

Biodiversidad y ciencia

Esta sección Biodiversidad y Ciencia de *Sanando la Tierra* te inicia en el camino de responder las preguntas planteadas al final del estudio de caso:

- ¿Por qué es importante la biodiversidad y cómo surgió?
- ¿Cuáles son las principales formas de biodiversidad en la Tierra y por qué están disminuyendo?

Más de 3.6 billones de años de evolución biológica han resultado en la enorme variedad de magníficas formas de vida del planeta. Esta es la biodiversidad de la Tierra. Los humanos, como todos los demás organismos, dependen de todas estas formas de vida para su existencia. Irónicamente, la existencia misma de esta variedad biológica tan necesaria ahora está amenazada y en peligro de extinción debido a las actividades humanas en los últimos 200 años.

¿Qué es la biodiversidad y por qué es importante?

Biodiversidad es la forma abreviada de la expresión “diversidad biológica”. En sus términos más sencillos, la biodiversidad es la variedad de vida en el mundo o en un hábitat o ecosistema concreto. Más concretamente, la biodiversidad indica la diversidad de especies, poblaciones y comunidades de un ecosistema. La biodiversidad es un término relativamente reciente en la ciencia, que recién comenzó a usarse de manera común en los años ochenta. Desde entonces, se ha convertido en uno de los conceptos más importantes en la ciencia ambiental.

El número total de especies presentes en la Tierra ha aumentado con el tiempo, pero esto ha estado marcado por seis periodos de extinción masiva y eventos de extinción periódicos menores (Figura 1).

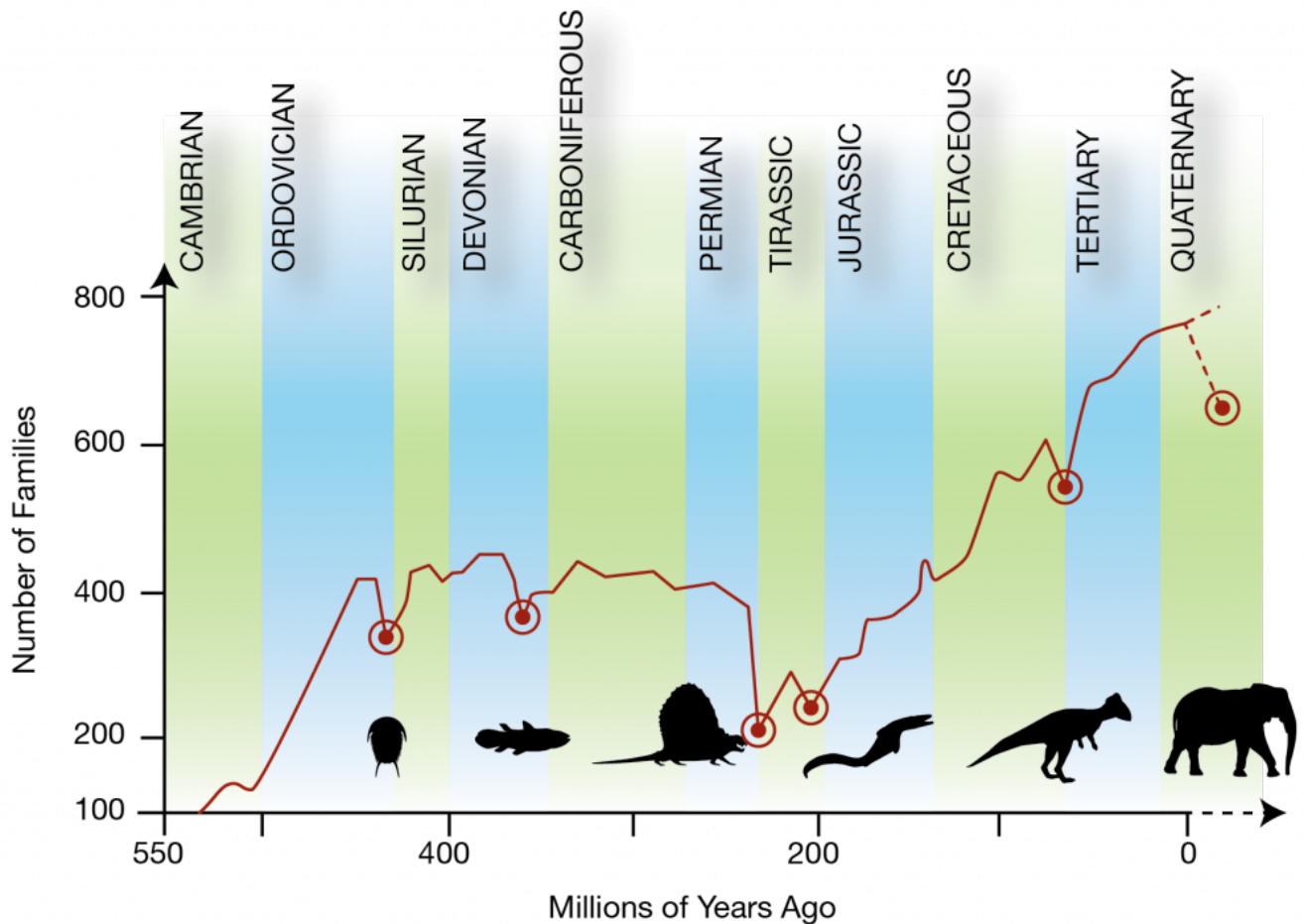


Figura 1. Patrón de cambio en el número de familias (grupos de géneros relacionados) en los últimos 550 millones de años, con eventos de extinción masiva indicados por los seis círculos concéntricos.[efn_note]Credit: Margaret Wilson[/efn_note]

De una única especie que surgió hace más de 3.600 millones de años, se estima que 8.7 millones de especies han evolucionado para poblar el planeta en la actualidad.¹ De estos, sólo dos millones (14% de especies terrestres y 9% de los que provienen de ambientes marinos) han sido descritos y clasificados por científicos. Esta tremenda cantidad y variedad de especies que existen en el planeta se conoce como diversidad biológica o biodiversidad.

El término biodiversidad puede aplicarse a la diversidad en todos los niveles de organización biológica: la diversidad entre individuos dentro de una especie en particular (diversidad genética), la diversidad de especies en un ecosistema y la diversidad de ecosistemas en la Tierra. Se aplica a entornos terrestres, acuáticos (de agua dulce y marinos) y atmosféricos, incluidos los que surgen de modificaciones humanas extensas, tales como paisajes agrícolas y áreas urbanas.

En la sección de Biodiversidad y Ética, aprenderás que la biodiversidad tiene un “valor intrínseco”. Aquí, ves una razón para ese valor: los servicios indispensables que la biodiversidad brinda para la vida en la Tierra.

Los beneficios de la biodiversidad

El “valor” de una especie a menudo está determinado por el grado en que beneficia a los humanos. Estos incluyen beneficios tangibles, como alimentos, materiales de construcción y medicamentos, y beneficios indirectos, como el enriquecimiento estético, espiritual y cultural. Sin embargo, es muy valioso el papel que desempeña la biodiversidad en la estructura y función de los ecosistemas de los que depende *toda* la vida. Es vital que se mantengan las interconexiones frágiles entre las especies de todo tipo. La biodiversidad lo hace posible.

Esto es cierto incluso para los procesos biológicos más discretos. Mientras que los organismos que se pueden ver a simple vista obtienen la mayor atención, los que sólo son visibles con un microscopio son extremadamente importantes para la vida en la Tierra.

La fotosíntesis por microalgas en los océanos y sistemas de agua dulce, por ejemplo, representa entre 45 – 80% del oxígeno en la atmósfera. Los procesos críticos de los ecosistemas, tales como el ciclo del nitrógeno y la descomposición no serían posibles sin bacterias microscópicas y hongos. Con el desarrollo de nuevas técnicas en genética molecular, los científicos han comenzado recientemente a apreciar la vasta diversidad genética de estos grupos de organismos microscópicos y están comenzando a descubrir su importancia para asegurar el funcionamiento apropiado de los ecosistemas.

Mira este video sobre [el ciclo de nitrógeno](#).

Todas las especies contribuyen a la estructura y funcionamiento del ecosistema de distintas maneras, pero han evolucionado conjuntamente en una relación de interdependencia. A menudo, la pérdida de una sola especie puede tener un efecto dramático en todo un ecosistema. Estas especies se conocen como especies clave porque son fundamentales para mantener el equilibrio global del ecosistema.

Las nutrias marinas son un excelente ejemplo de una especie clave. Frente a las costas del centro de California, cuando las poblaciones de nutrias marinas están sanas, florecen los exuberantes bosques de algas marinas y soportan una red alimentaria diversa y compleja. Sin embargo, cuando se extraen las nutrias marinas, las poblaciones de erizos de mar, su presa favorita, se expanden a densidades muy altas, consumiendo las algas marinas y creando ‘páramos de erizos’ (ver Figura 2). La pérdida de exuberantes bosques de algas causa que poblaciones de especies que dependen directa o indirectamente de ellas entren en un desequilibrio y finalmente colapsen, reduciendo la salud y la estabilidad.

Más adelante en este capítulo aprenderás, en la sección de Biodiversidad y Espiritualidad, que muchas religiones del mundo ven la interdependencia de las especies como una cualidad sagrada.

Otra forma en que la biodiversidad ayuda a un ecosistema es a través de la resiliencia. Cuanto más diverso sea orgánicamente un ecosistema, más resistente será a los disturbios como las sequías, las inundaciones, las tormentas o las explosiones de población de insectos. La biodiversidad aumenta la capacidad de un ecosistema para recuperarse de un disturbio al aumentar las posibilidades de que una

amenaza para una especie se pueda compensar con la resistencia de otra.

Mira este [video](#) del Stockholm Resilience Centre para aprender más sobre resiliencia.

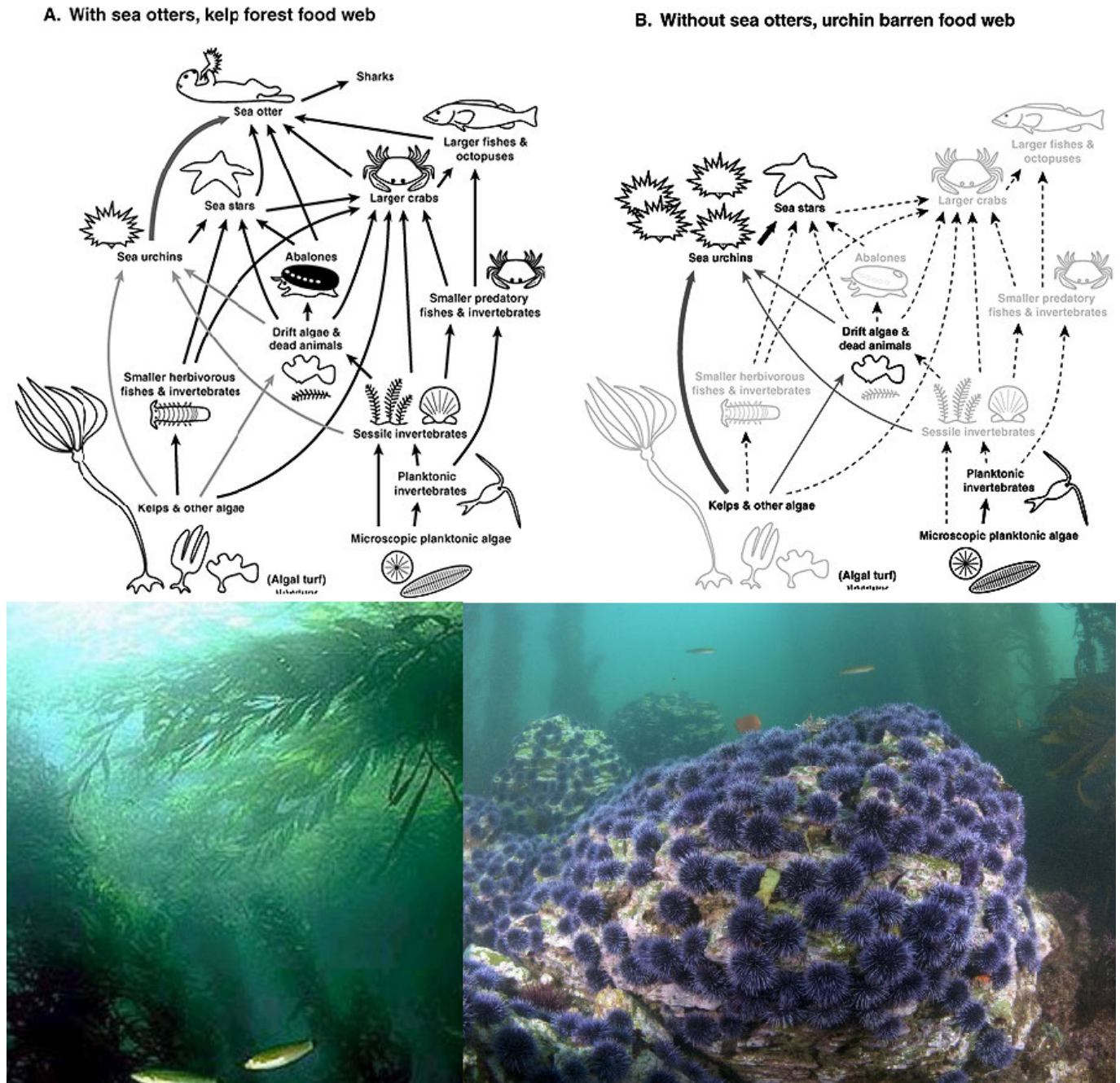


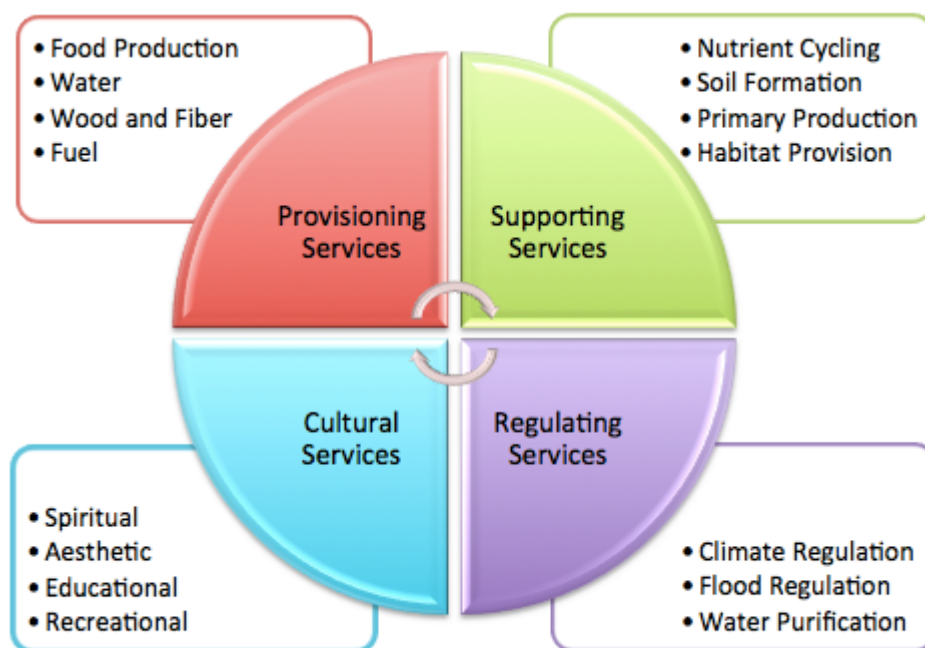
Figura 2. Reducción de la diversidad y la complejidad de la red alimentaria tras la eliminación de las nutrias marinas, un depredador clave en las comunidades submareales. Las flechas indican la dirección y cantidad de nutrientes y el flujo de energía; las flechas punteadas indican un flujo mínimo de energía/nutrientes. Los organismos de color gris claro indican poblaciones pequeñas/inestables.[efn_note] 1. Credit: Brumbaugh, DR, T Agardy, and F Staub. Introduction to Marine Conservation Biology: Trophic Interactions in a Marine Community (Exercise solutions). Network for Conservation Educators and Practitioners, American Museum of Natural History. 2. Kelp forest by Kip Evans - Published by National

Oceanic and Atmospheric Administration at <http://www.photolib.noaa.gov/nurp/nur03505.htm> Licensed under Public domain via Wikimedia Commons - 3. Credit: Ocean Defenders Alliance Sources: 1. <http://ncep.amnh.org/> 2. http://en.wikipedia.org/wiki/Kelp_forest#mediaviewer/File:Kelp_forest.jpg 3. <http://mission-blue.org/2013/11/ghost-gear-a-scary-matter/>[/efn_note]

Servicios del ecosistema

Sin biodiversidad, las propiedades y los procesos de la Tierra de los que depende la vida humana y no humana no existirían. Los científicos identifican varios beneficios fundamentales de la biodiversidad para la vida en la Tierra. Desde el Informe de Evaluación de Ecosistemas del Milenio (MEA), de 2005, estos beneficios han sido comúnmente denominados como "servicios del ecosistema". En el documento MEA *Ecosystems and Human Well-Being: Síntesis*, estos servicios se dividen en cuatro categorías: servicios de aprovisionamiento, servicios de apoyo, servicios culturales y servicios de regulación (Figura 3).

Lee más sobre [los servicios ecosistémicos](#)



Source: Millenium Ecosystem Assessment, 2005.

Figura 3. Servicios del ecosistema: los cuatro tipos de servicios que proporcionan los ecosistemas para respaldar la vida y el bienestar de las personas incluyen servicios de provisión, de apoyo, culturales y normativos.[efn_note]Source: Millenium Ecosystem Assessment 2005[/efn_note]

Los servicios de aprovisionamiento suministran bienes que benefician directamente a las personas, como alimentos, madera, plantas medicinales y agua dulce. Los servicios de soporte son procesos de la naturaleza esenciales para el funcionamiento del ecosistema en su conjunto. Estos incluyen la formación

de suelos y el ciclo de nutrientes. Los servicios culturales son las contribuciones educativas, recreativas, estéticas y espirituales que la naturaleza hace a la riqueza de la vida humana. Los servicios de regulación son la gama de funciones llevadas a cabo por los ecosistemas que modulan el clima, descomponen residuos, filtran y riegan, y polinizan las plantas.

Los humanos son intrínsecamente dependientes de la naturaleza. El mantenimiento de la salud de los ecosistemas es esencial para garantizar un suministro continuo de servicios del ecosistema.

La naturaleza tiene un valor instrumental para la vida humana. Sin embargo, al “usar” la naturaleza debemos respetar su sostenibilidad. Este tema se trata en la sección de Biodiversidad y Ética a continuación.

¿Cómo se originó la biodiversidad?

La rica diversidad de la vida en la Tierra ha surgido del proceso de evolución, definido como el cambio sucesivo en los rasgos heredados y las adaptaciones de las poblaciones biológicas de los organismos a lo largo del tiempo. Los principales responsables son dos procesos, la mutación y la selección natural, que actúan sobre un patrón de cambio ambiental, algunos de los cuales son causados por la evolución de la vida misma.

Imagina las interconexiones que hacen posible tu vida cotidiana: las que ves, como las relaciones con familiares y amigos, y las que no puedes ver, como las personas en la planta de energía que proporciona luz a tu habitación o las personas que limpiaron la calle que tomas para ir a la escuela. Ahora visita un ecosistema natural en tu comunidad, como un parque, un lote vacío cubierto de plantas, un arroyo o un río, o un estanque o un lago.

- ¿Cuáles son las interconexiones en este ecosistema natural que hacen la vida posible?
- ¿Qué interconexiones ves?
- ¿Cuáles sabes que están allí, pero no puedes verlas?

Mutaciones

Las mutaciones son cambios en los genes que codifican diferentes rasgos, a veces dando como resultado una variación física diferente de ese rasgo. Las mutaciones, por lo tanto, son la fuente original de variación en los atributos entre los individuos y, por tanto, son la causa básica de la diversidad genética.

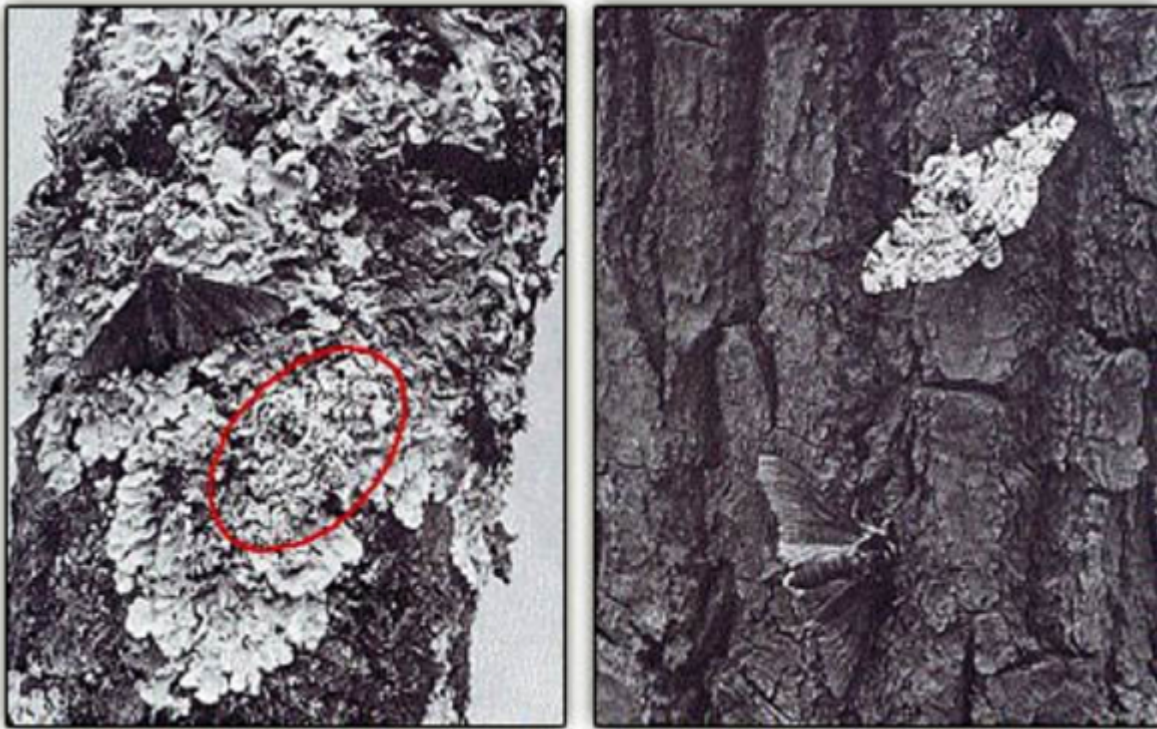


Figura 4. Diferencias específicas del hábitat favorables para diferentes formas de color en polillas moteadas. Observa a la polilla con un círculo en rojo en el panel de la izquierda.

[efn_note] Kimball's Biology Pages © John W. Kimball, distributed under a Creative Commons Attribution 3.0 Unported (CC BY 3.0) license and made possible by funding from The Saylor Foundation Source: <http://sisu.typepad.com/sisu/pepperedmothslichen.jpg> [/efn_note]

Dichos cambios pueden ser beneficiosos o perjudiciales, o puede no tener influencia sobre la supervivencia, dependiendo del entorno. Por ejemplo, una mutación en la polilla moteada de color blanco de Inglaterra produjo una forma de color oscuro que es fácilmente vista por los depredadores en la corteza cubierta de líquenes de color claro, pero puede estar bien camuflada en árboles con corteza más oscura (Figura 4). Durante la Revolución Industrial, cuando el carbón se quemaba como combustible en los hogares e industrias de Londres, el hollín en el aire mataba a los líquenes en la corteza, por lo que la polilla moteada se volvió vulnerable a la depredación de las aves, mientras que el mutante de color oscuro tuvo una ventaja competitiva en el nuevo entorno.

Selección natural

Como consecuencia de la diversidad genética, los miembros de una especie determinada difieren entre sí en sus rasgos físicos (fenotipo). Es esta variación en el fenotipo dentro de las especies lo que permite la ocurrencia de la selección natural, un mecanismo de evolución postulado por Charles Darwin en su [libro](#) *On the Origin of Species: By Means of Natural Selection* (publicado por primera vez en 1859).

Las poblaciones siempre están compuestas por individuos de una especie que difieren ligeramente en atributos físicos. Algunos rasgos que poseen ciertos individuos se adecuarán mejor a un conjunto dado de condiciones ambientales que otros. Los individuos con rasgos favorables, conocidas como adaptaciones, tienen más probabilidades de sobrevivir, reproducirse y transmitir sus genes a sus descendientes. A lo

largo de muchas generaciones, el porcentaje de individuos con rasgos adaptativos aumenta, lo que adapta a toda la población a un hábitat dado. Por tanto, la selección natural opera sobre la variación genética natural dentro de una población, seleccionando los rasgos que se adaptan mejor a las presiones ambientales de ese hábitat.



Figura 5. Ejemplos de coloración de camuflaje: a. Mariposa Brimstone (Hoja viva), b. Mariposa hoja muerta, c. Pez murciélago, d. Avetoro americano.[efn_note] a. Credit: Remy Snippe b. Credit: User Quartl/CC BY-SA 3.0 c. By Gilles San Martin (Own work) CC-BY-SA-3.0 d. By Msmichellelynn (Own work) CC-BY-SA-3.0 Sources: a. https://www.flickr.com/photos/rs_snippe/6089795516/in/set-72157626768049897/ b. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kallima_inachus_qtl1.jpg c. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:20111103_162317_0722M.JPG d. http://commons.wikimedia.org/wiki/File:American_Bittern_8.jpg[/efn_note]

El camuflaje o la coloración críptica es un ejemplo de adaptación. A través del proceso de selección natural, muchas especies han desarrollado formas y coloraciones que proporcionan camuflaje, ya sea para ser menos visibles para sus depredadores o para su propia presa. Las mariposas de hoja son capaces de

ocultarse de los depredadores de aves debido a su parecido con una hoja (Figura 5). Las mariposas individuales que se parecen menos a una hoja son más propensas a ser devoradas por un pájaro que las que se camuflan de manera más efectiva. Con el tiempo, la selección natural reduce la variación entre los individuos para mantener un camuflaje efectivo.

Los factores ambientales que influyen en la supervivencia y el éxito reproductivo de individuos con diferentes fenotipos se llaman presión evolutiva. Estos pueden ser abióticos, como cambios en la temperatura ambiente o tipo de suelo, o biótico, como la depredación o la competencia entre individuos por recursos.

Las actividades humanas también pueden generar presiones evolutivas muy fuertes. Por ejemplo, el uso de pesticidas para controlar las plagas de los cultivos puede causar rápidamente que una especie de plaga desarrolle resistencia al pesticida. Esas pocas plagas individuales que, por casualidad, tienen genes que las hacen menos susceptibles a la toxina son las únicas que sobreviven y, por tanto, los únicos individuos que transmiten esos genes a su descendencia. Por tanto, a través del proceso de selección natural, la población desarrolla resistencia a ese pesticida.

Muchas veces, los cambios ambientales causados por los seres humanos pueden ser demasiado rápidos para permitir que las especies se adapten al entorno cambiante y pueden conducir a la extinción. Por ejemplo, la introducción accidental de la serpiente arbórea marrón por visitantes humanos en la isla pacífica de Guam a principios de la década de 1950 resultó en la extinción de más de 70% de las especies de aves nativas de la isla. Esto fue el resultado directo de la depredación. Muchas especies se han extinguido o están en peligro de extinción porque las presiones de las actividades humanas están alterando el hábitat más rápidamente de lo que las especies pueden adaptarse.

La extinción de especies es un problema que afecta el bien común. Este tema se trata en la sección de Biodiversidad y Ética a continuación.

Acontecimientos evolutivos importantes en la historia planetaria

La evolución de la vida en la Tierra se ha caracterizado por un aumento constante en el número de especies marcadas por eventos recurrentes y de extinción masiva que reducen en gran medida el número de especies (Figura 1). Estos patrones están influenciados por cambios biológicos en el ambiente, algunos de los cuales son causados por actividades de la vida misma. Esto incluye actividades humanas, la más devastadora hoy en día siendo la Antropoceno de Extinción Masiva, el suceso de extinción más grande de la historia (esto se trata más adelante). En los últimos 500 años, las actividades humanas han destruido 25% de todas las especies de mamíferos, con un tercio de todas las especies de vertebrados restantes amenazadas. Otras extinciones prehistóricas han sido causadas por el movimiento de masas de tierra a través de la deriva continental y tremendos impactos de meteoritos a la Tierra.

Lee más sobre [la extinción masiva del Antropoceno](#).

Quizá la innovación biológica más influyente que haya surgido desde que existió la vida fue la evolución de la fotosíntesis hace unos 3.400 millones de años. Mediante la utilización del abundante suministro de gas de bióxido de carbono (CO_2) en su entorno, las especies que pudieron realizar la fotosíntesis fueron capaces de aprovechar la energía abundante del Sol. Usaron esta energía para construir azúcar, misma que almacenó la energía en enlaces químicos para usar más adelante en la construcción de moléculas estructurales como carbohidratos, lípidos y proteínas que contribuyen a su crecimiento y reproducción. Curiosamente, el proceso de fotosíntesis produce oxígeno (O_2) como producto de desecho.

En más de dos mil millones de años, la actividad fotosintética de las plantas y las algas permitió que las concentraciones de O_2 aumentaran en la atmósfera y los océanos. Esto condujo a cambios evolutivos extremadamente importantes.

En primer lugar, permitió la formación de la capa de ozono (O_3) en la atmósfera superior, lo que impide que la dañina radiación ultravioleta (UV) llegue a la superficie de la Tierra. Esta protección UV permitió que las especies fotosintéticas vivieran en aguas menos profundas o más cerca de la superficie del océano donde tenían mejor acceso a la luz, suministrando más alimento a especies no fotosintéticas.

En segundo lugar, permitió la evolución del proceso bioquímico de respiración celular. A través de este proceso, el cual requiere de O_2 , un organismo aeróbico puede extraer 18 veces más energía química de una molécula de azúcar que las ancestrales formas de vida anaeróbicas anteriores. Esto aumentó la eficiencia energética posibilitó la evolución de formas de vida más complejas, que crecieron desde los primeros organismos unicelulares hasta organismos complejos con células que se diferenciaban para formar tejidos de diversas funciones, como músculo, hueso, nervio, piel, etcétera.

Los cambios en la orientación de las masas de tierra por la deriva continental han afectado fuertemente los patrones de cambio en la biodiversidad. Por ejemplo, la extinción masiva al final de la Era Pérmica, hace 250 millones de años, ocurrió en un momento en que las masas de tierra en la Tierra se unieron en un único "súper continente" llamado Pangea (Figura 6).

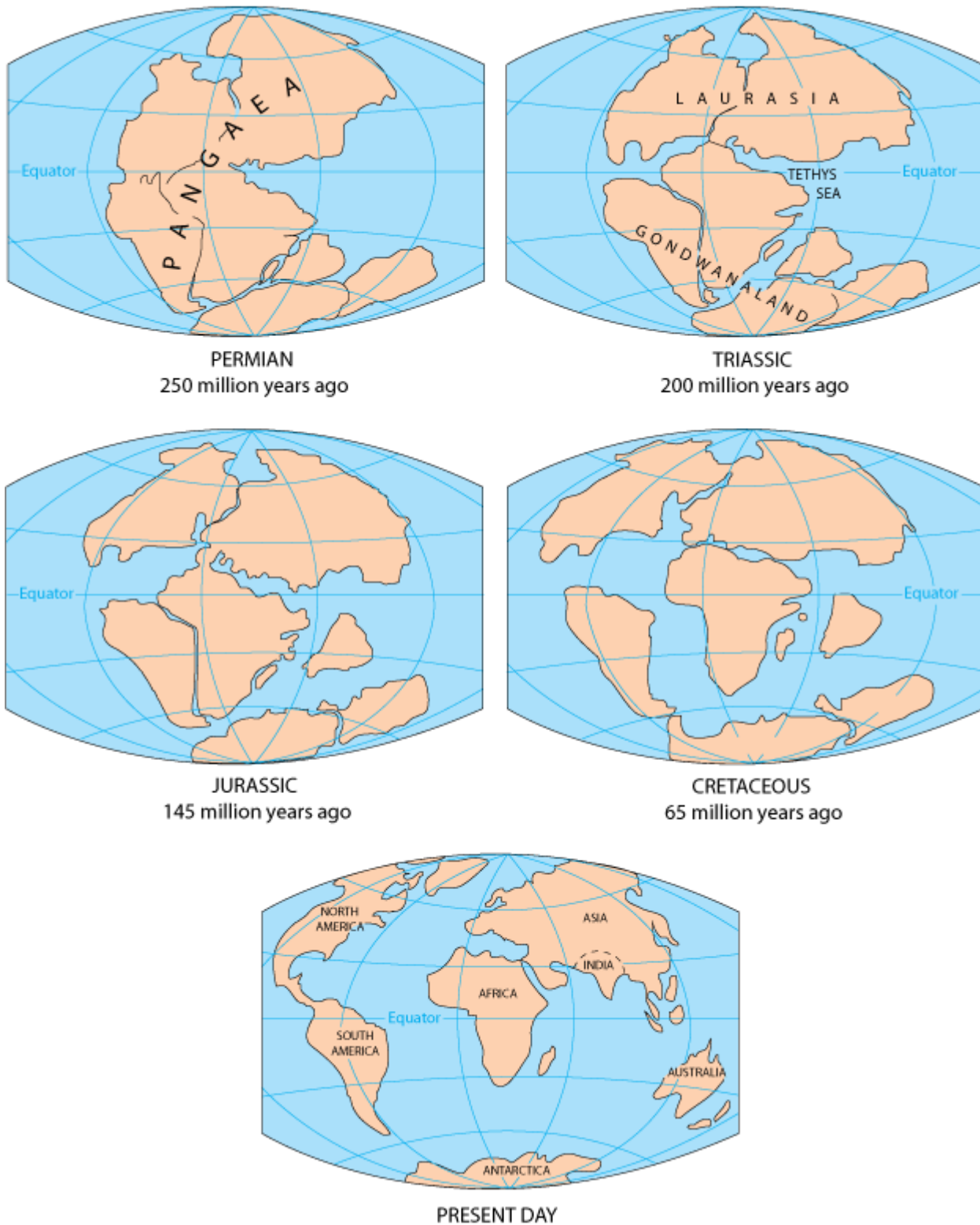


Figura 6. Distribución de masas de tierra en diferentes puntos en la historia de la Tierra.[efn_note]Pangaea Source: <http://pubs.usgs.gov/gip/dynamic/historical.html> [/efn_note]

Durante este tiempo, las masas de tierra conectadas se extendieron a los polos norte y sur, permitiendo la formación de casquetes polares. Al mismo tiempo, la extensa actividad volcánica en lo que es ahora **Siberia** (mapa #5) cubría vastas áreas del paisaje con flujos de lava. La evidencia también sugiere que la Tierra sufrió un gran impacto de meteorito en este momento.

Esta combinación de eventos catastróficos causó la extinción de más de 90% de las especies marinas y un

70% de las especies terrestres, la mayor pérdida de especies, en porcentaje, en la historia de la vida en la Tierra hasta ese momento.

Piensa en eso: toda la vida de hoy ha evolucionado a partir de aquellas especies que sobrevivieron a cada evento de extinción masiva. Si un conjunto diferente de especies hubiera sobrevivido a alguno de estos eventos evolutivos, la vida en la Tierra se vería muy diferente a la actual. Si alguno de estos eventos hubiera impulsado a la extinción al ancestro del cual los mamíferos finalmente descendieron, los humanos no existirían.

La superficie de la Tierra cambia constantemente a través de la deriva continental. [Mira](#) como la distribución de las masas de tierra ha cambiado en los últimos 260 millones de años.

Imagina las adaptaciones que quisieras en tu cuerpo y en tu comportamiento si vivieras al aire libre todo el año en un ambiente ártico con una temperatura promedio de -40 to 0°C (-40 a +32°F).

- ¿Preferirías ser alto y delgado, o bajo y robusto? ¿Por qué?
- ¿Preferirías una nariz grande o una nariz pequeña? ¿Por qué?
- ¿Preferirías pasar horas de lectura relajada o caminatas animadas? ¿Por qué?
- ¿Preferirías dormir solo o en grupo? ¿Por qué?

[Lee este](#) fascinante discusión sobre las adaptaciones físicas de la Gente tres tribus ya extinguidas que habitaban en Tierra del Fuego (selk'nam, yámana y kaweskar).