonizadores, por el contrario, la selección natural favoreció la aparición de una envoltura impermeable y la conducción del agua y los nutrientes a través de un complejo sistema de vasos. Estas son adaptaciones favorablemente seleccionadas para los vegetales aeroterrestres.

Otro de los problemas que plantea la transición del ambiente acuático al aeroterrestre es la posibilidad del movimiento. Sostenerse y desplazarse sobre la superficie terrestre requiere disponer de estructuras esqueléticas que puedan contrarrestar la gravedad. En los vegetales, el problema del sostén se resolvió con la adquisición de estructuras de celulosa que conformaron cuerpos firmes.

Sistematización de las adaptaciones seleccionadas naturalmente en la "conquista biológica" del medio aeroterrestre.

Respiración traqueal

Respiración pulmonar



## Evolución biológica y cultural de la especie humana

La historia de la ciencia ha revelado el papel que la humanidad ha tenido en diferentes épocas.

Sigmund Freud llamó "heridas narcisistas" a ciertas revelaciones de la ciencia. Para él, la "primera herida" ocurrió en el siglo XVI, cuando Copérnico enunció su modelo heliocéntrico y sacó a la Tierra del centro del sistema planetario. Difícil fue para la gente de la época concebir que solo era un ser diminuto en un pequeño planeta que gira alrededor del Sol.

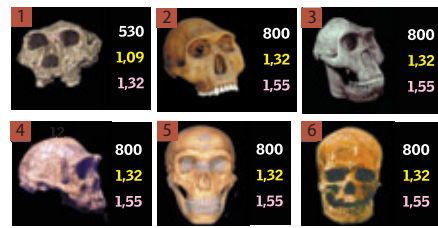
Una "segunda herida" fue comprender que la evolución de la humanidad es incierta y que no tiene asegurado un viaje hacia la perfección, sino que en ella opera el mismo proceso que dio origen a la diversidad biológica.

Si bien los paleontólogos no están de acuerdo en cuáles fueron nuestras relaciones evolutivas con los homínidos extinguidos, están todos de acuerdo en que es un error creer que la humanidad descende de simios similares a los gorilas o los chimpancés. Ellos creen que el grupo de los homínidos y los simios se separaron de un antepasado común hace aproximadamente entre 6 y 8 millones de años y que la humanidad se desarrolló hace solo 120 mil años.

Uno de los homínidos más antiguo es el *Ardipithecus ramidus*, descubierto en Etiopía. Se calcula que vivió hace unos 4,4 millones de años. Los ardipitecinos serían bípedos y podrían mover los ojos hacia arriba. Ambas adaptaciones les habría facilitado observar por encima de la vegetación y detectar predadores y presas. De este grupo pudo derivar el de los australopitecinos.

Los *Australopithecus afarensis*, vivieron hace 3,9 y 3 millones de años. Tenían la pelvis y los huesos de las piernas muy parecidos a los humanos. El hallazgo más famoso de este grupo fue Lucy, encontrada en Etiopía en 1974, de quien los expertos suponen que tenía 25 años cuando murió.

Otros australopitecinos fueron los *Australopithecus africanus*, que vivieron entre 3 y 2 millones de años atrás. Como los afarensis, los africanus también tendrían andar bípedo, pero eran de mayor talla y sus dientes eran similares a los humanos.



1. *Australopithecus robustus*
2. *Homo rudolfensis*
3. *Homo habilis*
4. *Homo erectus*
5. *Homo neanderthalensis*
6. *Homo sapiens*

000 Cavidad craneal (cm³)  
0,00 Estatura hembras (m)  
0,00 Estatura machos (m)



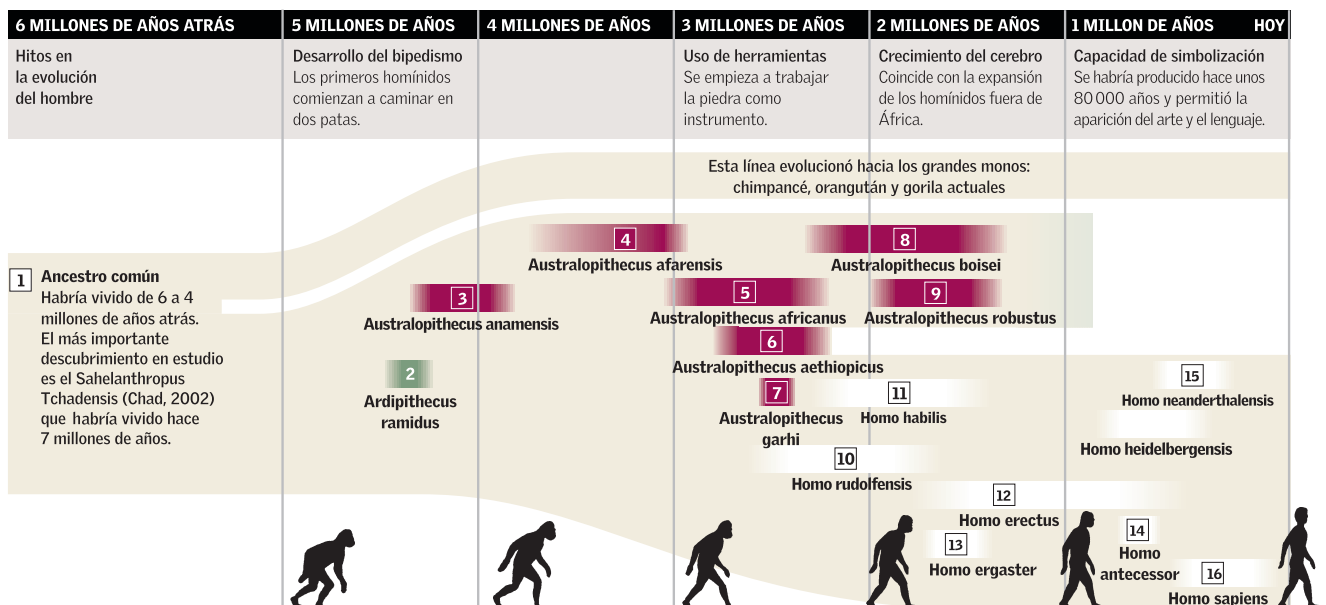
1. Detecten en el texto de la página anterior las palabras entre comillas.

¿Por qué creen que se las señaló de esa manera?

2. Escriban textos donde expliquen la aparición de:

- los huesos neumáticos y sacos aéreos en las aves;
- la fecundación interna; y
- la endotermia.

3. Busquen información sobre la era y el período en que aparecieron los primeros insectos, peces, anfibios, reptiles, aves, mamíferos, plantas terrestres, coníferas y angiospermas.







1. Elaboren un cuadro para sistematizar la información sobre nuestros posibles antecesores.
2. Copien la trama conceptual de la página 315 y agréguele los conectores adecuados para relacionar los conceptos.



Hace unos pocos años, se hallaron otros *Australophitecus* más antiguos, como *A. ramidus* de 4,5 millones de años (considerado hasta ahora el más antiguo antecesor del hombre hallado) y *A. garhi* que vivió hace 2,5 millones de años. Se hallaron también en los últimos 15 años otros *Australophitecus* con variadas antigüedades: *A. boisei*, *A. robustus*, *A. aethiopicus*.

La posición erguida de todos estos ancestros de los humanos pudo ser una ventaja adaptativa sobre los grupos que no la poseían que les permitió dejar mayor cantidad de descendencia que aquellos.

Se cree que a partir del *Australophitecus* en algún momento evolucionó *Homo habilis*, que vivió hace unos 2 millones de años y tuvo la capacidad de manejar herramientas y muy probablemente también dispondría de un lenguaje rudimentario.

También de los australopitecidos pudo haber surgido *Homo erectus*, que existió entre 1,8 millón y 300 000 años atrás. Este grupo habría contado con un modo más eficiente para caminar, muy similar a la marcha de los humanos, y supuestamente usó el fuego. De este grupo se encontraron individuos en África, Asia y Europa, lo cual permite deducir la migración desde África hacia el resto del mundo.

Para algunos paleontólogos, *Homo erectus* dio origen a *Homo sapiens* pero para otros, se extinguió antes de su aparición.

Este último se conoce como el “hombre de Neanderthal”, encontrado por primera vez en el valle Neander, en Alemania. De él habría evolucionado el *Homo sapiens sapiens*, u hombre actual, hace 120 000 años. Esta propuesta se basa en los numerosos restos hallados hace muy poco en las cuevas de Atapuerca, en Burgos, España.

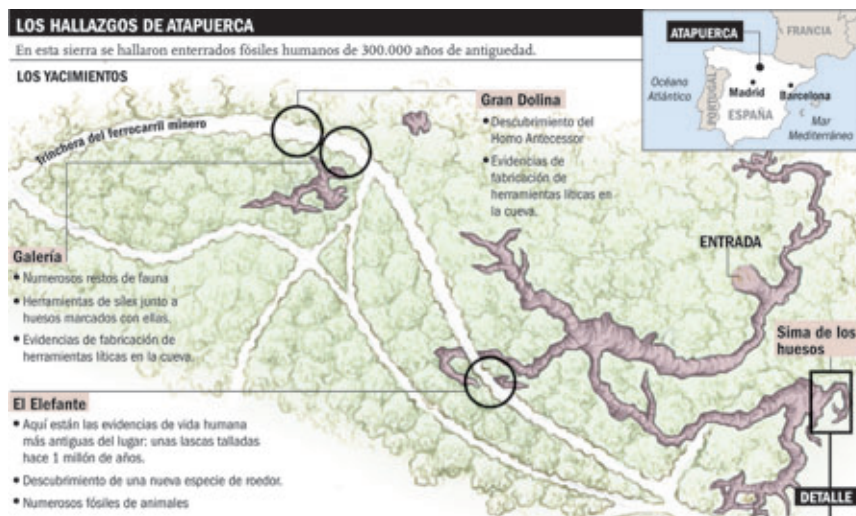
Los fósiles encontrados en estas cuevas, de entre 300 000 y 800 000 años de antigüedad, permitieron interpretar que en esa época los hombres ya despedían a sus muertos con rituales especiales.

La Sima de los huesos es una cavidad de 15 m<sup>2</sup> y una profundidad de 4 m. Por el momento se han encontrado allí cerca de 3000 fósiles de 32 individuos preneandertales de todas las edades que fueron depositados allí hace aproximadamente 300 000 años. Se calcula que por el momento se han extraído solo un tercio de los individuos que hay allí.

Otro sitio de excavación, lindero con el anterior, es Gran Dolina, donde en 1994 se encontraron fósiles de *Homo antecessor*, los restos humanos más antiguos de toda Europa, al menos por el momento. Allí han encontrado también herramientas de piedra que

supuestamente fabricarían estos hombres. *Homo antecessor* podría ser el nexo entre los neandertales y el hombre actual.

Este modelo presentado es solo el de una de las propuestas acerca del origen del hombre. Existen otras que no dejan de ser válidas, ya que todos los casos faltan algunos fósiles que puedan completar la secuencia. Los paleontólogos trabajan en diferentes proyectos a la búsqueda de esos restos para completar el posible rompecabezas.





PRUEBA DE MANEJO: FORD ECOSPORT 4WD

## Una lograda evolución para ingresar al mundo del todoterreno

Fácil de manejar y con buen desempeño off road. Es ideal para combinar ciudad con aventura.

CLARIN.COM || EL PAÍS || 23 DE MAYO DE 2004

ANUNCIAN OBRAS DE ENTRE 3.500 Y 4.000 MILLONES DE PESOS ANUALES

## El Gobierno monitorea de cerca la evolución del dólar en Brasil

Lo admitió el ministro de Planificación Federal, Julio de Vido. Sin embargo, el funcionario criticó en muy duros términos a los analistas económicos que ahora predicen un crecimiento cercano a cero en la Argentina.

CLARIN.COM || SUPLEMENTO COUNTRIES || 27 DE AGOSTO DE 2005

HISTORIA: LOS PRIMEROS COUNTRIES

## Un sueño de visionarios

En 1930, con la inauguración de Tortugas, comienza el desarrollo de los countries en Argentina. Las características de las primeras urbanizaciones cerradas y su **evolución** en el tiempo.

CLARIN.COM || SUPLEMENTO RURAL || 20 DE AGOSTO DE 2005

LOS 60 AÑOS DE CLARIN: LA EVOLUCION DE LA AVICULTURA

## Y llegaron los "parrilleros"

En apenas 60 años, el consumo de pollos pasó de 3 kg por habitante, a los 25 actuales. Y ahora se exporta a 52 países.

CLARIN.COM || SUPLEMENTO RURAL || 13 DE AGOSTO DE 2005

EL CONGRESO DE AAPRESID: IMPACTO DE LAS PRACTICAS AGRICOLAS

## Una cuestión de calidad

Técnicos argentinos presentaron una "valija de campo" que evalúa la salud del suelo y hace un seguimiento de su **evolución**.



1. Lean el texto de la página 327 y comparen el sentido que se da en estos titulares al término "evolución".

2. ¿Qué es más "evolucionado" un elefante que una bacteria?

3. Escriban un texto explicativo sobre la siguiente afirmación de Stephen J. Gould:

*La selección natural es un principio de adaptación local, no de progreso general. No es la única causa del cambio evolutivo.*

4. Si tenemos en cuenta la evolución de la vida a partir de una célula procariota ¿creen que la vida se desarrollaría de la misma manera si se volviera al momento preciso del origen de dichos organismo? ¿Por qué?

5. Expliquen la siguiente afirmación: *El largo período de vida exclusivamente unicelular en la Tierra cuestiona la idea de progreso.*

6. ¿Por qué es refutable la afirmación de superioridad de los mamíferos sobre los dinosaurios?