

Patricia Ercoli, María de los Ángeles Maidana

BIOLOGÍA V

EVOLUCIÓN: DIVERSIDAD Y CAMBIO



ÍNDICE

Capítulo 1. Viaje imaginario al pasado de la biodiversidad	11
Preparando el equipaje de saberes	11
Antes de aprender algo nuevo...	12
Propiedades emergentes de los seres vivos y la naturaleza	14
Todos para uno y uno para todos: los sistemas en la naturaleza	16
Para continuar ambientándonos: concepto de ambiente en la naturaleza	17
Cambia... todo cambia...: modificaciones en el ambiente	18
Relaciones entre los seres vivos y el ambiente	21
Noción de tiempo geológico	22
Breve historia de la biodiversidad	23
Bajo la lupa: evidencias de la evolución	23
El concepto de especie	25
Relaciones de parentesco entre las especies: ancestro común	26
Arbusto de la vida: representación de las relaciones de parentesco entre especies	27
“Es lo que hay”: adaptación y selección natural	28
Micro y macroevolución	31
Nociones básicas de genética: gen, alelos, mutación, ácidos nucleicos	31
Concluyendo la primera etapa de nuestro viaje	32
Capítulo 2. Caminos, atajos y senderos de la evolución humana	33
Antes de aprender algo nuevo...	33
Teorías y evidencias de la evolución del linaje humano	35
Somos mucho más que uno: la importancia de la mirada evolutiva	35
Paleodetectives: en busca de las evidencias de la evolución humana	36
Comunicar a través del arte rupestre	38
El lugar del hombre en el reino animal	39
Con ustedes: los primates	41
Los homínidos	42
Si de supervivencia se trata: adaptaciones	43
Señas particulares: bípedos	43
Aventuras y desventuras de la bipedestación	44
Asuntos de familia: el linaje homínido y la diversidad en el género Homo	45
Hipótesis sobre los orígenes del Homo sapiens	47
¡Al mundo! Expansión de los homínidos	48
Migraciones del Homo ergaster	48
Migraciones del Homo sapiens	50
Origen del hombre americano: poblamiento de América	50
Expansión del hombre en el planeta: el hombre como factor evolutivo	51
Evolución del cerebro humano: la cefalización en el mundo animal	53
Hominización y cerebralización: origen evolutivo del cerebro humano	54
Estructuras y funciones básicas del cerebro humano	56
Cambia... todo cambia...: evolución biológica y cultural	57
Uso del fuego: a las brasas	58

Caminante no hay camino, se hace camino al andar: determinismo biológico y relaciones entre genes y ambiente	59
Vida nómada y sedentarismo	60
Concluyendo esta escala en nuestro viaje evolutivo	61
Capítulo 3. Cambio evolutivo y el origen de las especies	62
Antes de aprender algo nuevo...	62
Somos tan distintos e iguales: variabilidad genética en las poblaciones	63
Variabilidad genética en poblaciones	65
¿Es posible cuantificar esa variabilidad?	66
Equilibrio de Hardy-Weinberg y evolución	66
Cambios en la estructura genética de las poblaciones: factores que modifican la variabilidad	67
Reproducción sexual cruzada	67
Flujo génico y migración	67
Selección natural	68
¿Qué es y qué no es una adaptación?	69
La adaptación bajo la lupa	70
Tipos de selección natural	71
Selección natural estabilizadora	71
Selección natural disruptiva	71
Selección natural direccional	72
Selección sexual	72
Selección artificial: el mejor amigo del hombre	74
Otro mecanismo para el cambio evolutivo: la deriva génica	75
Efecto fundador	75
Efecto cuello de botella	75
El origen de nuevas especies	76
Mecanismos de aislamiento reproductivo	77
Aislamiento ecológico	77
Aislamiento etológico o conductual	77
Aislamiento temporal	77
Aislamiento mecánico	77
Aislamiento gamético	77
Nace una especie: tipos de especiación	78
Especiación alopátrica	78
Especiación parapátrica	79
Especiación simpátrica	79
Especiación peripátrica	80
Especiación por poliploidía	80
El fin de una especie: las extinciones	81
Una gran oportunidad: radiación adaptativa de mamíferos	85
Desfile de modelos: teorías actuales de la evolución biológica	86
Otro punto de vista: la teoría neutralista	88
Recapitulando	88

Capítulo 4. Última escala: una mirada al microcosmos del cambio evolutivo.

Las bases genéticas de la evolución	89
Antes de aprender algo nuevo...	89
Descifrando el lenguaje de la vida	91
Similares y diferentes	93
¿Es copia fiel?	94
Central de copiado: la replicación del ADN	94
“Houston: tenemos un problema”: cambios en la información genética y errores de copiado	94
El papel de las mutaciones	95
Mutaciones génicas	96
Ni tan ventajosa, ni tan desventajosa... ..	96
Mutaciones cromosómicas	97
Mutaciones cromosómicas estructurales	97
Mutaciones cromosómicas numéricas	97
¿Patas en lugar de antenas? Mutaciones en genes reguladores	98
Agentes mutagénicos	100
Cáncer: desorden en la biblioteca	101
Fuentes de variabilidad genética	102
Bacterias superpoderosas	103
Cortar-Copiar-Pegar: cambios genéticos inducidos	103
¿Qué es un OMG?.....	104
Lo pedís... lo tenés... ¿cómo se obtiene un OMG?	105
Cultivos genéticamente modificados: controversia al plato	106
Modificación genética en humanos ¿Ficción o realidad cercana?	109
Bibliografía	111

CAPÍTULO 1

Viaje imaginario al pasado de la biodiversidad

PREPARANDO EL EQUIPAJE DE SABERES

En este libro, les proponemos hacer un viaje imaginario en el tiempo. Para ello, nos aproximaremos al trabajo que realizan los científicos. Ellos, a veces como detectives, otras como creativos, dotados de una gran imaginación, sumada a su idoneidad, logran abrir una pequeña ventana al pasado, y aportar una nueva pieza al rompecabezas de la vida. En ocasiones, se transforma en una aventura, a la manera de un “tour” que incluye varias excursiones: ambientes que hoy lucen de manera muy diferente que hace cientos de miles o millones de años, acceso a evidencias de formas de vida, entre las cuales muchas ya no existen, formulación de preguntas a hipótesis sobre la manera en la que ocurrieron y ocurren muchos de los cambios en la naturaleza, comprender el presente a partir de una mirada hacia la historia de la vida. Nosotros podemos aproximarnos humildemente a algunas de estas acciones para comprender el origen y evolución de nuestra especie y los mecanismos que intervienen en la evolución de toda la biodiversidad.



ANTES DE APRENDER ALGO NUEVO...

Para poder disfrutar de este viaje, es importante que averigüemos qué sabemos. Para eso realicen y compartan, con sus compañeros, esta actividad.

Actividades

Biodiversidad: origen y cambios

- 1 Observen y señalen cuál de los siguientes ambientes creen que fue el apropiado para el origen de la vida. Si consideran que pudo haberse originado en otro tipo de ambiente, dibújenlo.



- 2 ¿Cómo creen que fueron los primeros seres vivos que habitaron nuestro planeta? Dibujen y redacten una descripción de los mismos.
- 3 ¿Cuál o cuáles de las siguientes figuras creen que corresponden a un ser vivo? Márquenlas con una cruz (X) y expliquen qué características tienen en común los componentes de las figuras elegidas.



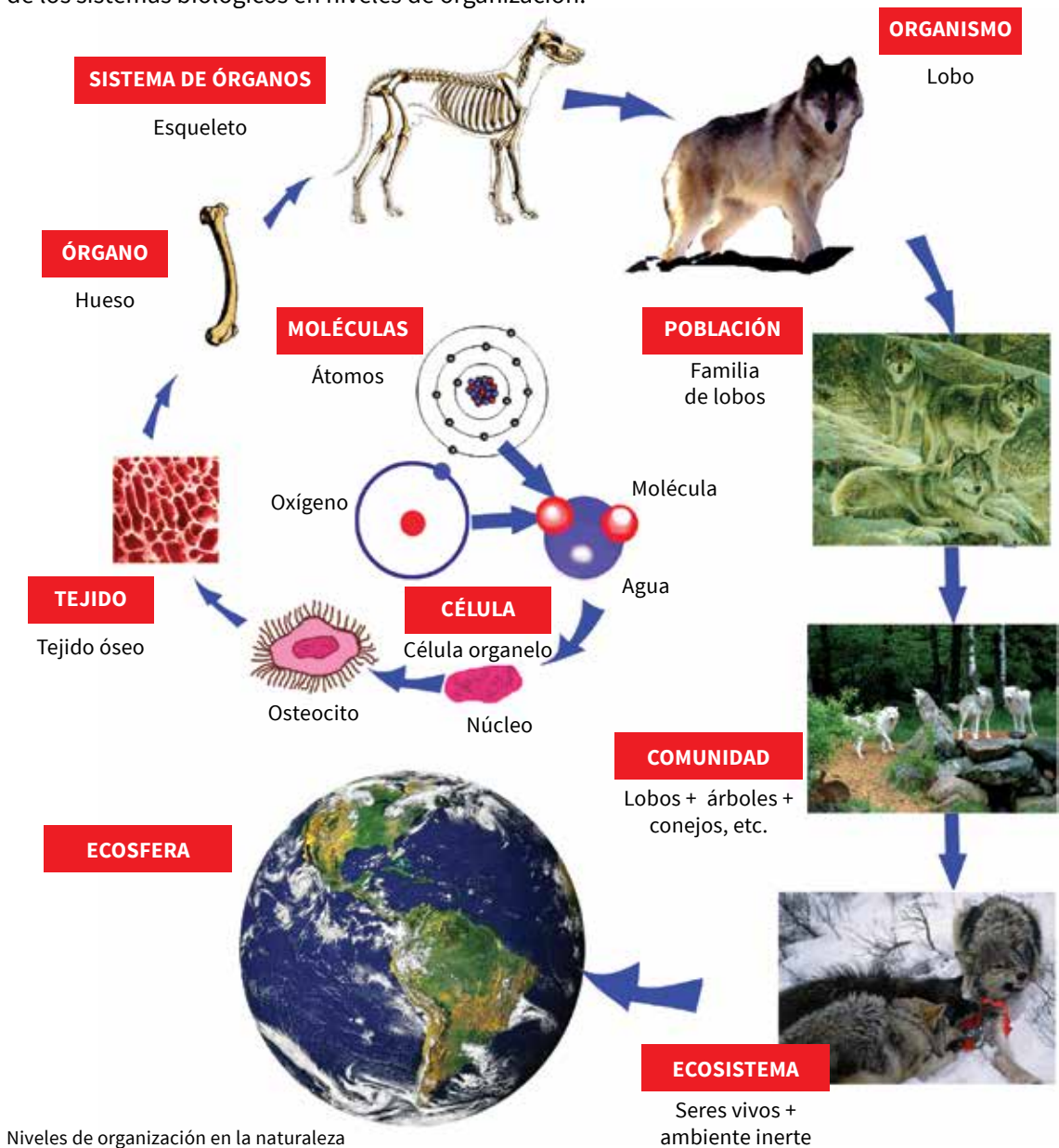
- 4 ¿Cuánto tiempo hace que existe cada uno de los representantes presentes en cada imagen?



PROPIEDADES EMERGENTES DE LOS SERES VIVOS Y LA NATURALEZA

Como ya lo hemos estudiado en años anteriores, la naturaleza puede considerarse una red compleja de interrelaciones entre una enorme cantidad y diversidad de estructuras que van, desde la más delicada y pequeñísima organización de las partículas subatómicas hasta los sistemas más extensos como los sistemas planetarios y las galaxias integrados en el Universo.

Para abordar tal cantidad de conocimientos y para preguntarse por aquello que aún no se conoce y comprende, los saberes se organizan en disciplinas científicas. La biología es una de ellas. Sin embargo, centrar la atención en la vida y sus manifestaciones resulta aún demasiado amplio para acceder a la comprensión de tanta diversidad biológica. Entre otras decisiones, los científicos han ordenado y sistematizado a la naturaleza para poder investigarla y han propuesto una clasificación de los sistemas biológicos en niveles de organización.





Estos niveles consideran tanto al mundo biológico como al inerte y pueden secuenciarse. Por ejemplo, según su complejidad, tal como se observa en la imagen. Todos y cada uno de estos niveles están presentes en el mundo biológico del que somos parte y ninguno de ellos resulta más importante que el resto.

Si prestamos atención a los sistemas biológicos en particular podemos preguntarnos: ¿por qué son tan diferentes un hongo, un microorganismo, un pino, una araña, una ballena, los humanos?, ¿por qué todos ellos, con sus diferencias, integran el grupo de los seres vivos y, por lo tanto, forman parte de la biodiversidad?, ¿qué características comparten? En principio, revisen sus respuestas de la actividad inicial y reelabórenlas luego de esta lectura.

Los sistemas biológicos poseen características particulares, que llamamos **propiedades emergentes**. Se las denomina así porque se aplican a diferentes niveles de organización, como los que mencionamos antes. Estas propiedades son:

- Están constituidos por células, en las que ocurren fenómenos fisicoquímicos complejos denominados **metabolismo**, regulados por el material genético (ácidos nucleicos) que se encuentra en su interior. Estas características corresponden al nivel de organización celular. Estos niveles de organización integran el **microcosmos**.
- A nivel organismo ocurren procesos de regulación e interacción entre cada sistema biológico y su entorno. Estos constituyen la homeostasis y, en ellos, está involucrada la sensibilidad, que les permite captar estímulos y reaccionar ante ellos. Podemos agrupar estos niveles con el nombre de **mesocosmos**.
- Si nos ubicamos en el nivel de las poblaciones, podemos afirmar que evolucionan, es decir, las especies biológicas son el resultado de cambios por los cuales, a partir de una especie preexistente se originan otras. Durante su existencia, en las poblaciones, pueden ocurrir procesos de adaptación a diversos ambientes, como consecuencia de la intervención del mecanismo de selección natural. Estas propiedades se refieren al **macrocosmos**.
- Todos los seres vivos tienen, potencialmente, la capacidad de reproducción, es decir, dejar descendientes fértiles, que transmiten características a las generaciones siguientes, a través de la herencia. Esta es una propiedad de las especies y hace posible su continuidad en el tiempo.

Vocabulario



Propiedades emergentes

Se trata de aquellas propiedades que son específicas de un nivel de organización.

Microcosmos

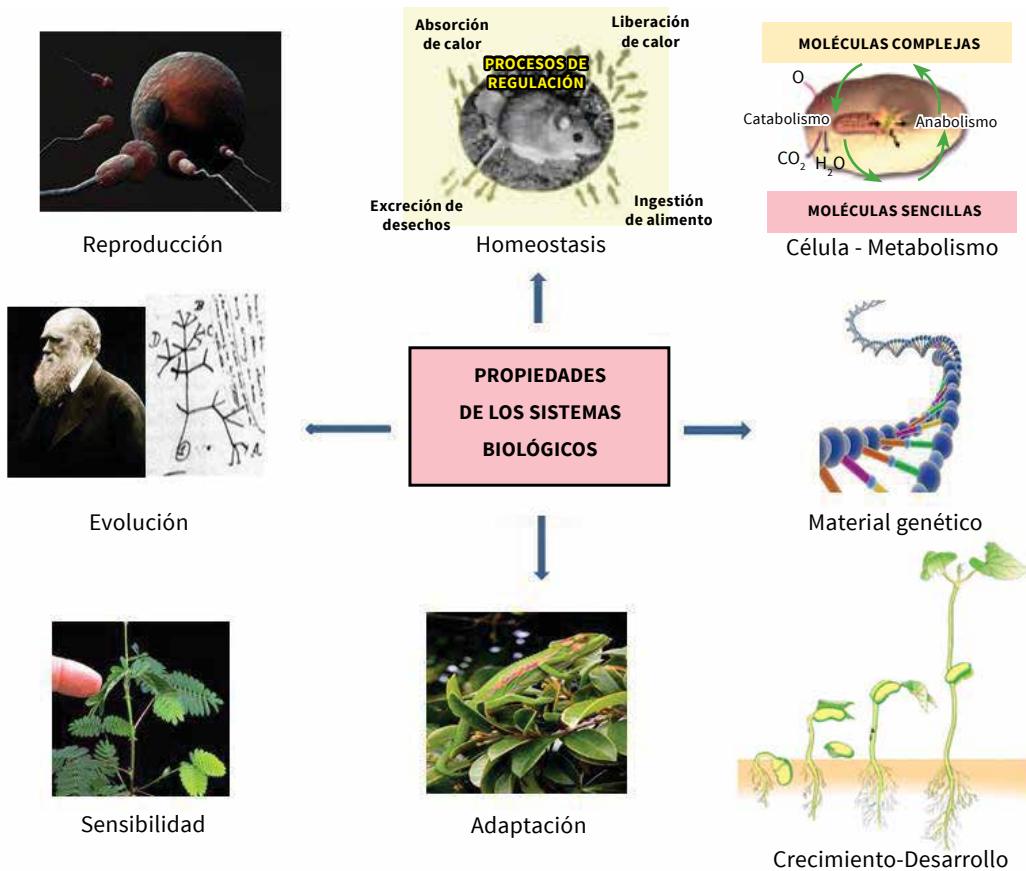
Incluye a los niveles de organización microscópicos, tales como átomos, moléculas, organelas, células y tejidos.

Mesocosmos

Se refiere a los niveles de organización: órganos, sistemas de órganos y organismos.

Macrocosmos

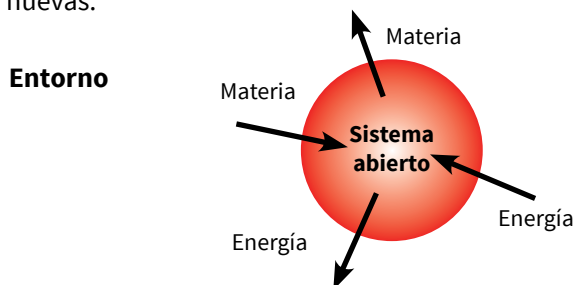
Incluye los niveles de organización que superan el nivel organismo. Por ejemplo, poblaciones y especies, ecosistemas y biósfera.



Propiedades de los sistemas biológicos

TODOS PARA UNO Y UNO PARA TODOS: LOS SISTEMAS EN LA NATURALEZA

En nuestro planeta, ocurren fenómenos físicos y químicos que involucran las interrelaciones entre la biodiversidad y el ambiente. Todos los seres vivos interactúan con el ambiente que los rodea. Así, es imposible concebir la idea de un ser vivo aislado del medio y a este último sin la presencia e intervenciones de los organismos. Estas interacciones nos llevan a recordar el concepto de sistema, es decir, un conjunto organizado en el que cada uno de sus componentes depende del resto. Un ejemplo de estas interacciones son, entre otras, las adaptaciones al medio, los comportamientos de organismos que integran una población, los cambios evolutivos, la extinción de especies y el origen de otras nuevas.



Representación de un sistema abierto en el que se observan intercambios de materia y energía con el ambiente

El túnel del tiempo



Erasístrato, en el siglo III a. C., fue uno de los primeros en considerar una visión global del organismo funcionando como unidad. Esto es con características propias de un sistema a pesar de que en su época no era esta la visión imperante sobre el cuerpo humano.

Cuvier, a fines del siglo XVIII y principios del siglo XIX, en su obra *Discurso sobre las revoluciones de la superficie del globo*, escribió: “Todo ser organizado forma un conjunto, un sistema único y cerrado, cuyas partes se corresponden mutuamente y concurren en la misma acción definitiva por una reacción recíproca. Ninguna de estas partes puede cambiar sin que las otras cambien también y, en consecuencia, cada una de ellas, tomada por separado, indica y proporciona todas las demás”.

PARA CONTINUAR AMBIENTÁNDONOS: CONCEPTO DE AMBIENTE EN LA NATURALEZA

En biología, muchas veces hablamos, leemos o escribimos sobre el ambiente. Sin embargo, no siempre nos referimos a la misma idea cuando usamos esta palabra. Incluso, la consideramos como sinónimo de otras, como espacio o entorno físico. Vamos a definir ambos conceptos. El **espacio** es el lugar donde se localizan los factores de un ecosistema y ocurren procesos, tales como las interrelaciones entre ellos. El **entorno físico** es el conjunto de factores abióticos, tales como el suelo, el agua, el aire, la luz, la gravedad, que se encuentran en un ambiente, en interrelación con los seres vivos.

El **ambiente** puede definirse de diferentes formas. Por ejemplo, si centramos nuestra atención en los organismos, es el conjunto de condiciones exteriores que para ellos tienen alguna relevancia. El ambiente, para los organismos, es una porción limitada de la Tierra, con una dinámica propia caracterizada por factores físicos, químicos y biológicos, que permiten distinguirlo de otros. Es producto de la interacción entre los seres vivos y estos factores. Incluye al entorno físico y a las comunidades biológicas que allí se encuentran.

Los ecosistemas suelen clasificarse, entre otros criterios, según el ambiente que predomina; por ejemplo, ecosistemas acuáticos, aeroterrestres.

Actividades

Poblaciones y ambiente

Observen la imagen y respondan:

- 1 ¿Qué factores o componentes del entorno físico reconocen?
- 2 ¿Qué poblaciones identifican?
- 3 ¿Pueden explicar una interacción entre la población que identificaron y su ambiente?



Cambia... todo cambia...: modificaciones en el ambiente

Según las explicaciones actuales en el campo de las Ciencias Naturales, una característica de la naturaleza es el cambio. El ambiente no es ajeno a ella. Las modificaciones pueden estudiarse a nivel local, por ejemplo:

- Crecida de un río o arroyo luego de una lluvia intensa
- Incendio en un monte o un bosque
- Sequía
- Erupción de un volcán

Otros cambios son de una gran magnitud y afectan extensas áreas, incluso continentes u océanos. Por ejemplo:

- Formación de cadenas montañosas (proceso conocido como **orogenia**)
- Terremoto
- Desertificación, por meteorización y erosión
- Cambios climáticos producidos, por ejemplo por la corriente del El Niño

Algunos cambios afectan a nivel planetario. Por ejemplo:

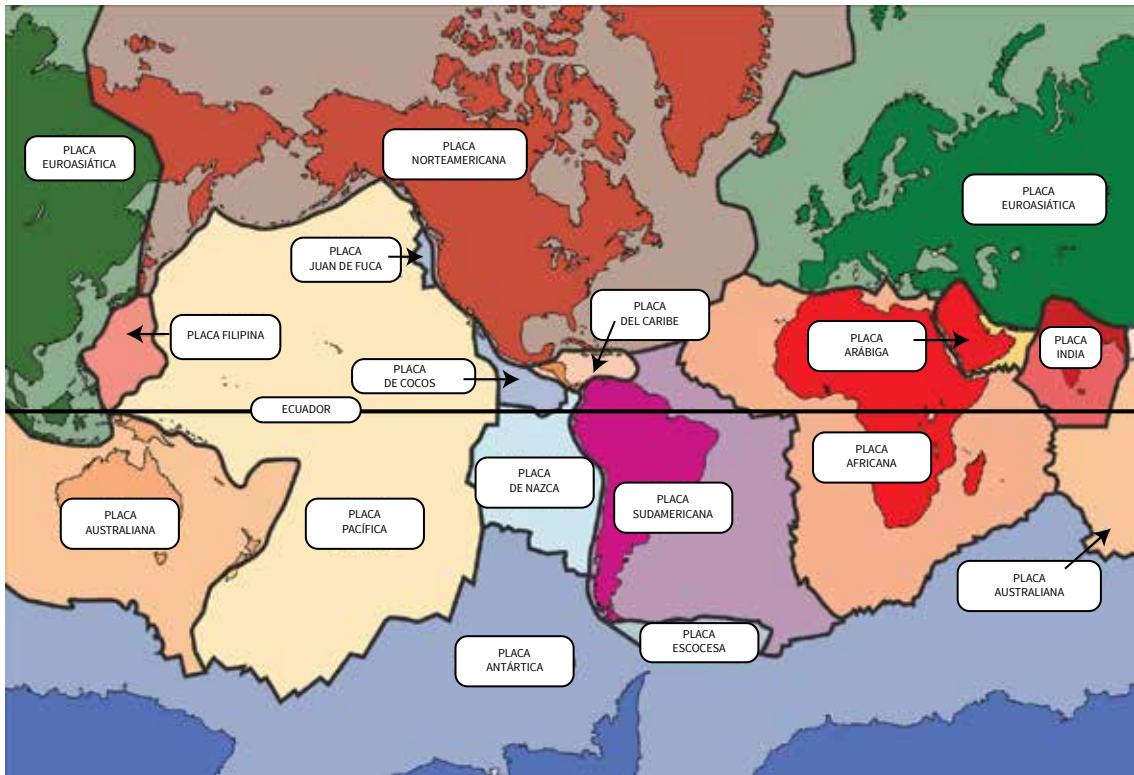
- Separación y choque de masas continentales y oceánicas, producto de la tectónica de placas, que ha modificado durante millones de años la distribución de tierras firmes y océanos en la corteza terrestre.
- Cambio climático global, que, en ocasiones ha producido glaciaciones o aumento del efecto de invernadero en todo el planeta.



Crecida del río Uruguay que puso en alerta roja Entre Ríos, Corrientes y Formosa en 2017



Desertificación del suelo en Argentina



Placas tectónicas de la corteza terrestre

Actividades

Dinámica de la corteza terrestre y cambios ambientales

- 1 Busquen en YouTube algún video que muestre los cambios ocurridos en las placas que forman la corteza terrestre en el transcurso de las eras geológicas. Luego, expliquen la relación entre este contenido del video y el de la imagen de las placas tectónicas.
- 2 En grupos, busquen ejemplos de diferentes tipos de cambios en el ambiente. Pueden ser a nivel local y otros a nivel continental y mundial, tanto del presente como del pasado. Luego, preséntenselos a sus compañeros organizados simulando la tapa de un diario con titulares e imágenes.

El túnel del tiempo



Francis Bacon (1620), Alexander von Humboldt (1800) y el francés Antonio Snider-Pellegrini (1858) notan que hay coincidencias en las costas de África y Brasil.

En 1912, Alfred Wegener propone la teoría de la deriva continental y la existencia del súper continente Pangea hace alrededor de 200.000.000 de años.

Hacia fines de la década del 60, en el siglo XX, se propone la teoría de Tectónica de placas.

Actividad

Ambientes cambiantes

Realicen una entrevista de cuatro o cinco preguntas al docente de Ciencias de la Tierra, Geografía, o Ambiente, desarrollo y sociedad sobre los cambios ambientales en nuestro país y su impacto. Luego, compartan la información con otros grupos para intercambiar ideas. Si en la escuela organizan una feria de ciencias o preparan algún evento para el día del medio ambiente, pueden usar este material para comunicarlo en esa ocasión.

Relaciones entre los seres vivos y el ambiente

Hay muchas formas de aproximarse al conocimiento y comprensión de la naturaleza. Una de ellas está a cargo de la disciplina que se ocupa específicamente de estudiar las interrelaciones entre los seres vivos y el ambiente: la ecología. Como toda ciencia, realiza un recorte de la realidad y propone modelos teóricos con el propósito de comprenderla en profundidad. El estudio de la evolución biológica requiere de los aportes de esta disciplina científica. Por eso, vamos a recordar algunos conceptos que necesitaremos en nuestro viaje imaginario.

Como ya vimos, en los niveles de organización en la naturaleza, los organismos se agrupan en poblaciones, estas en comunidades, que, a su vez, forman parte de los ecosistemas. Una **población** es un conjunto de individuos de la misma especie, que interactúan entre sí y comparten un tiempo y un espacio, representado por el ambiente. Las **comunidades biológicas** están constituidas por un conjunto de poblaciones que se interrelacionan, en el ambiente, entre ellas y con el entorno físico, y comparten un tiempo y espacio. Poblaciones y comunidades, interrelacionadas con el ambiente, representan un **ecosistema**. Podemos preguntarnos, ¿los ecosistemas tienen límites reales en la naturaleza?; ¿dónde “comienza y termina” una laguna, un desierto, una playa?; ¿siempre tienen las mismas características?; ¿quién define sus límites?

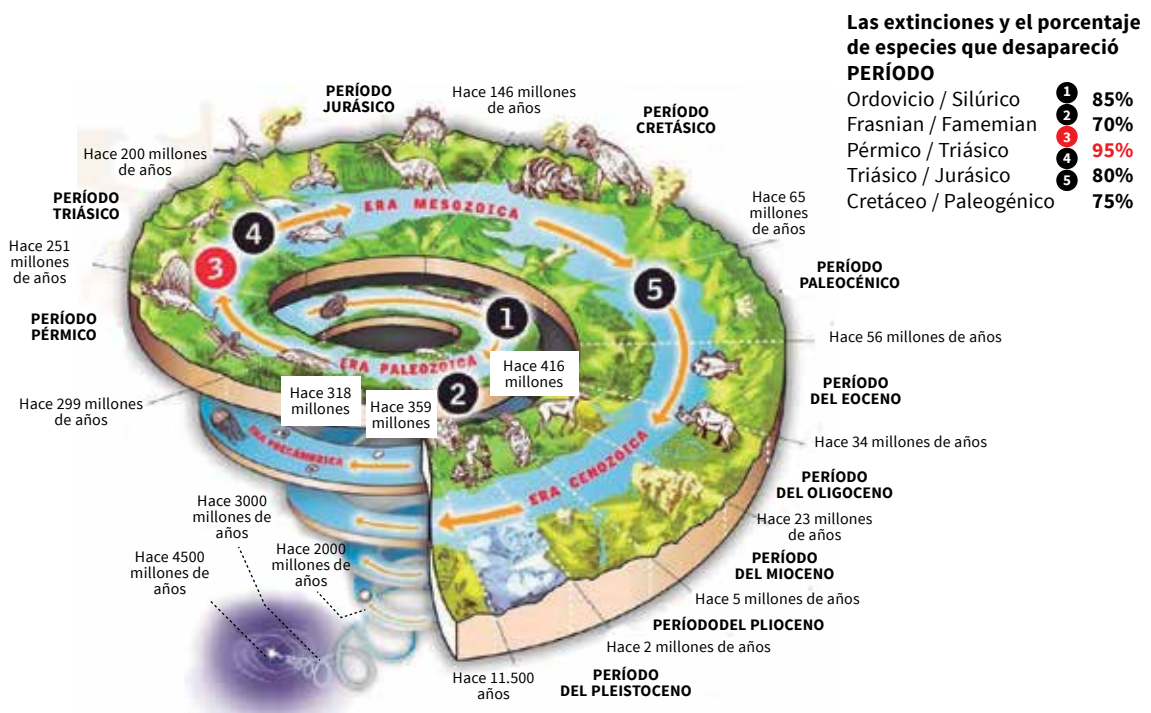
NOCIÓN DE TIEMPO GEOLÓGICO

Toda nuestra vida está atravesada por el tiempo. Nuestros relatos siempre hacen referencia a él: “Ayer fui a...”, “Cuánto tiempo hace que no nos vemos...”, “Cuando éramos chicos hacíamos...”, “No tengo tiempo para...” y muchos otros que podríamos enumerar. Ahora nos detendremos en estas cuestiones temporales.

Por un lado, hay un concepto de **tiempo-duración**, que nos permite conocer el paso de tiempo entre dos extremos. Por ejemplo, el otoño dura tres meses y, en el hemisferio sur, transcurre entre el 21 de marzo y el 20 de junio.

También, existe la noción de **tiempo-etapa**, considerado como un lapso en el contexto de un proceso temporal continuo. Por ejemplo, estamos transitando la era cenozoica, desde hace aproximadamente 65.000.000 años. Esta es la que nos interesa especialmente para comprender el contenido de este libro. Por un lado, nos referimos al **tiempo histórico**, que incluye todo lo que transcurrió y transcurre vinculado a las acciones del ser humano. Por ejemplo, en Historia, estudiamos al Imperio romano en la Antigüedad, el descubrimiento de América y las guerras por la conquista, la Revolución de Mayo, la declaración de la Independencia de nuestro país. Esto lo medimos en Edades (Antigua, Media, Moderna y Contemporánea), siglos, décadas o años.

Cuando necesitamos referirnos a medidas de tiempo que superan la historicidad, usamos el **tiempo geológico**. Este recibe su nombre porque, en geología, para el estudio de los estratos que forman la corteza terrestre, se hace referencia a procesos que tardan millones o miles de millones de años. Las medidas de tiempo geológico son los **eones**, las eras y los períodos geológicos. Estas son las que también usan los paleontólogos para estimar la antigüedad de los fósiles e interpretarlos, con el propósito de reconstruir algunas piezas del rompecabezas de la vida.



La escala de tiempo geológico es un marco de referencia para representar los eventos de la historia de la Tierra y de la biodiversidad ordenados cronológicamente. Se organiza en divisiones y subdivisiones de las rocas según su edad relativa y del tiempo absoluto transcurrido desde la formación de la Tierra hasta la actualidad.

BREVE HISTORIA DE LA BIODIVERSIDAD

La reconstrucción de la historia de la biodiversidad, desde sus orígenes, hace alrededor de 3.800.000.000 años (3,8 Ga –giga años–) es una tarea titánica. Los científicos cuentan con unas pocas piezas de un rompecabezas, que representan evidencias de la evolución, junto con otras pruebas que mencionaremos más adelante en este capítulo. Con ellas, por ejemplo, los fósiles, los paleontólogos explican e interpretan características de formas de vida que ya no existen, las posibles relaciones de parentesco entre ellas y con las especies actuales. Así, se van construyendo gráficos, como los arbustos de la vida, y también cronologías geológicas, que dan cuenta de eventos importantes del pasado en la historia de la biodiversidad, ubicados en eras y períodos geológicos. En la escala de tiempo geológico, pueden observar datos que les permiten conocer el momento en el que aparecieron algunos grupos de seres vivos.

Muchas veces se hace referencia a alguna era geológica con un nombre que la identifica por la importancia que los científicos le asignan a la evolución de algún grupo de seres vivos. Por ejemplo, a la era mesozoica se la conoce como “la era de los reptiles” y a la era cenozoica, “la de los mamíferos”. Si bien en estos extensos períodos de tiempo geológico se originaron y diversificaron muchas especies de estos grupos de animales, es importante aclarar que convivieron con muchísima otra biodiversidad como bacterias y otros microorganismos, hongos, plantas y una extensa diversidad de animales.

Bajo la lupa: evidencias de la evolución

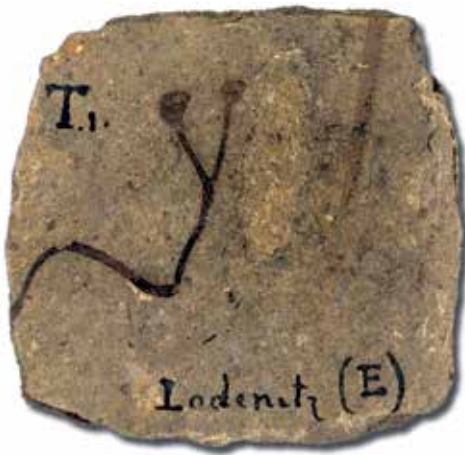
¿Cómo es posible construir el arbusto de la diversidad de especies?, ¿es posible conocer sus características físicas y sus hábitos y comportamientos? Sin duda, es un trabajo digno de detectives experimentados, que, en este caso, sería el rol que desempeñan los científicos. Ellos se ocupan de la búsqueda minuciosa y la interpretación de las evidencias halladas. Esta búsqueda debe realizarse utilizando métodos de investigación propios de varias ciencias. Cada una de ellas lo hace prestando atención a su objeto de estudio específico. Luego, se forman equipos de investigadores que las representan y juntos proponen hipótesis, explicaciones y, aportan las pruebas y resultados de su trabajo científico, que publican en sitios y revistas especializadas en el tema. Entre estas disciplinas científicas, podemos mencionar:

- **Paleontología:** su objeto de estudio son los fósiles. Los paleontólogos se ocupan de la búsqueda, extracción, preparación de fósiles para su reconstrucción y su interpretación e identificación entre especies conocidas o en una nueva.
- **Paleoantropología:** se ocupa del registro fósil y de materiales que documentan la evolución humana.
- **Paleoecología:** investiga las relaciones entre las especies del pasado y los ambientes que habitaron.

Actividad

Revisando el concepto sobre historia de la biodiversidad

Después de leer la “Breve historia de la biodiversidad”, revisen sus respuestas de la actividad inicial del capítulo. ¿Realizarían algún cambio? ¿Cuáles? ¿Por qué?



Cooksonia, fósil de una de las plantas vasculares terrestres más antiguas conocidas. Arriba, el fósil. Abajo, la reconstrucción realizada por un paleoartista



Estratos arenoso-arcillosos en los que se pueden ver unas superficies de estratificación con las capas más recientes arriba y las más antiguas abajo en Quebrada de las Conchas, Salta

- **Arqueología:** estudia los restos y evidencias de herramientas, objetos, viviendas, armas, adornos, arte y todo aquello que dé cuenta de comportamientos sociales y culturales de las actividades humanas del pasado.
- **Zooarqueología:** brinda información acerca de las especies explotadas en el pasado y también de los instrumentos utilizados para obtener alimentos.
- **Biología:** aporta información sobre las estructuras y funciones de los organismos, características generales de los seres vivos, las células y el metabolismo.
- **Biología evolutiva:** estudia los mecanismos de la evolución que explican los cambios en las especies.
- **Taxonomía:** se ocupa de la clasificación de los seres vivos y sus relaciones evolutivas.
- **Anatomía comparada:** establece comparaciones entre las estructuras de los animales y el origen de cada una.
- **Biología del desarrollo:** su objeto de estudio es la ontogenia. Se trata de los procesos de desarrollo embrionario y crecimiento de los organismos.
- **Genética:** estudia los genes, cómo se expresa en los organismos la información que contienen y los mecanismos de la herencia biológica. También, las bases genéticas que comparten los organismos de una población y las especies. La evolución biológica, en la actualidad, solo puede comprenderse a partir de bases genéticas.
- **Ciencias de la Tierra:** integra la geología y la estratigrafía que estudian las características y dinámicas de nuestro planeta, como cuerpo celeste. En especial, aportan evidencias sobre la dinámica de la corteza terrestre. Por ejemplo, las capas o estratos que la forman, que permiten estimar la antigüedad de cada uno, con los fósiles que contienen y también sus movimientos, que permiten comprender, por ejemplo, por qué podemos hallar fósiles de organismos marinos en la cumbre de una montaña.

El túnel del tiempo



La construcción de conocimientos tiene una historia. Las disciplinas que hoy integran el grupo de las ciencias naturales no siempre tuvieron las denominaciones actuales. Algunas de ellas ni siquiera existieron siempre. Por ejemplo, hasta fines del siglo XIX, se usaba la denominación “historia natural” para referirse a la ciencia que hoy conocemos como biología. Recién, en el siglo XX, surge la genética y, a mediados del siglo XIX, la ecología. A principios de siglo XIX, Cuvier publica obras que se consideran el inicio de la anatomía comparada. Los hechos de la naturaleza tampoco se interpretaron siempre de la misma manera.

Sobre los fósiles

Es difícil elegir una fecha histórica que indique el nacimiento de la paleontología. Un hecho destacable ocurrió en 1666: dos pescadores pescaron un tiburón gigante en la costa de Livorno, Italia. El duque de la ciudad ordenó que se enviara esta curiosidad a Niels Stensen (también conocido como Steno), un anatomista nacido en Dinamarca que trabajaba en Florencia. A Stensen le llamó la atención lo mucho que se parecían los dientes de ese tiburón a las “lenguas de piedra”, rocas triangulares que se conocían desde la Antigüedad.



Boceto de una cabeza de tiburón que realizó Stensen en 1666 y le ayudó a ver que las “lenguas de piedra” eran, en realidad, dientes fósiles de tiburón (abajo)

Si bien para nosotros, en la actualidad, esta asociación nos llevaría a pensar en los fósiles, esta suposición fue un salto enorme en 1666. Muy pocos se podían imaginar cómo podría “petrificarse” la materia orgánica y cómo podrían encontrarse estos materiales, que alguna vez pertenecieron al cuerpo de un organismo marino, en rocas que estaban muy por encima del nivel del mar. En lugar de eso, se pensaba que los fósiles habían caído del cielo o eran “caprichos de la naturaleza”. Stensen dio el salto y anunció que las lenguas de piedra venían, en realidad, de la boca de tiburones que habían vivido en el pasado y mostró el parecido entre las “piedras” (hoy consideradas fósiles) y los dientes. Stensen no fue el único naturalista de su época que propuso que los fósiles pertenecían a criaturas vivientes. Leonardo Da Vinci y Robert Hooke, por ejemplo, también adoptaron esta forma de interpretarlos.

El concepto de especie

Los seres humanos siempre han sido curiosos frente a la naturaleza. A medida que iban conociendo diversas formas de vida, ya sea casualmente porque migraban y conquistaban nuevos territorios, o producto de exploraciones con intención de ampliar los conocimientos sobre la vida y sus manifestaciones, iban clasificándolas. Desde que hay registros escritos, conocemos muchas de estas clasificaciones. Aristóteles, en Grecia en el siglo IV a. C., desarrolla la “escala del ser”. Esta es una

representación de todo lo que, en esa época y lugar, se consideraba que formaba “el mundo”. Aristóteles jerarquizó en una escalera a los seres inanimados, los seres vivos, algunos considerados inferiores, como las plantas y los hongos, luego los animales invertebrados, los vertebrados acuáticos, los terrestres, entre ellos los mamíferos y, en un peldaño especial, al ser humano.

Aún no se hablaba de “especies biológicas”. En la Edad Media, se preparaban colecciones de plantas y de animales conservados y caracterizados: los herbarios y bestiarios. Durante la Edad Moderna, en el siglo XVIII, Linneo, un zoólogo y naturalista sueco propuso una minuciosa y detallada clasificación de los seres vivos conocidos en su época. Agrupó a la diversidad de formas de vida en grupos que se incluían unos a otros. Así el reino, agrupaba a los filos, estos a las clases, que incluían órdenes que, a su vez, se integraban en familias. Una familia estaba compuesta por géneros y especies. Con estos dos nombres, Linneo propuso la denominación binomial (dos nombres) que representa el nombre científico de cada especie. Esta forma de nombrarlas se usa actualmente. Por ejemplo, el ombú se denomina *Phytolaca dioica*; el maíz, *Zea mays*; el venado, *Cervus elaphus*; nuestra especie, *Homo sapiens*. Estas denominaciones también se usan para nombrar especies ya extintas, conocidas por el registro fósil. Por ejemplo, *Eoraptor lunensis*, *Argentinosaurus huinculensis*, *Unenlagia comahuensis* son especies de dinosaurio halladas en territorio argentino. En todos los casos, el primero, que corresponde al género, se escribe con mayúscula y el segundo, que corresponde a la especie, con minúscula.



Fósil de *Eoraptor lunensis*, uno de los dinosaurios más antiguos hallados hasta ahora en el Valle de la Luna, San Juan, Argentina y su representación, a cargo de un paleoartista

Ahora bien, sabemos cómo denominar a las especies con el lenguaje que usan los científicos, pero ¿qué es una especie? No es una pregunta fácil de responder. Los biólogos han propuesto varias definiciones y no siempre están todos de acuerdo. Una **especie** es un grupo de seres vivos que pueden cruzarse entre ellos y que están reproductivamente aislados de otros grupos similares. Los organismos de una especie comparten parte del material genético (acervo genético, como profundizaremos más adelante) que se manifiesta en muchas de las características que comparten y que se conservan y transmiten a las siguientes generaciones por herencia.

Relaciones de parentesco entre las especies: ancestro común

La mirada evolucionista de la biodiversidad contempla dos principios fundamentales:

- Las especies cambian en el tiempo.
- Toda especie se origina de otra preexistente.

De este segundo enunciado, se desprende la idea de que las especies evolucionan de otras que las preceden. Si hacemos un recorrido hacia atrás en el tiempo, podemos asumir que existen antepasados comunes a muchas especies: el ancestro común. Al evolucionar a partir de ellos, heredaron características que este ancestro poseía. Esto representa una de las evidencias de la evolución biológica. Por ejemplo, uno de los cordados más antiguos que se conocen por el registro fósil, *Pikaia*, datado aproximadamente en 550.000.000 años, poseía cuerda dorsal. Esta característica la tienen todas las especies de cordados que se originaron a partir de este antepasado común, incluidos los vertebrados y, por lo tanto, nuestra especie y el resto de los homínidos.

Los paleontólogos y los especialistas en taxonomía y sistemática se ocupan de reconstruir las posibles relaciones de parentesco entre especies. Estas constituyen un **linaje**.



Reconstrucción de *Pikaia*

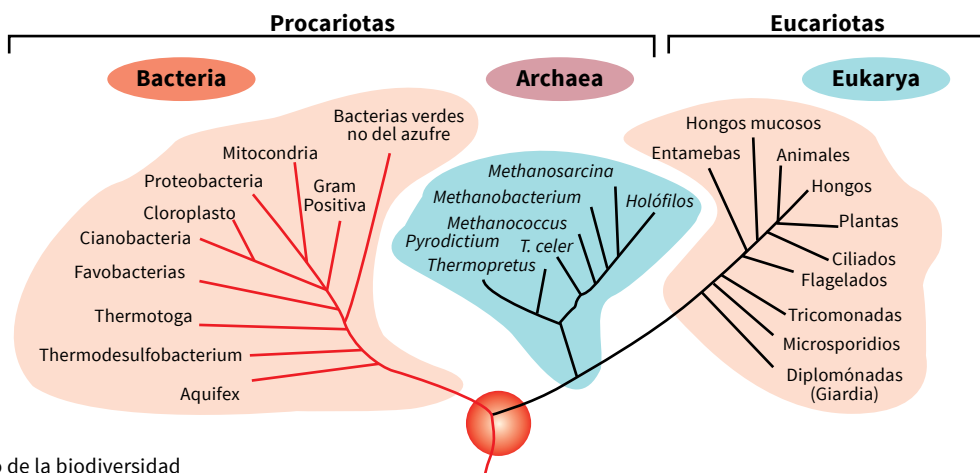


Fósil de *Pikaia* extinta

Arbusto de la vida: representación de las relaciones de parentesco entre especies

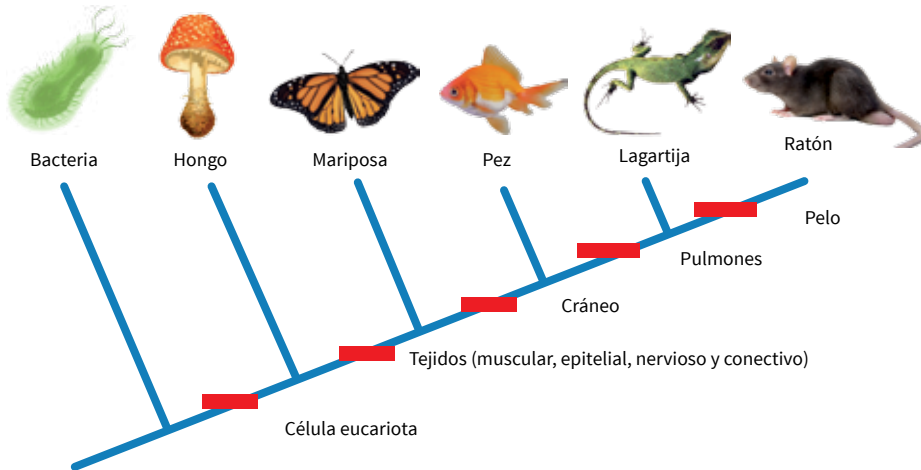
Los biólogos evolutivos, que trabajan en equipo con paleontólogos, genetistas y especialistas en taxonomía, entre otras disciplinas, construyen representaciones gráficas que dan cuenta de las posibles relaciones de parentesco entre las especies y otros grupos de seres vivos, como los que mencionamos antes. Así, es posible visualizar estas relaciones, denominadas **filogenéticas**.

Algunas de ellas tienen forma de árboles o arbustos. En estas representaciones, en la base, se ubican los ancestros comunes. Luego, las ramas representan a los grupos que se originan a partir de ellos. Continuando con la analogía del arbusto de la vida, es importante aclarar que este no está exento de sufrir “podas”. Es decir, muchas ramas, que representan grupos de seres vivos quedan truncas, sin continuidad con otras especies y sin llegar hasta el presente. Esto representa a las **extinciones**, que son la pérdida total e irreversible de una determinada especie. Algunos de estos árboles incluyen una referencia de tiempo.



Arbusto de la biodiversidad

Otra forma de graficar las relaciones evolutivas de la biodiversidad son los **cladogramas** (del griego *clados*: rama). Estos incluyen taxones emparentados entre sí y con un antepasado común. En esta representación gráfica, se incluyen las características que comparten quienes lo integran. La aparición de cada una de estas cualidades representa una novedad evolutiva, que se ubica en un nodo del gráfico. Cada rama corresponde a un **taxón** o grupo de seres vivos.



Cladograma representativo de algunos de los grandes grupos que integran la biodiversidad actual

Vocabulario



— Taxón

Categoría o grupo de organismos, agrupados por los taxónomos según sus relaciones evolutivas. Por ejemplo, vertebrados es una categoría taxonómica que agrupa a los animales con columna vertebral, entre otras características, que evolucionaron a partir de un antepasado común.

— Cladograma

Diagrama representativo de la clasificación biológica taxonómica de los organismos, en el que se muestra la relación entre distintas especies según la aparición de características compartidas entre ellos, denominadas novedades evolutivas.

“Es lo que hay”: adaptación y selección natural

Desde Darwin y Wallace, los científicos recurren al modelo de selección natural para explicar muchos de los cambios evolutivos en las poblaciones. En particular, este mecanismo permite comprender el concepto de adaptación biológica. En años anteriores, ya estudiaron la selección natural como proceso evolutivo. Vamos a recordar de qué se trata. Para ello, sintetizamos los principios básicos en los que se basa:

- Entre los organismos de una especie, existen pequeñas diferencias individuales, llamadas **variaciones**. Estas surgen al azar. Por lo tanto, cuando aparecen no hay ninguna garantía de que perduren y se conserven. También, pueden heredarse.
- En las poblaciones, nacen más organismos de los que pueden sobrevivir. Por lo tanto, muchos perecen o no se reproducen.
- Frente a determinadas características del ambiente (por ejemplo, sequías, ascenso y descenso del nivel del mar, incendios, inundaciones, cambios climáticos, aumento de la cantidad de depredadores,

patógenos entre muchos otros ejemplos), llamadas **presiones selectivas** se desencadena una **lucha desigual por la existencia**.

- Aquellos organismos de la población que, azarosamente, ya poseían variaciones que resulten favorables frente la presión selectiva, tendrán más probabilidades de sobrevivir (**supervivencia de los más aptos**), de reproducirse y transmitir a su descendencia esas variaciones favorables. Una vez que, por herencia, se fijan estas características que hacen posible la supervivencia de los individuos de una población, podemos considerarlas **adaptaciones**.
- Si un grupo de la población quedara aislado del resto, con nuevas variaciones y, luego de muchas generaciones, se apartaran del grupo original y ya no pudieran cruzarse con este porque aparecieron **barreras reproductivas**, podríamos afirmar que se ha originado una nueva especie.

Es importante aclarar que las adaptaciones no son definitivas. Las características de los seres vivos cambian: pueden surgir, por azar, nuevas variaciones. Los ambientes también cambian, por lo tanto, también son diferentes las presiones selectivas.

Actividad

Variabilidad en la naturaleza y selección natural

La siguiente imagen representa posibles variaciones en una población de cebras.



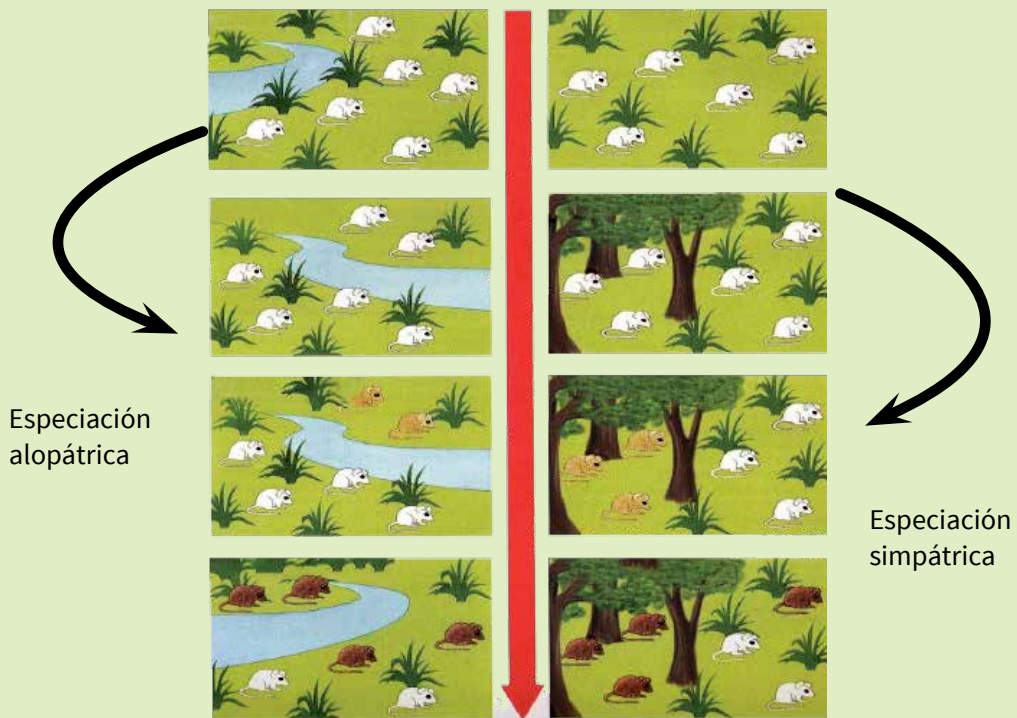
Respondan, hipotéticamente:

- 1 ¿Qué presiones selectivas podrían intervenir sobre una población de cebras como la de las imágenes?
- 2 ¿Habría alguna variación que resulte favorable frente a la presión selectiva que propusieron? En ese caso, ¿cuál o cuáles? Expliquen por qué les parece que serían favorables.
- 3 ¿Qué les parece le sucederá a las cebras con variaciones favorables? ¿Y a las que son portadoras de variaciones desfavorables?
- 4 Si cambian las presiones del ambiente, ¿qué creen que podría pasar con las variaciones que antes eran desfavorables?

Actividad

Origen de nuevas especies

Observen la siguiente imagen, que ilustra de manera hipotética el origen de nuevas especies de ratones. Luego, enumeren y describan brevemente cada paso en el proceso de origen de una especie, utilizando los siguientes términos: población - variaciones - barreras geográficas - barreras reproductivas - especie originaria - nuevas especies.



Para la web



Los simuladores

La Web nos ofrece muchas herramientas virtuales para aprender. Una de ellas son los simuladores virtuales. Con ellos, podemos, por ejemplo, recrear situaciones que, en la naturaleza, tardarían mucho tiempo y no nos sería posible observarlas directamente. Uno de estos simuladores está diseñado para observar la evolución biológica, de manera dinámica, a través de la modificación de datos e interpretaciones de resultados. Ingresen a *Phet Interactive Simulations*, "Selección natural" y, junto con el docente, exploren la herramienta.

Micro y macroevolución

Actualmente, los científicos han organizado el estudio de la evolución biológica en niveles de análisis. Uno de ellos es la **microevolución**. Se trata de los cambios evolutivos que ocurren al interior de las poblaciones. Por ejemplo, son los cambios relacionados con las adaptaciones, como resultado probable de la intervención del mecanismo de selección natural. También, ocurren otros mecanismos que desarrollaremos en otros capítulos de este libro. El otro nivel de análisis es la **macroevolución**, que se refiere al origen y extinción de grupos taxonómicos que superan el nivel de las especies, tales como las familias, órdenes, clases, filos, reinos, dominios.

Actividad

La adaptación biológica

Observen las imágenes. ¿Qué seres vivos pueden identificar? ¿Qué ventajas creen que les aportan a los organismos de estas especies esta capacidad de mimetizarse con el ambiente?



Nociones básicas de genética: gen, alelos, mutación, ácidos nucleicos

La biología evolutiva actual solo se comprende si integramos las bases genéticas de los cambios que ocurren en las especies. En el último capítulo de este libro, nos ocuparemos de estos mecanismos. Por eso, antes revisamos algunos conceptos.

A nivel microcosmos, tal como lo planteamos al comienzo de este capítulo, ubicamos a las células, organelas y biomoléculas que los componen. En este nivel, nos detenemos en nuestro viaje imaginario para recordar algunos conceptos de genética.

La información sobre las características de un ser vivo están contenidas en la molécula de **ADN** (ácido desoxirribonucleico). En las células procariotas, como las bacterias, se encuentra en el citoplasma. En las eucariotas, en el interior del núcleo. Cada especie tiene una cantidad de moléculas de ADN, en cada célula, que lo caracteriza. Por ejemplo, nuestra especie tiene, en cada célula somática, 23 pares de moléculas de ADN y, en las células sexuales, la mitad. Algunas porciones del ADN contienen

información que puede expresarse en la síntesis de proteínas. Estos fragmentos son los **genes**. Como heredamos información de cada uno de nuestros dos progenitores, de cada gen heredamos dos variantes. Cada una de ellas es un **alelo**.

Si bien el material genético se conserva y se transmite a través de la reproducción celular de células madre a células hijas, este puede cambiar. Los cambios en el ADN se denominan **mutaciones**. Algunas mutaciones se manifiestan como características nuevas o diferentes, si el cambio en la molécula de ADN ocurre en la parte del gen que se expresa en la síntesis de proteínas. Otras son mutaciones silenciosas que no producen ningún cambio observable. Las mutaciones que tienen importancia evolutiva son las que se expresan y se heredan, fijándose la nueva característica en los individuos de una población. Su manifestación son las variaciones, que ya mencionamos cuando nos referimos al mecanismo de selección natural.

CONCLUYENDO LA PRIMERA ETAPA DE NUESTRO VIAJE

Llegamos al final de este primer capítulo, que representa la primera etapa en nuestro viaje a través del tiempo. Los científicos, por ejemplo los paleontólogos y los geólogos, también realizan viajes al pasado. Lo hacen a través de la búsqueda e interpretación de evidencias que den cuenta de aquello que ha ocurrido en tiempos remotos en nuestro planeta. La reconstrucción de la historia de la biodiversidad puede compararse, también, con un rompecabezas, y tenemos sólo unas pocas piezas. Aproximándonos muy humildemente al trabajo que realizan los especialistas en diferentes disciplinas, apenas comenzamos a preparar el equipaje: en este caso, un conjunto de conceptos, ideas, explicaciones que nos permitirán comprender mejor el resto de este apasionante recorrido.

