



BREVE HISTORIA
DE CUATRO MIL MILLONES DE AÑOS

Entendiendo a Darwin

María Garza-Jinich

Diseño
Jorge Picasso

Ilustraciones
Ricardo Figueroa

BREVE HISTORIA
DE CUATRO MIL MILLONES DE AÑOS

Entendiendo a Darwin



Primera edición: septiembre de 2022
©Comunicación y Publicaciones Caudal, S.L.
©María Garza-Jinich
©Diseño: Jorge Picasso
©Ilustraciones: Ricardo Figueroa

ISBN: 978-84-19439-54-3
ISBN digital: 978-84-19439-55-0
Depósito legal: M-23555-2022

Editorial Adarve
C/ Ros de Olano, 5
28002 Madrid
editorial@editorial-adarve.com
www.editorial-adarve.com

Impreso en España

*Para Clarita, Lily, Lucía y Benjamin, nunca dejen de preguntarse «¿Cómo?»,
así le cierran al dogma las puertas de sus mentes.*

*Para Gabriel y Adrián, gracias por darme la oportunidad de ser
una mamá llena de satisfacción y orgullo,
la madre afortunada por tener un par de hijos como ustedes.*

*Y finalmente, para Armando, sin tu ayuda constante, tu apoyo incondicional,
tus consejos enriquecedores, este proyecto nunca habría prosperado. Si estos últimos
cuarenta años se repitieran, te volvería a escoger como compañero de vida.
Me encanta mi vida porque tú eres parte de ella.*

AGRADECIMIENTOS

Agradezco el apoyo de Marina Talanquer Artigas, Perla Schwartz Shkoorman y Armando Jinich Ripstein, quienes con toda paciencia revisaron el texto en múltiples ocasiones y lo enriquecieron con sus sugerencias. A Mitzi García Olivares y Ricardo Bloch, cuyas recomendaciones técnicas y científicas ayudaron a que este libro tenga el menor número de errores posibles. A todo el equipo del Diplomado en Divulgación de la Ciencia de la UNAM, muy en particular a Elaine Reynoso Haynes y Sergio de Régules Ruíz-Funes, sin cuya asesoría y consejos, este documento nunca habría llegado a final feliz.

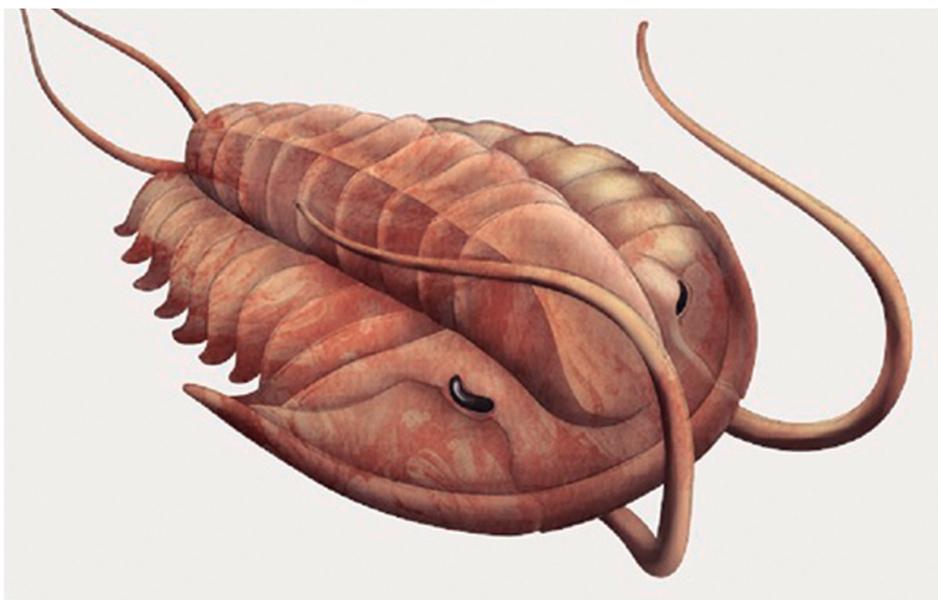
ÍNDICE

Introducción.....	13
1. ¿Qué es la evolución?	19
2. ¿Cómo funciona la evolución?	23
3. ¿Quiénes explicaron cómo funciona la evolución?.....	43
4. ¿Por qué estamos seguros de que la evolución sucede?.....	71
5. Evidencias anatómicas de la evolución.....	77
6. Evidencias geográficas de la evolución.....	91
7. Evidencias geológicas de la evolución: un viaje a través del tiempo ...	109
8. Evidencias moleculares de la evolución.....	165
9. Evidencias genéticas de la evolución.....	173
10. Evidencias de la evolución sucediendo en tiempo modernos	185
11. La evolución de los primates	209
12. ¿Cómo evolucionó Homo sapiens?.....	219
13. Nuestro perro y su evolución.....	227
14. Los mitos de la creación y la evolución	233
Conclusión.....	241
Glosario.....	245
Bibliografía.....	251
Equipo de trabajo	259
Créditos de ilustraciones.....	263
Índice analítico.....	269



The background of the page is white with several abstract watercolor elements. There are several circular splatters in shades of light blue, grey, and yellow. A prominent feature is a diagonal brushstroke in a dark grey or charcoal color that runs from the bottom left towards the top right. In the bottom left corner, there is a large, textured brushstroke in a brownish-grey color, appearing as if made with a dry brush. The overall aesthetic is artistic and minimalist.

INTRODUCCIÓN



¿Te has preguntado alguna vez por qué los seres humanos tenemos dos brazos y dos piernas en lugar de tres y tres, o tres y dos?

Los reptiles, los anfibios y los mamíferos terrestres tienen cuatro extremidades, dos superiores y dos inferiores. En particular, los mamíferos marinos tienen dos aletas y vestigios de dos extremidades inferiores. Las aves tienen dos alas y dos patas. Pero los insectos tienen seis patas, las arañas tienen ocho y las serpientes, ninguna. ¿No es curioso?

¿Y por qué tenemos cinco dedos en cada mano y no cuatro ni seis? Es posible que con seis dedos en cada mano nuestras habilidades manuales fueran significativamente mejores.

¿Por qué no tenemos cola? Nuestro perro, nuestro gato, los caballos y los ratones, todos tienen cola. De los primates, ese grupo de mamíferos al que pertenecemos, todos los monos tienen cola. Incluso los monos del continente americano tienen una cola prensil que les funciona como quinta extremidad y que utilizan para colgarse de los árboles. Los únicos primates que no tienen cola son los simios —orangutanes, chimpancés, gorilas, bonobos, gibones y humanos—. ¿No te parece extraño esto?

Existen especies similares con hábitos diferentes. Los chimpancés se alimentan de frutas y semillas, y son promiscuos. Los gorilas comen hojas de árboles y viven en harenes. Y en cambio, los gibones comen frutas y hojas, y viven en pareja toda su vida. ¿Por qué estas diferencias de conducta en especies parecidas? ¿De dónde surgieron?

La diversidad del mundo animal y vegetal parece no tener fin. Todos los árboles tienen hojas verdes, pero solo algunos las tiran en el invierno. Hay reptiles que ponen más de 100 huevos y aves que solo ponen uno. Hay especies que viven de noche y otras cuyas actividades son diurnas. Los murciélagos son los únicos mamíferos voladores y existen mamíferos planeadores. Podríamos seguir

haciendo preguntas al infinito. Si observamos a nuestro alrededor, empiezan a surgir diferencias y similitudes entre especies que nos obligan a cuestionarnos por qué suceden. Y más aún, ¿de dónde provienen?

Este libro pretende explicar de una manera fácil y amena el origen de la biodiversidad. Esperamos que al término de la lectura te hayamos contagiado el entusiasmo por entender la ciencia que explica cómo surgieron los distintos seres vivos: la evolución.

Te invitamos a emprender un viaje donde platicaremos en qué consiste la evolución, cómo funciona, quién la describió, por qué sabemos que funciona y qué evidencias lo confirman. También haremos un recorrido en el tiempo para ver cómo se fueron sucediendo los eventos hasta el día de hoy. Al final, discutiremos otros temas, como la evolución de los primates, la aparición de nuestros antepasados homínidos, de dónde surgió nuestro mejor amigo, el perro, y qué podemos decir acerca de los mitos de la creación en las distintas religiones. En esencia, el libro es una colección de argumentos anatómicos, genéticos, paleontológicos, moleculares y geográficos, presentados con un único propósito: cautivarte y convencerte de que el tema es fascinante.

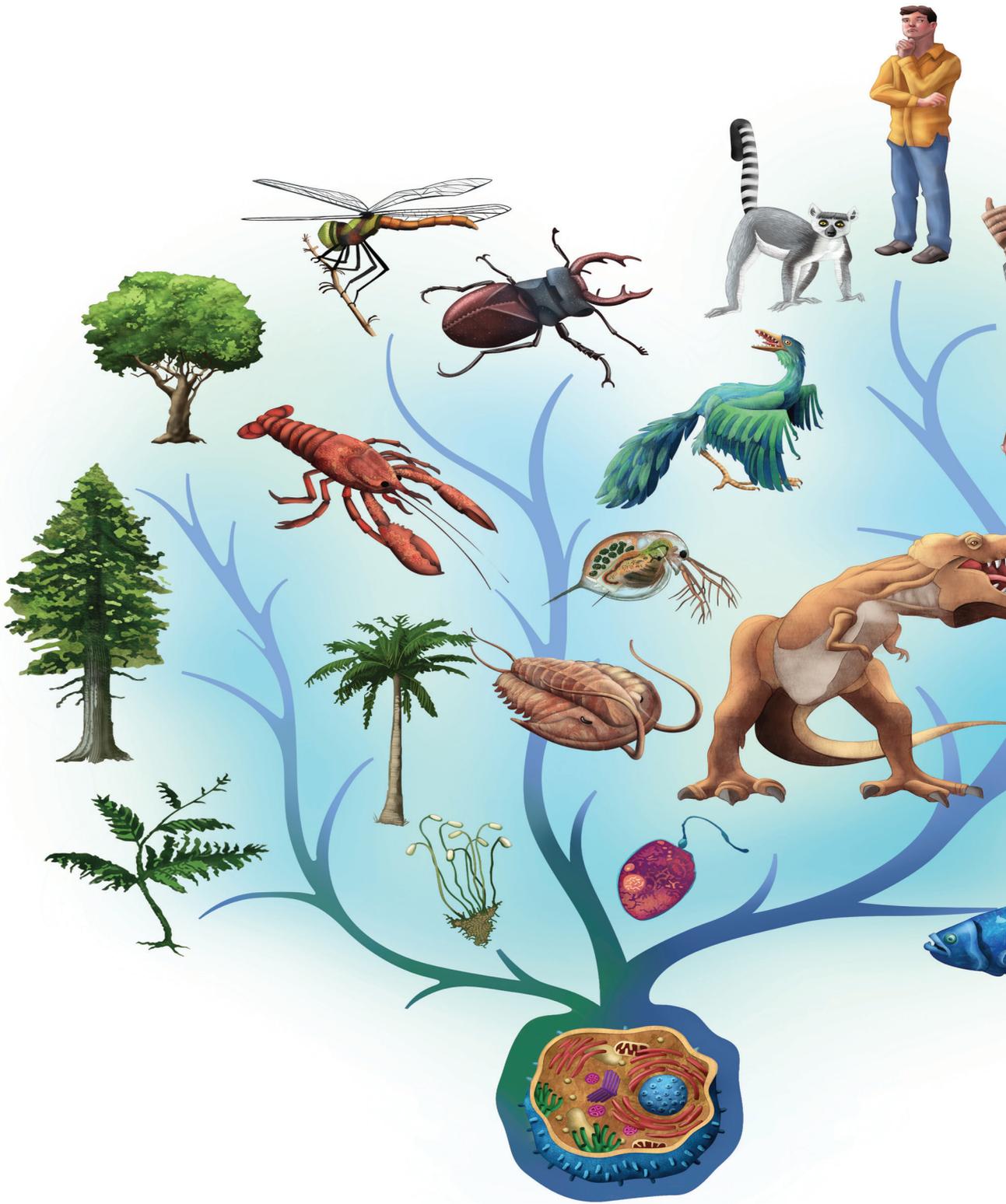
Bienvenido, esperamos que lo disfrutes.

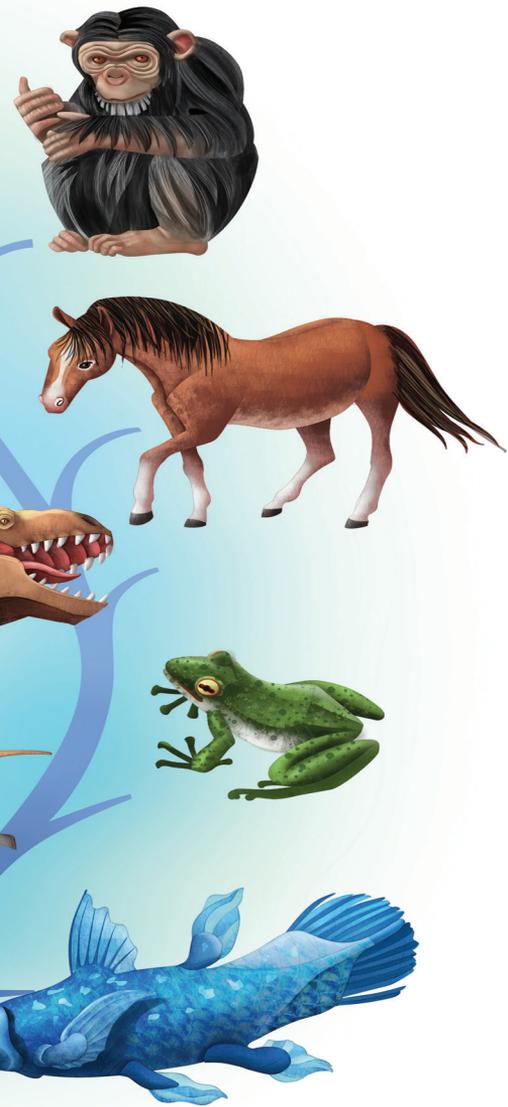


1

¿Qué es
la evolución?







Charles Darwin, el naturalista inglés del siglo XIX que se hizo famoso por escribir *El origen de las especies* y explicar cómo funciona la evolución, se refiere en múltiples ocasiones a ella como “descendencia con modificación”*.

En términos cotidianos, evolución se reduce a los cambios en los rasgos hereditarios de las poblaciones a lo largo del tiempo. En realidad, la idea es muy simple. La vida en la Tierra evolucionó paso a paso a partir de un ancestro común que vivió hace más de 3,900 millones de años. Conforme corrió el tiempo, esa especie fue sufriendo cambios genéticos, heredándose a sus descendientes y ramificándose en nuevas y diversas especies. Después de muchas generaciones, una especie puede evolucionar en algo muy diferente de la especie original. Con suficiente tiempo, este hecho tiene consecuencias de largo alcance por tratarse de un proceso acumulativo.

Uno de los principales mecanismos responsables del cambio evolutivo es la selección natural, aunque no es el único. Este mecanismo consiste en que en una población dada, siempre habrá individuos mejor adaptados al medio en el que viven, dejando más descendencia que otros. Se dice que los individuos se van a seleccionar de manera natural. Los que sobreviven no lo hacen al azar, lo hacen porque tienen ciertos rasgos que les ofrecen ventaja reproductiva. Pero no nos adelantemos, examinemos en detalle cada uno de los procesos que intervienen en la evolución.

*1 Darwin, C.R. (1860), p. 123.



2

¿Cómo funciona
la evolución?





La evolución es el resultado de una serie de hechos y mecanismos que suceden en paralelo y cuya combinación tiene como efecto que las especies cambien con el tiempo. Antes de platicar en detalle cómo sucede esto, vale la pena aclarar algunos términos que utilizaremos.

Cuando hablemos de especie nos estaremos refiriendo a un grupo de seres vivos que pueden reproducirse de manera sexual, tienen descendencia fértil y están reproductivamente aislados de otros grupos de organismos semejantes. Cuando hablemos de población nos estaremos refiriendo a un subconjunto de una misma especie cuyos individuos se desarrollan bajo condiciones ambientales similares. Como ejemplo, tenemos el caso de los leones —*Panthera leo*—. Se trata de una especie de mamíferos carnívoros de la familia de los félidos que vive en poblaciones aisladas de África y en una pequeña región de la India. Los individuos de cada una de estas poblaciones pueden procrear descendencia fértil con individuos de cualquier otra, es decir, todos ellos constituyen una misma especie. Sin embargo, los leones son una especie diferente de los tigres —*Panthera tigris*—, quienes viven en Asia. Aun cuando un león macho puede procrear con una hembra tigre, y viceversa, el producto será un híbrido infértil resultado del entrecruzamiento entre dos especies muy cercanas, pero reproductivamente aisladas.

Ahora sí, veamos cada uno de los hechos y mecanismos que dan lugar a la evolución.



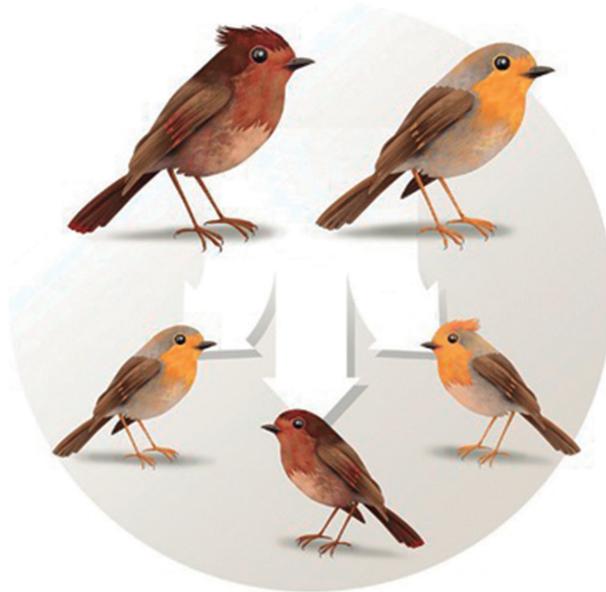
Variabilidad. Ejemplo de una población de aves con diversidad en tamaño, color del plumaje y cantidad de plumas en la cresta.

Variabilidad dentro de una especie

Los individuos de una misma especie nunca son idénticos, siempre difieren unos de otros, y las diferencias pueden ser de muy diversa índole. En el caso de especies animales, puede haber individuos altos y bajos, gordos y flacos, fuertes y débiles, de patas largas y cortas, y con toda una gama intermedia. También hay diversidad difícil de percibir, como tipo de sangre, resistencia a enfermedades, agudeza de los sentidos, agresividad, etc. En el caso de las plantas, los ejemplares de una misma especie pueden variar en el tamaño y color de la hoja, el sabor del fruto, el tamaño y color de la semilla, el grosor del tallo, la resistencia al cambio de temperatura, etc. En toda población dada de cualquier especie, siempre será posible encontrar sujetos que varíen respecto a alguna característica. Se dice que dicha población tiene variabilidad debida a diversidad genética.

Heredabilidad de los rasgos

Las variaciones en una población de individuos se transmiten de generación en generación. Los genes que definen la diversidad de rasgos en una especie se heredan de los padres y depende del azar cuáles genes provienen de cuál progenitor. Unos genes se van a heredar de la madre y otros del padre, al ocurrir la recombinación genética —ese momento de la reproducción sexual cuando los cromosomas de la madre se entrecruzan con los del padre.



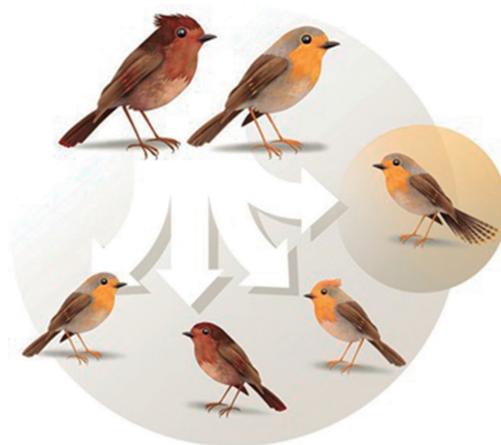
Heredabilidad. Pareja de aves que hereda sus rasgos a la siguiente generación.

Mutaciones genéticas

El ácido desoxirribonucleico, también conocido como ADN, es una hélice de doble cadena de nucleótidos donde aparecen las bases nitrogenadas —adenina, timina, guanina y citosina—. Está presente en todas las células de todos los seres vivos y constituye el código genético. Las bases nitrogenadas aparecen por pares: adenina (A) siempre frente a timina (T), y guanina (G) siempre frente a citosina (C), formando dentro de una cadena segmentos llamados genes que contienen la información para producir las proteínas o la regulación de esa información.

Cuando una célula se divide en dos, su código genético se debe replicar. La doble cadena se separa en dos cadenas simples, y la maquinaria celular complementa cada una de ellas. Frente a cada A se coloca una T, frente a cada T una A, frente a cada G una C, y frente a cada C una G. Es posible que durante este proceso se produzcan errores, como la aparición de T en vez de C o A en vez de G. También puede suceder que por accidente se inserten o remuevan segmentos de moléculas o de genes completos. Incluso puede llegar a suceder que se duplique todo un cromosoma.

A estos errores se los conoce como mutaciones genéticas y son cambios al azar en el ADN que contribuyen a la diversidad genética en la población. Si las mutaciones surgen en las células germinales —óvulos o espermatozoides—, estas se heredan a la progenie.

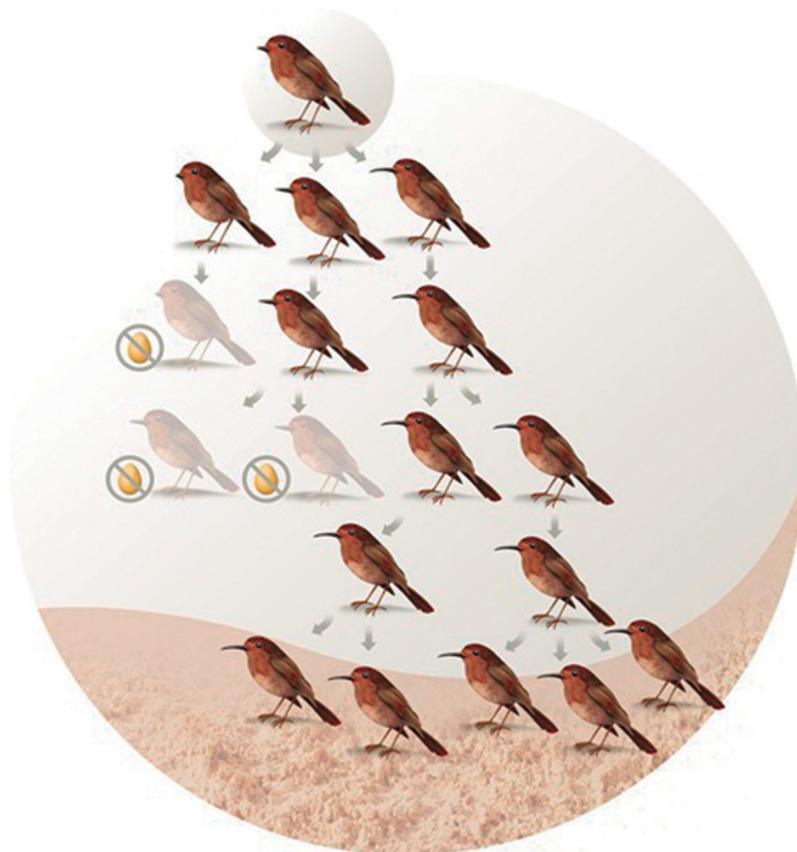


Mutaciones. Ejemplo de un individuo con una mutación tal que produce un gran plumaje en la cola.

Selección natural

La selección natural es uno de los mecanismos básicos en la evolución. Debido a la selección natural, dentro de una población con diversidad genética hereditaria, serán los individuos mejor adaptados a su medio los más exitosos al momento de reproducirse, dejando mayor descendencia que el resto. Aquellos individuos peor adaptados dejarán menos descendencia o incluso morirán antes de reproducirse, desaparecerán con el tiempo y sus características no serán heredadas por ningún otro. La población se seleccionará de manera natural.

Pongamos el ejemplo hipotético de una población de pájaros con picos de tamaño variable, alimentándose de semillas también de tamaño variable. Aquellos con pico pequeño comen semillas pequeñas y producen crías con picos pequeños. Los de pico más grande se pueden alimentar tanto de semillas pequeñas como de semillas grandes y sus crías tienen picos más grandes. Supongamos que durante varios años hay una sequía, provocando que las semillas pequeñas desaparezcan y solo sea posible encontrar semillas grandes. Los pájaros de picos grandes, que se pueden alimentar de semillas grandes, serán los sobrevivientes y se reproducirán. Los otros morirán sin reproducirse. Los descendientes de esta población serán, todos, pájaros con picos grandes. La población se habrá seleccionado de manera natural.



Selección natural. Ejemplo hipotético de una población donde las aves de pico grande tienen ventaja reproductiva sobre las aves de pico pequeño, debido a que ese tamaño de pico les permite alimentarse de las semillas más abundantes.

Selección sexual

Existen poblaciones donde los individuos eligen la pareja con la cual se van a aparear, mostrando preferencia por ciertas características y favoreciendo de manera no aleatoria los genes asociados. Los individuos se seleccionan entre ellos por razones sexuales. Con el tiempo, ciertos genes habrán desaparecido de la población y otros se habrán convertido en mucho más frecuentes.

Un ejemplo de los efectos de la selección sexual es las danzas de cortejo sexual de las aves del paraíso, en Papúa, Nueva Guinea, y en el este de Australia. Los machos llevan a cabo danzas nupciales para atraer a las hembras. En algunos casos se reúnen varios machos en las ramas de un mismo árbol y ofrecen su espectáculo. Las hembras se acercan y deciden a cuál de ellos prefieren para aparearse. En otros casos los machos limpian un espacio de la selva para ahí mostrar su físico. Las hembras escogen a los machos más llamativos, quienes dejarán más descendencia y heredarán los genes responsables de los plumajes vistosos.



Selección sexual. Las hembras de las aves de paraíso son atraídas por el macho que ofrece el mejor espectáculo y tiene el plumaje más llamativo.

Deriva génica

Al conjunto total de genes de una población dada se le conoce como su acervo genético, e incluye todos los genes en el genoma de los individuos en todas sus versiones, también llamadas alelos. Para entenderlo mejor pongamos como ejemplo una población de plantas de chícharo, cuyo acervo genético contiene los genes que definen el color de la flor en sus dos versiones: el alelo que produce flor verde y el alelo que produce flor amarilla.

Cuando una población se encuentra aislada, es imposible que esta enriquezca su acervo genético con el intercambio de individuos de otras poblaciones. Por estar aislada, no recibe inmigrantes de otros grupos. Si además se trata de pocos individuos, sucede lo que conocemos como la deriva génica: la frecuencia de ciertos alelos cambia con respecto a la población original. Algunos alelos pueden perderse después de varias generaciones solo porque no nazcan individuos con esa versión del gen y, aunque la población original tenga mucha variedad genética, al paso de generaciones, la composición de los genes habrá variado.

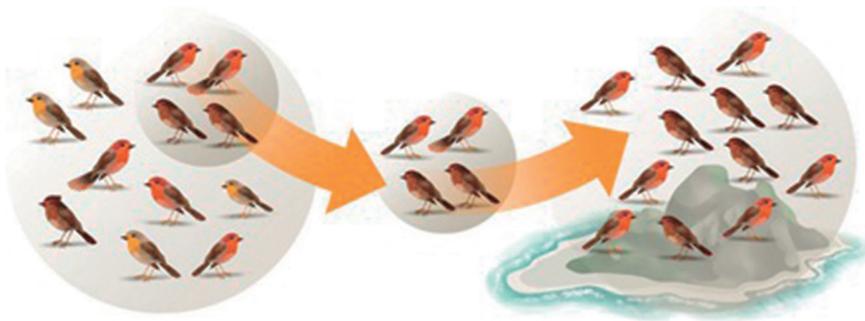
Los mejores ecosistemas para estudiar la deriva génica son las islas, si en algún momento recibieron poblaciones que migraron del continente más cercano. Las especies evolucionan mucho más rápido en una isla que en el continente, pues la isla soporta menos individuos, menos especies y ofrece menos recursos. El efecto es que la isla es un ecosistema más simple, donde es fácil investigar cómo el acervo genético cambia debido a la deriva.

Existen dos tipos de islas: las continentales y las volcánicas. Las continentales se separaron de algún continente al agrietarse las placas tectónicas y se llevaron consigo especies que ya poblaban el continente padre. Ejemplos de isla continental son Madagascar, Nueva Zelanda, Sumatra, Borneo y Tasmania. Las volcánicas surgieron del fondo del mar, carentes de vida, y poco a poco fueron invadidas por especies transportadas por agua o por aire. Algunos ejemplos de islas volcánicas son las Galápagos, Hawái y las Mascareñas. En las islas, la deriva génica produce dos fenómenos curiosos: el gigantismo y el enanismo.

En las Galápagos y en las Mascareñas existen tortugas descendientes del continente más cercano. Con seguridad llegaron a las islas en balsas formadas por troncos y ramas. Ahí evolucionaron hasta convertirse en tortugas gigantes, pues en ambos casos había un ecosistema capaz de sostenerlas y escasos depredadores —en particular los de dos patas— que las llevaran a la extinción.

En cambio, hay casos donde se produce el efecto contrario: el enanismo. En islas como Malta, Cerdeña, Sicilia, Creta, Chipre, Rodas, Delos, Célebes, Timor, Flores, Mindanao, entre otras, se han encontrado fósiles de elefantes enanos. En las islas del archipiélago del Norte de California —San Miguel, Santa Rosa y Santa Cruz— se hallaron fósiles de mamuts enanos. El ecosistema no contaba con los recursos suficientes para mantener a las especies enormes y estas derivaron en individuos enanos que podían sobrevivir y reproducirse en un medio más pobre que el del continente cercano.

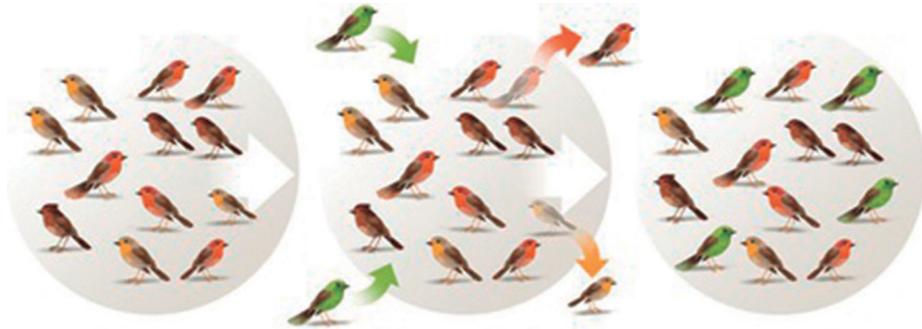
Otro ejemplo interesante de deriva es el del dragón de Komodo —*Varanus komodoensis*—, una lagartija gigante que habita la isla de Komodo, en Indonesia, la cual evolucionó hasta convertirse de ese tamaño por las ventajas energéticas obtenidas al alimentarse de elefantes enanos, los cuales, por cierto, se extinguieron.



Deriva génica. Ejemplo de qué sucede cuando una subpoblación (centro) migra a una isla. El acervo genético de la población original (izquierda) es mayor que el de la población en la isla (derecha).

Flujo genético

Uno de los procesos que hace que el acervo genético de una población cambie es el flujo de genes proveniente de poblaciones vecinas. El contenido genético de cualquier comunidad de individuos, con excepción de aquellas viviendo en total aislamiento, se ve afectado por la inmigración y la emigración a otros grupos de la misma especie. Este intercambio de individuos entre poblaciones vecinas contribuye al incremento de la variabilidad genética.



Flujo genético. A una población original (izquierda) le cambia su acervo genético (derecha) por recibir inmigración de un grupo ajeno y sufrir emigración de algunos de sus ejemplares (centro).

Un ejemplo de flujo genético ocurre en las comunidades de chimpancés viviendo en reservas naturales. Cuando las hembras llegan a la edad de procreación, ellas emigran a la comunidad vecina, donde son bienvenidas por los machos. El efecto es el cambio en el acervo genético de ambas comunidades.

Especiación

La especiación es el proceso mediante el cual una determinada especie da lugar a dos o más especies distintas, las cuales ya no se pueden reproducir entre ellas. A este proceso también se le conoce como cladogénesis, y puede suceder debido a aislamiento geográfico —especiación alopátrica—, en la misma región —especiación simpátrica— o en regiones adyacentes —especiación parapátrica—. En un inicio hay una sola especie y al paso de millones de años esa especie se convierte en dos.

Pongamos como ejemplo una especie la cual de pronto se separa en dos poblaciones debido a la aparición de una barrera geográfica, como una montaña. Imaginemos que algunos individuos quedan atrapados de un lado de la montaña, viviendo en un clima húmedo y cálido, tipo selva tropical. También imaginemos que aquellos que quedaron del otro lado de la montaña gozan de un clima seco y extremoso, tipo desierto. Tengamos en mente que es necesario que transcurra mucho tiempo, millones de años, antes de que las dos poblaciones se conviertan en dos especies distintas, incapaces de entrecruzarse.

Cada una de las poblaciones deberá adaptarse a su medio ambiente: en el lado cálido se seleccionarán de manera natural aquellos mejor adaptados a la selva y en el lado seco se seleccionarán los mejor adaptados al desierto. Quizá suceda que en el lado cálido de la montaña sobrevivan y se reproduzcan más los individuos grandes en tamaño, quienes lograrían alimentarse de ciertas plantas y tener vida diurna. Por otro lado, en la zona seca, quizá puedan sobrevivir y reproducirse más los pequeños, alimentándose posiblemente de insectos y teniendo vida nocturna. Las diferencias van a dar como resultado, después de mucho tiempo, la deriva génica: la frecuencia de ciertos genes será distinta para cada una de las poblaciones.

En nuestro ejemplo hipotético, los individuos del lado cálido tendrán con mayor frecuencia genes que los hagan ser grandes de tamaño, tener dientes que les permitan ser herbívoros y sistemas digestivos para digerir las plantas. Los del lado seco tendrán con mayor frecuencia genes que les permitan ser pequeños, ser carnívoros y tener vista nocturna.



Especiación. Especie ancestral que, debido al aislamiento geográfico de dos poblaciones, mutaciones genéticas y selección natural, evoluciona con el tiempo en dos especies distintas.

Con el paso del tiempo las dos especies no solo tendrán distinto comportamiento, sino también diferencias en su aspecto físico o fenotipo. Si agregamos la posibilidad de que cada una de las poblaciones puede sufrir mutaciones, se incrementarán las diferencias aún más y disminuirá la posibilidad de que se reproduzcan entre sí si en el futuro se llegaran a ubicar en el mismo territorio.

El caso de las cebras de Grevy y de Burchell es un ejemplo real de especiación alopátrica. Una población original de equinos, separada en dos, resultó en dos poblaciones aisladas reproductivamente una de la otra. En lugar de la especie ancestral hoy existen dos especies de cebras descendientes: las de Grevy al norte, en Kenia y Etiopía, y las de Burchell al sur, en Botswana y Namibia.

Otro ejemplo es la evolución de los chimpancés en el este de África. Hace dos millones de años apareció el río Congo, dividiendo en dos el territorio que estos primates poblaban. Al sur del río quedaron los antepasados de los actuales bonobos y al norte quedaron los antepasados de los que conocemos como chimpancés, que nunca se volvieron a cruzar y hoy son dos especies distintas.

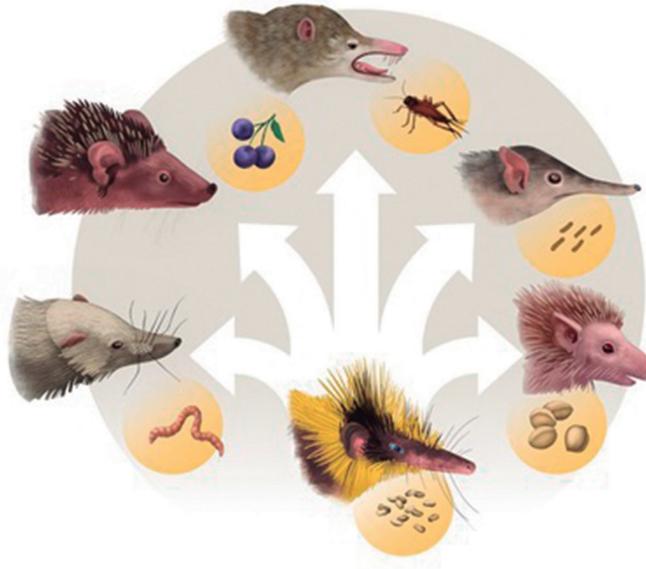
También puede suceder, aunque con poca frecuencia, que una especie diverja con el tiempo hasta convertirse en otra especie con aspecto diferente y distinta conducta. Esto se conoce como evolución filética o anagénesis. En todo momento en el tiempo existe una única especie, nunca dos, pero esa única especie sufre cambios, va evolucionando. Un ejemplo de anagénesis es el caso del caballo. Se conoce al detalle su evolución desde el primer ancestro, hace 60 millones de años, de tamaño pequeño y con 5 dedos en las patas, hasta el caballo actual, grande y con pezuñas.

Es interesante pensar que aun cuando el libro más famoso de Darwin se titula *El origen de las especies*, él nunca explicó cómo una especie se separa para convertirse en dos o más especies nuevas. Un título más apropiado pudo haber sido *El origen de las adaptaciones*, pues su libro se dedica a discutir cómo una especie evoluciona con el tiempo debido a sus adaptaciones al medio ambiente. El problema de especiación es básico para explicar la biodiversidad existente. Todas las diferentes especies vivas y extintas descienden de un ancestro común único. Si se quiere explicar la biodiversidad, es necesario explicar cómo surgen rasgos nuevos, cómo surgen nuevas especies. Si la especiación no hubiera ocurrido, lo único que existiría en la actualidad sería un solo tipo de individuos cambiando con el tiempo debido a la selección natural¹.

¹ Coyne, J. (2010), p. 170.

Radiación adaptativa

Un proceso particular que permite la diversificación de especies a partir de una especie ancestral es la radiación adaptativa. Ocurre cuando una especie se introduce en un ecosistema nuevo, donde existen muchos espacios o nichos ecológicos por llenar. El hecho de que la especie original se ubique, reproduzca y sobreviva en distintos medios, todos ellos nuevos para la especie, permite la especiación. Aparecen organismos de diferente fenotipo, en cada nicho ocupado, producto de la interacción de sus genes y el medio ambiente nuevo donde se encuentran. Los cambios que sufre la especie son las adaptaciones a esos nichos una vez llenos.



Radiación adaptativa. Ejemplo de los tenrecs de Madagascar, que evolucionaron en especies diferentes debido a que llenaron nichos ecológicos muy diversos.

Un ejemplo ilustrando el fenómeno es el de los mamíferos de Madagascar llamados tenrecs. Existen alrededor de 30 especies distintas y son parientes lejanos de las musarañas de África central. Se cree que el ancestro común de todas las especies actuales llegó a Madagascar hace alrededor de 60 a 70 millones de años, cerca en el tiempo de cuando desaparecieron los dinosaurios y cuando la evolución de los mamíferos estaba en sus etapas iniciales. Madagascar contaba

con muy pocos linajes de mamíferos evolucionando ahí; solo había lémures, algunos roedores y los ancestros de los hipopótamos pigmeos. Los tenrecs se multiplicaron, se extendieron por la isla y se apropiaron de la selva en la falda oriental de Madagascar. Divergieron de la especie original. Como no había depredadores grandes, fueron muy exitosos en su especiación.

Tiempo, mucho tiempo, millones de años

Así tenemos que los mecanismos anteriores, operando de manera simultánea, dan como resultado la evolución, solo si se cuenta con el tiempo necesario².

Durante milenios, lo que se sabía del origen de la Tierra era lo narrado por las religiones. Todas ellas ofrecían fechas arbitrarias y erróneas. ¡Ninguna le atinó! A Darwin le preocupaba la edad del planeta, pues si este no tenía la antigüedad suficiente, la evolución, como él la pensaba, no podía haber actuado y su teoría se derrumbaba.

La estimación actual de la edad de la Tierra es de 4.567 millones de años, estimación hecha hasta la segunda mitad del siglo XX. Antes de esto hubo muchos intentos de cálculo. En 1650 el arzobispo irlandés James Ussher publicó un tratado de 2.000 páginas basándose en el Antiguo Testamento, donde llegó a la conclusión que la Tierra fue creada la noche del 22 de octubre del año 4004 antes de la era común.

Por su parte, James Hutton, geólogo de origen irlandés, fue uno de los primeros individuos en observar que las formaciones geológicas eran el resultado de depósitos de sedimentos, de una capa sobre otra, y que enormes fuerzas movían montañas y valles de lugar, requiriendo grandes intervalos de tiempo. En 1795, publicó un libro donde concluía que no había «vestigios de un principio ni prospecto de un final». Su imagen de la inmensidad del tiempo geológico conmocionó al siglo XVIII.

En 1862, el famoso Lord Kelvin, conocido por determinar el valor de la temperatura mínima posible, publicó que la Tierra debía tener entre 20 y 400 millones de años. Su estimación se basó en calcular cuánto tiempo le tomaría a un planeta incandescente del tamaño de la Tierra para enfriarse hasta llegar a la temperatura de la superficie del nuestro. Su cálculo estuvo equivocado, pues

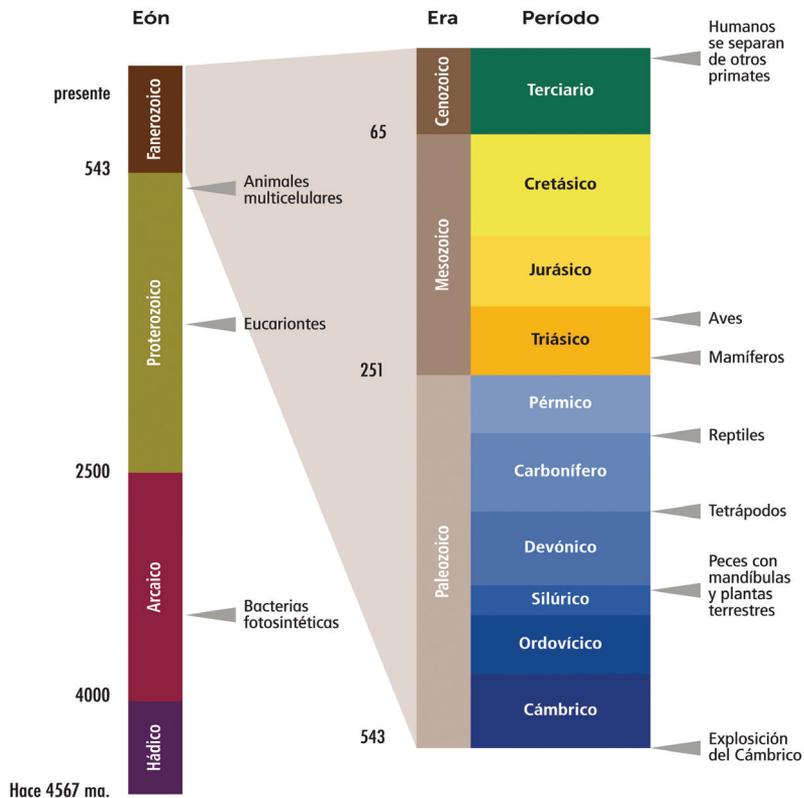
² En el capítulo «Evidencias de la evolución sucediendo en tiempos modernos» discutimos casos excepcionales donde se puede apreciar la evolución sucediendo en intervalos cortos de tiempo.

desconocía la radioactividad y, por lo tanto, también la existencia de elementos radioactivos en el interior de la Tierra, responsables de que el planeta tenga una fuente de calor adicional al Sol y se mantenga caliente. Con el descubrimiento de los elementos radioactivos y el desarrollo de tecnología para medir la velocidad de decaimiento de ellos, Clair Patterson pudo calcular la edad más acertada de la Tierra.

Su intención original era ubicar las rocas más antiguas del planeta y, conociendo la vida media del uranio que decae en plomo, podría medir la proporción de estos elementos dentro de las rocas y calcular la edad de las mismas. El problema se complicó, pues no le fue fácil ubicar rocas de la edad de la Tierra. De ahí le surgió la idea de utilizar meteoritos que cumplen con esa condición, ya que se formaron al mismo tiempo que nuestro sistema solar. En 1953, analizando un fragmento del meteorito Cañón del Diablo que cayó en Arizona hace 50.000 años, Patterson llegó a estimar la edad del planeta entre 4.510 y 4.560 millones de años.

Nos es imposible imaginar el significado de 1 millón de años o 1000 millones de años. En realidad, uno no tiene idea de tal magnitud de tiempo. Podemos imaginar 10 años, 100 años, hasta 1.000 años quizá, pero pensar en cuánto tiempo significa 100.000 años nos cuesta mucho trabajo. Sin embargo, esa es la escala de tiempo en la que la evolución actúa.

Como marco de referencia, la edad del planeta aceptada al día de hoy —4.567 millones de años— se ha dividido en distintos eones, eras y períodos geológicos, basándose en eventos relevantes como la aparición de ciertos organismos o la extinción de otros. Los eventos coinciden con cambios en las capas de rocas sedimentarias de la corteza terrestre. Las fechas no deben ser tomadas al pie de la letra: no se debe pensar que las especies aparecieron un buen día en el registro de fósiles, a partir de la nada. La aparición es gradual: las aves y los mamíferos evolucionaron poco a poco a partir de los reptiles. La fecha de aparición de un grupo, por ejemplo, el de las aves, es por completo arbitraria. Solo quiere decir que a partir de ese momento se empieza a etiquetar a ciertas especies como aves y antes de ese momento se etiquetaban como reptiles.



Eones, eras y períodos en los que se divide el tiempo que ha transcurrido desde que se formó la Tierra.

Los 4.567 millones de años de la edad de la Tierra se suelen dividir en 4 grandes eones:

- Hádico: desde la formación de la Tierra hasta hace 4.000 millones de años. Intervalo de tiempo durante el cual la principal característica es la carencia de vida en el planeta.

- Arcaico: desde hace 4.000 millones de años hasta hace 2.500 millones de años. Durante este eón aparecen las primeras evidencias de vida primitiva, como los procariontes —organismos unicelulares sin núcleo— y las bacterias fotosintéticas o cianobacterias.
- Proterozoico: desde hace 2.500 millones de años hasta hace 543 millones de años, cuando aparecen los eucariontes —organismos unicelulares con núcleo— y los primeros organismos multicelulares.
- Fanerozoico: desde hace 543 millones de años hasta la fecha, etapa que se distingue por la aparición de animales con caparazón y una diversidad enorme de especies. A su vez, el Fanerozoico se divide en tres eras:
 - Paleozoico: desde hace 543 millones de años, cuando sucede la explosión de vida conocida como del Cámbrico, hasta hace 251 millones de años, cuando sucede la gran extinción del Pérmico.
 - Mesozoico: desde la extinción del Pérmico hasta hace 65 millones de años, cuando se extinguen los dinosaurios.
 - Cenozoico: desde la extinción de los dinosaurios hasta nuestros días. Era conocida como la de los mamíferos.

