Patricia Ercoli, María de los Ángeles Maidana

BIOLOGÍA V

EVOLUCIÓN: DIVERSIDAD Y CAMBIO

MAIPUE

Scanned by CamScanner

NATALIA VICENTE
Licenciada en Enseñanza
de la Biología

BIOLOGÍA V

EVOLUCIÓN: DIVERSIDAD Y CAMBIO

Patricia Ercoli

María de los Ángeles Maidana

EDITORIAL
MAIPUE

Scanned by CamScanner

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

Scanned by CamScanner

Caminante no hay camino, se hace camino al andar: determinismo biológico y relaciones entre genes y ambiente 59
Vida nómade 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

Scanned by CamScanner

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

Scanned by CamScanner

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.

Scanned by CamScanner

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

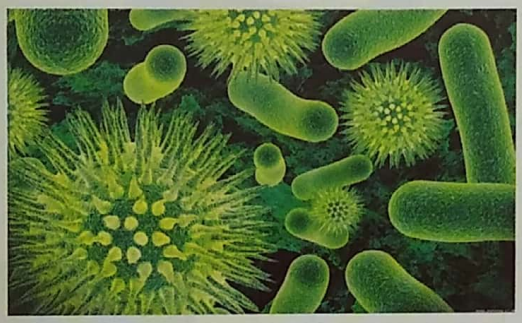
1. Observen y señalen cuál de los siguientes ambientes creen que fue el apropiado para el origen de la vida. Si consideran que pudo haberse originado en otro tipo de ambiente, dibújenlo.

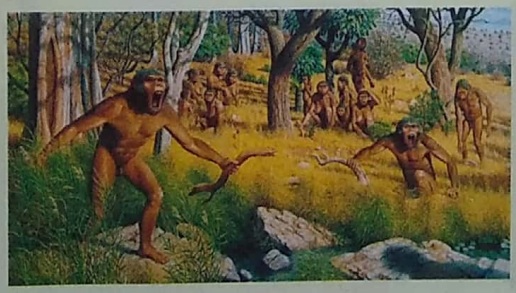
2. ¿Cómo creen que fueron los primeros seres vivos que habitaron nuestro planeta? Dibujen y redacten una descripción de los mismos.

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.

Scanned by CamScanner

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



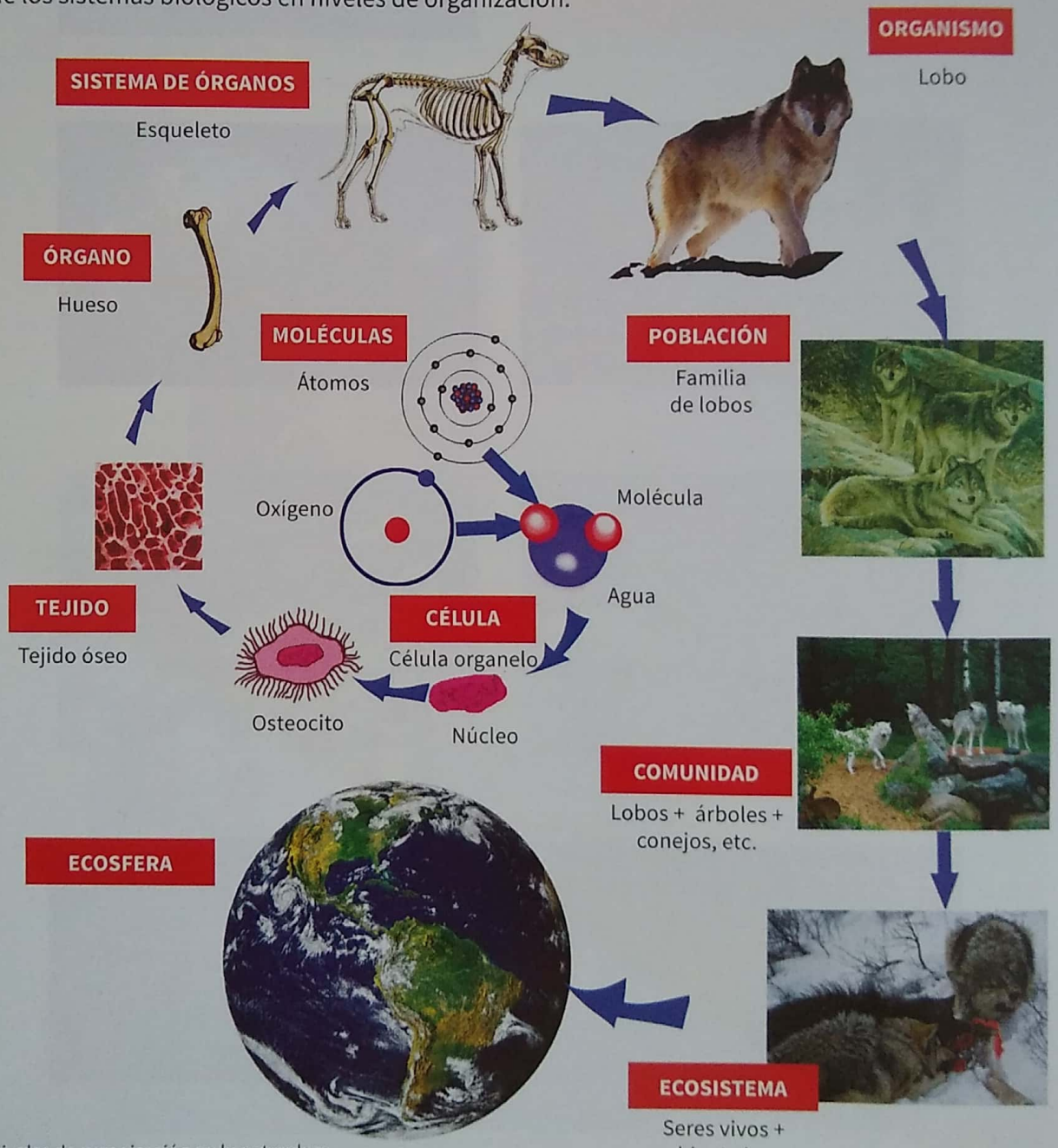


Scanned by CamScanner

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.



Niveles de organización en la naturaleza

Scanned by CamScanner

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.

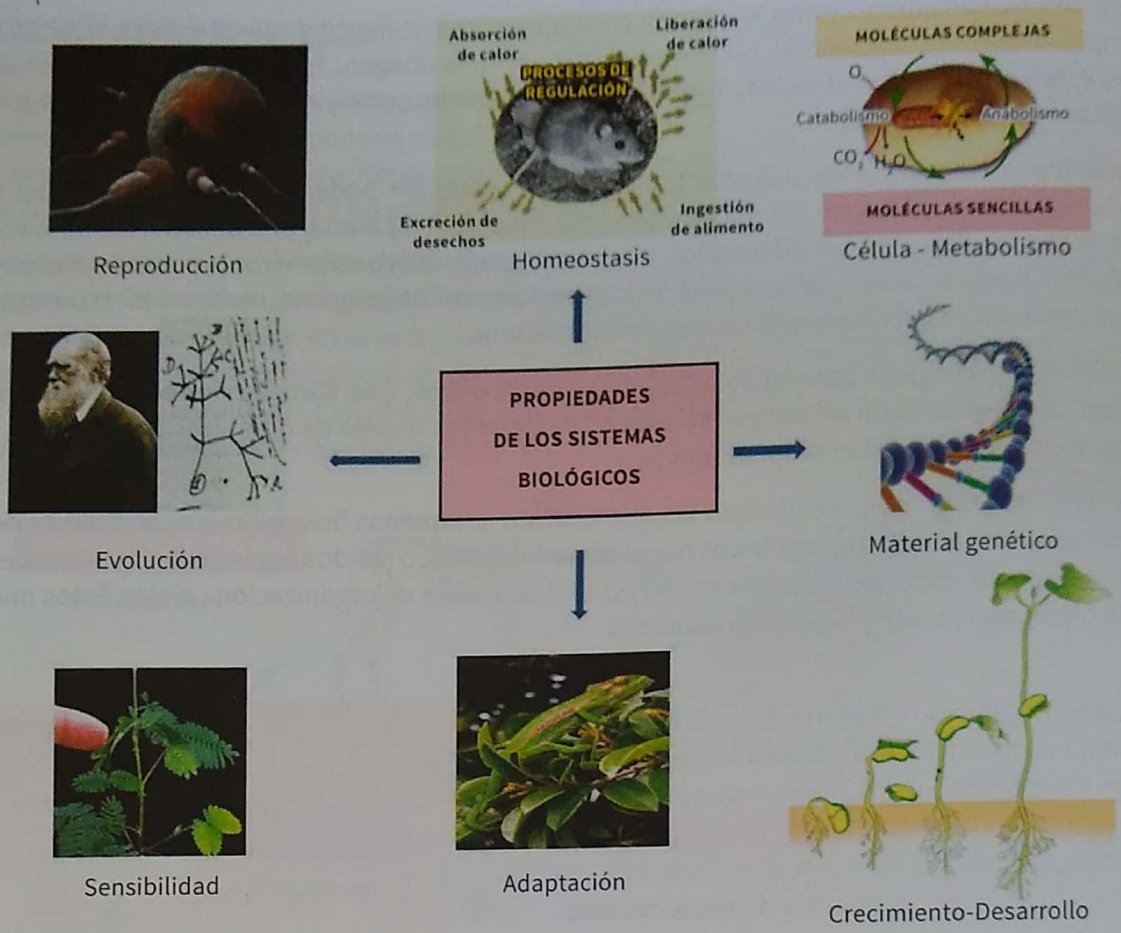
Mesocosmos

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.

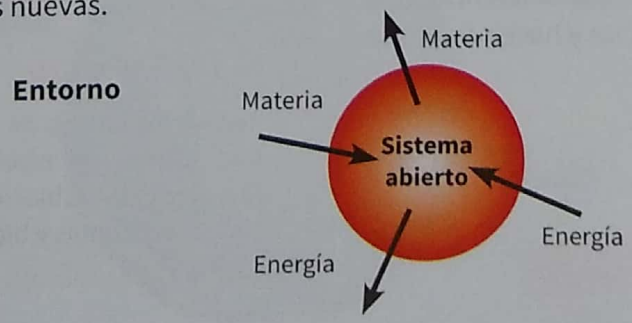
Scanned by CamScanner



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

Scanned by CamScanner

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?

Scanned by CamScanner

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:

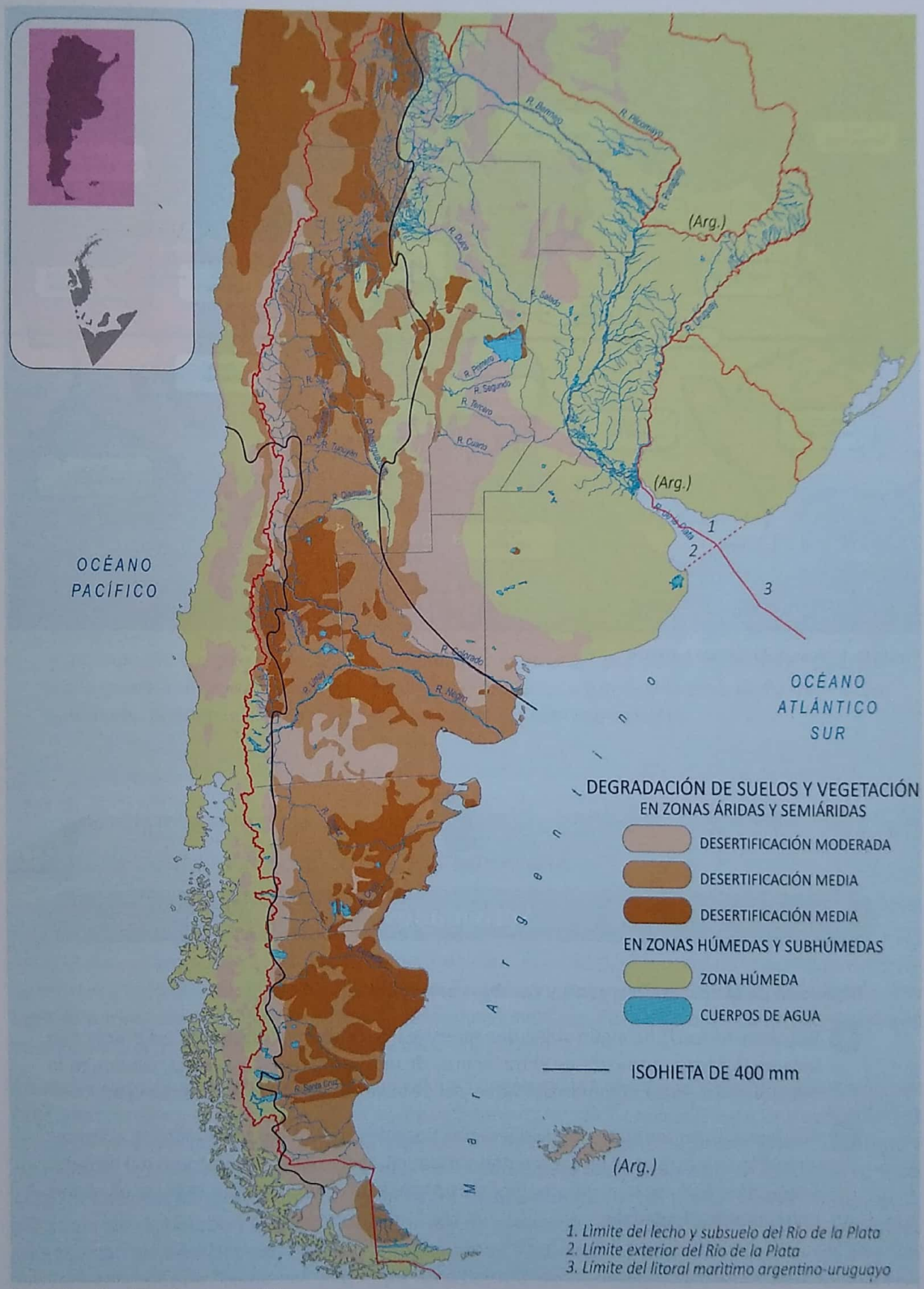
- Formación de cadenas montañosas (proceso conocido como **orogenia**)
- Terremoto
- Desertificación, por meteorización y erosión
- Cambios climáticos producidos, por ejemplo por la corriente del El Niño

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.

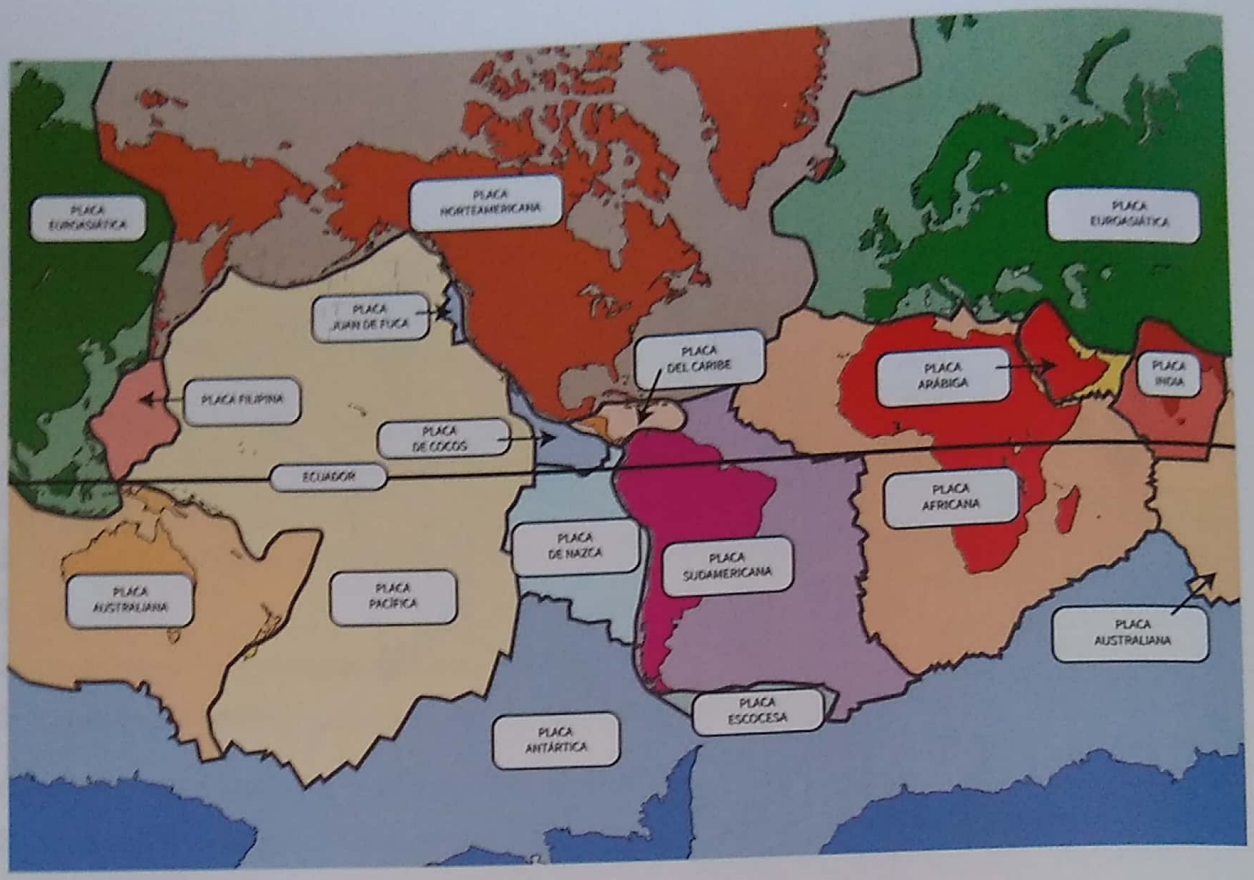
Crecida del río Uruguay que puso en alerta roja Entre Ríos, Corrientes y Formosa en 2017

Scanned by CamScanner



Desertificación del suelo en Argentina

Scanned by CamScanner



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.

Scanned by CamScanner

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?

Scanned by CamScanner

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.

Las extinciones y el porcentaje de especies que desapareció

PERÍODO		
Ordovicio / Silúrico	1	85%
Frasnian / Famemian	2	70%
Pérmico / Triásico	3	95%
Triásico / Jurásico	4	80%
Cretáceo / Paleogénico	5	75%

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

Scanned by CamScanner

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.

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?

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

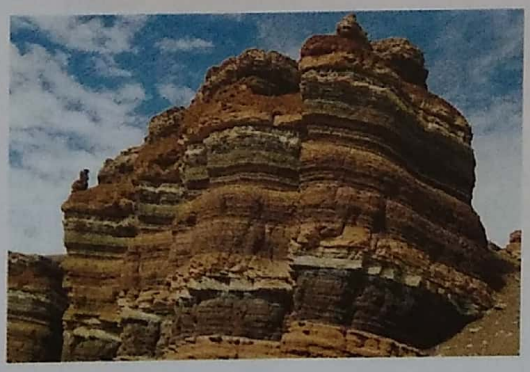
¿Cómo es posible construir el arbusto de la diversidad de especies?, ¿es posible conocer sus características físicas y sus hábitos y comportamientos? Sin duda, es un trabajo digno de detectives experimentados, que, en este caso, sería el rol que desempeñan los científicos. Ellos se ocupan de la búsqueda 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.

NATALIA VICENTE
Licenciada en Enseñanza
de la Biología

Scanned by CamScanner

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.

Scanned by CamScanner

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.

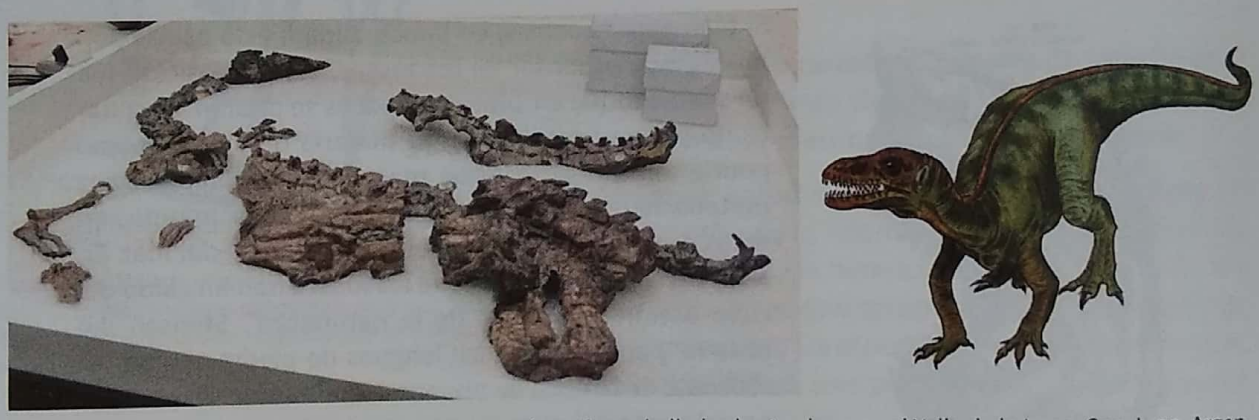
El concepto de especie

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

Scanned by CamScanner

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 *Phitolaca 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.

Scanned by CamScanner

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**.

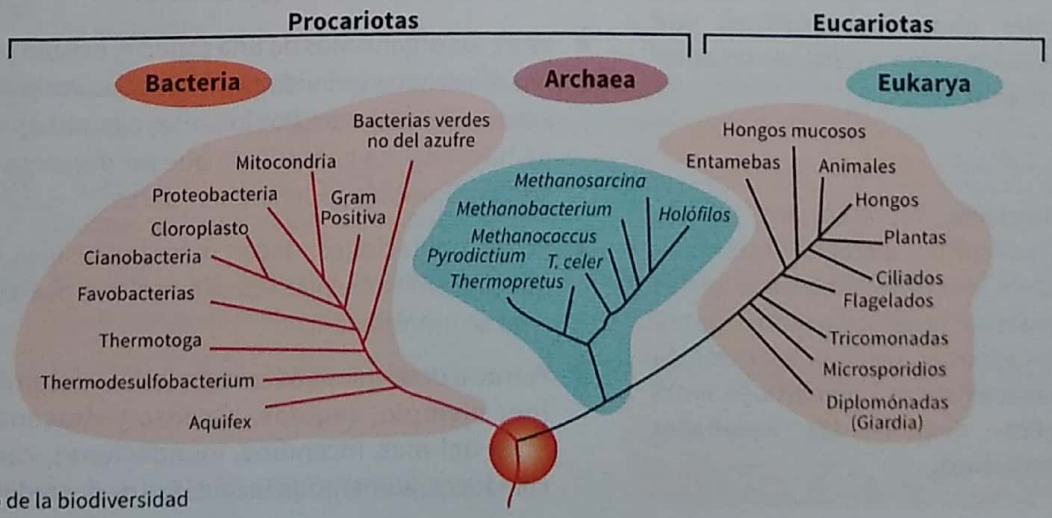
Reconstrucción de Pikaia

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

Scanned by CamScanner

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,

Scanned by CamScanner

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:

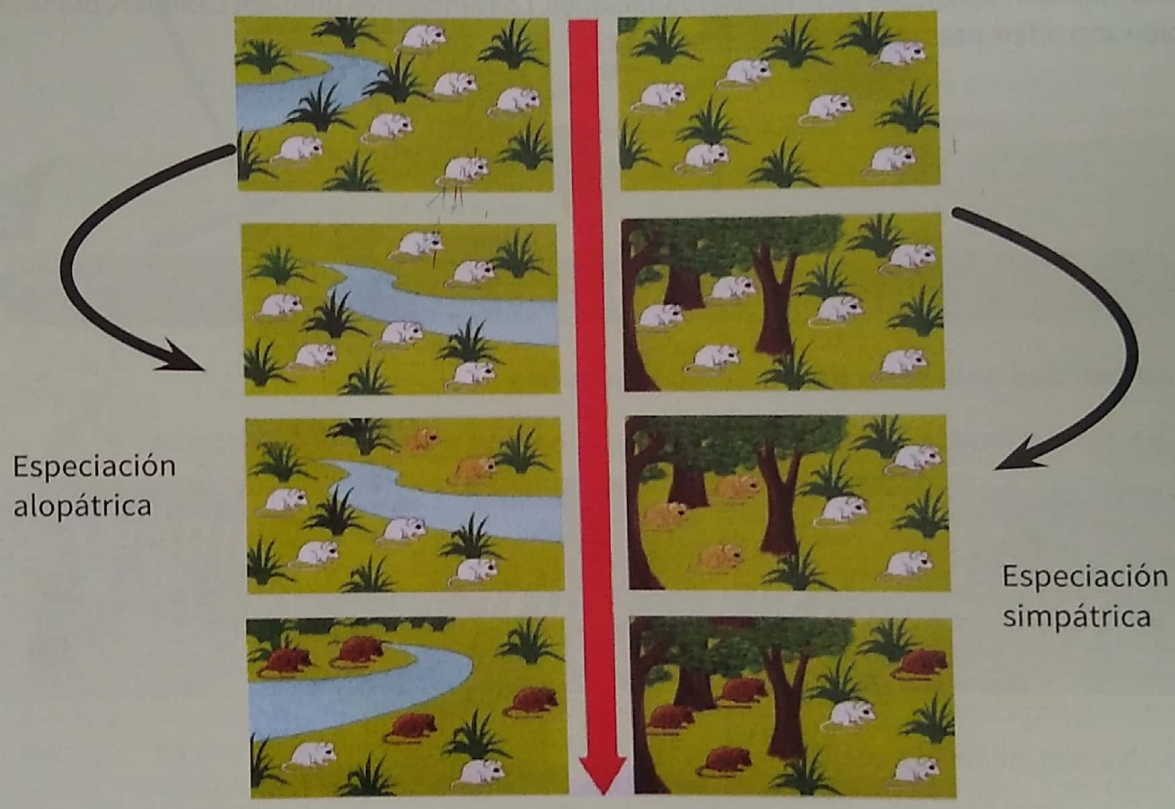
1. ¿Qué presiones selectivas podrían intervenir sobre una población de cebras como la de las imágenes?
2. ¿Habría alguna variación que resulte favorable frente a la presión selectiva que propusieron? En ese caso, ¿cuál o cuáles? Expliquen por qué les parece que serían favorables.
3. ¿Qué les parece le 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?

Scanned by CamScanner

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.

Scanned by CamScanner

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

Scanned by CamScanner

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.

Scanned by CamScanner

CAPÍTULO

2

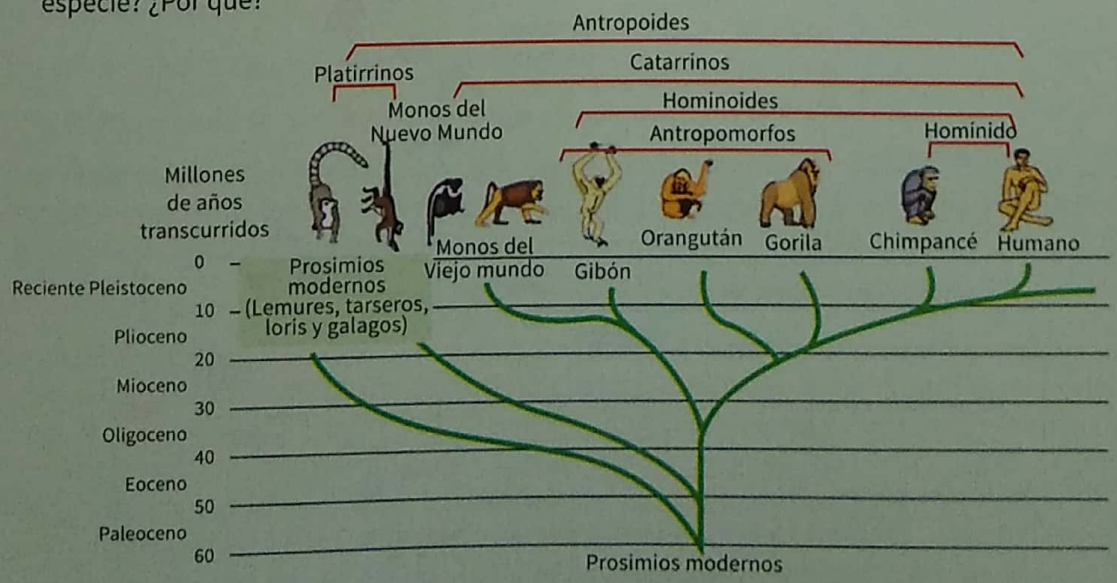
Caminos, atajos y senderos de la evolución humana

ANTES DE APRENDER ALGO NUEVO...

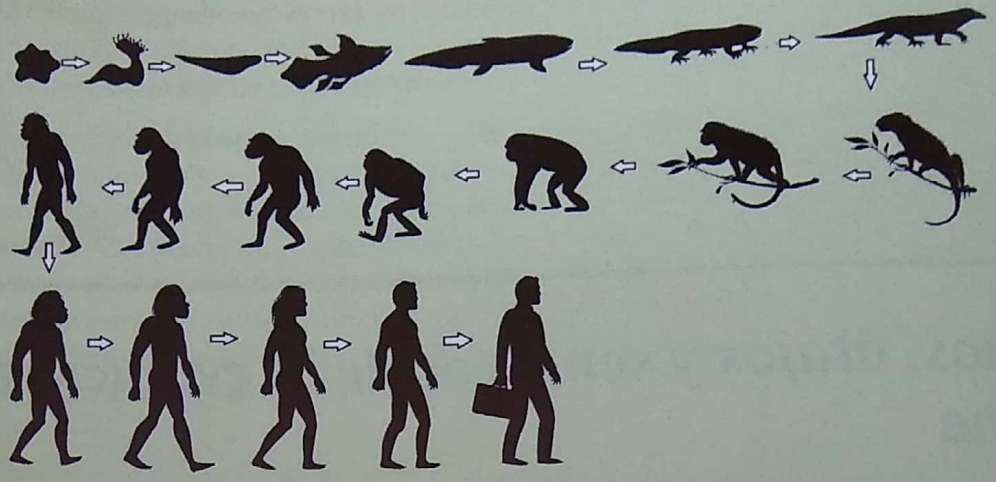
Tal como hicimos en el capítulo anterior, nuestro viaje imaginario solo puede continuar si antes nos detenemos un momento a reflexionar sobre lo que pensamos y sabemos sobre esta nueva escala.

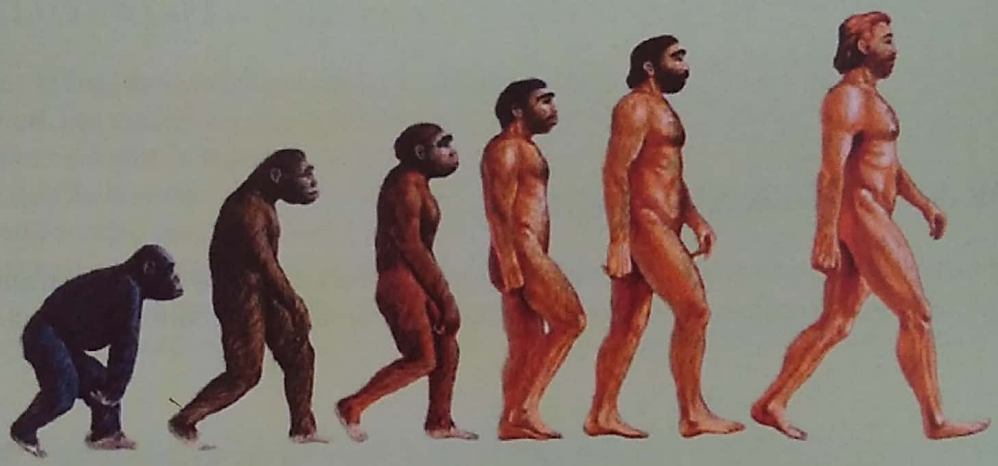
Actividad

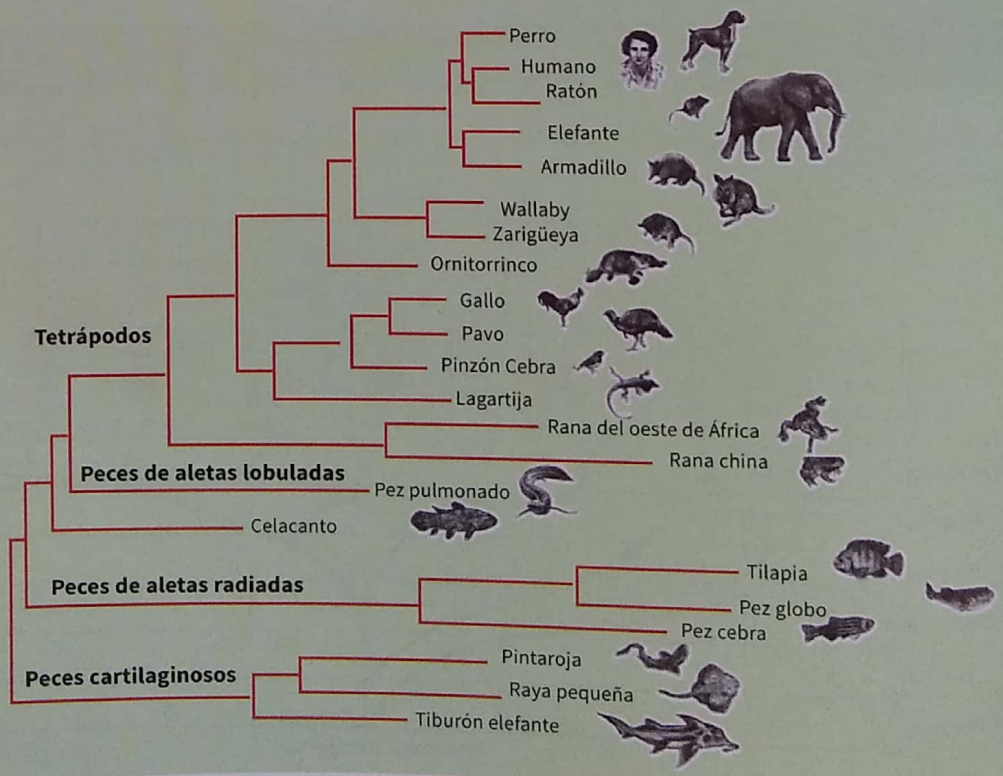
¿Cuál de las siguientes imágenes creen que es la más representativa de la evolución de nuestra especie? ¿Por qué?



Scanned by CamScanner







Scanned by CamScanner

TEORÍAS Y EVIDENCIAS DE LA EVOLUCIÓN DEL LINAJE HUMANO

En este capítulo, nos ocuparemos de una diversidad de características de las especies que integran el linaje humano y su evolución. Esto incluye las interacciones entre la evolución biológica y la cultural, ambas vinculadas con características y comportamientos de nuestra especie y las que nos precedieron. A modo de ejemplo, presentaremos posibles explicaciones sobre el origen de las especies de homínidos y, por supuesto, de la nuestra. También, los aspectos que las asemejan y sus diferencias, por ejemplo la bipedestación, la cefalización. Sobre la vida en grupos, algunos comportamientos sociales, tales como el conocimiento y dominio del fuego, de obtención y almacenamiento de nutrientes, la elaboración de comidas, la defensa, la comunicación, el lenguaje, el arte, un breve análisis de algunas enfermedades de nuestro tiempo, las interacciones humanas y con otras especies. Todas estas cuestiones interpretadas a la luz de los procesos evolutivos.

El túnel del tiempo

Para pensar, y a modo de síntesis de esta breve presentación, citamos a uno de los biólogos evolutivos más destacados del siglo XX, Stephen Gould, que dice: "*Homo sapiens* (nuestra especie) es un pequeñísimo brote que apenas le nació ayer a un enorme árbol de la vida. Si el árbol se plantara de nuevo, jamás volvería a producir las mismas ramas".

Actividad

Busquen otras concepciones sobre el lugar de nuestra especie en el transcurso de la historia o, también, en diferentes culturas. Luego, pueden compararlas y debatir sobre ellas con sus compañeros.

SOMOS MUCHO MÁS QUE UNO: LA IMPORTANCIA DE LA MIRADA EVOLUTIVA

Recordemos que la evolución es el conjunto de cambios que ocurren en las especies a través del tiempo. Estos incluyen:

- Su origen a partir de otra especie preexistente.
- Las relaciones con otras que se originaron a partir de un antepasado común.
- Los cambios que ocurren en ellas a través del tiempo geológico (miles y hasta millones de años, según la especie). Estos cambios se relacionan con la supervivencia en determinados ambientes, es decir, con las adaptaciones.
- La extinción que es la desaparición total e irreversible de una especie.

Para conocer sobre la evolución humana, es importante prestar atención a diferentes miradas o perspectivas. Se necesita el aporte de varias disciplinas científicas, como la antropología, paleontología, arqueología, psicología, historia, ecología, química, biología general, y, también, biología evolutiva. Se trata de un tema tan amplio y, casi siempre complejo, que necesita del conjunto de estos aportes para una mejor comprensión de la evolución de nuestra especie y del recorrido que nos permite llegar hasta ella, conociendo algo más de nuestros antepasados. Aquí es importante aclarar que no se trata de un camino lineal. Podemos imaginar, como modelo representativo de

Scanned by CamScanner

las relaciones evolutivas de parentesco entre especies, un arbusto con algunas gruesas ramificaciones, con ramas que se dividen en otras más pequeñas, con pequeños brotes. Cada una de ellas representa a alguna especie o a un grupo de especies con las que estamos emparentados: el linaje.

Si recordamos lo desarrollado en el capítulo 1 sobre las propiedades emergentes de los niveles de organización, cuando nos referimos al enfoque evolutivo, observamos que supera el nivel del organismo (mesocosmos) y las células (microcosmos). Entonces, corresponde ubicarnos en el nivel que integra a las especies, en el conjunto de la diversidad biológica (macrocosmos). En el caso particular de la evolución humana, vale la pena destacar que están involucrados dos aspectos. Uno de ellos es el biológico, que compartimos con los demás seres vivos y el otro es el cultural, propio de los humanos e inseparable del anterior. La perspectiva sociocultural proporciona a nuestra especie características especiales, que están relacionadas con las funciones del sistema nervioso y el psiquismo e incluye las características de nuestra vida en sociedad. Nos ocuparemos de esto más adelante, en este mismo capítulo.

Para comprender mejor el tema, les proponemos participar de un viaje en el tiempo y hacer una visita imaginaria a algunos de nuestros antepasados.

PALEODETECTIVES: EN BUSCA DE LAS EVIDENCIAS DE LA EVOLUCIÓN HUMANA

En el capítulo 1, nos preguntamos: ¿cómo es posible construir el arbusto de diversidad de especies? Ahora, que sabemos que hay equipos de científicos que se ocupan de buscar e interpretar las evidencias de la evolución, podemos agregar más interrogantes: ¿podemos conocer las características de las especies que nos precedieron y forman parte de nuestro linaje?, ¿qué evidencias aportan información sobre sus características físicas y sus hábitos y comportamientos? La respuesta a estos interrogantes es compleja y requiere del aporte de varias disciplinas científicas y de trabajo en equipo de los científicos.

Si imaginamos una visita a un museo de Ciencias Naturales y recorremos las salas asignadas a estas disciplinas, al llegar a la de paleoecología, podríamos encontrar información que nos permita reconstruir entornos e interacciones entre las poblaciones y su ambiente. A modo de ejemplo, el conocimiento de los posibles alimentos consumidos por homínidos extintos puede obtenerse de la interpretación de fósiles de animales, granos de polen, fibras vegetales en materia fecal fosilizada, hallados cerca de fósiles humanos. Estas evidencias nos permiten inferir cuál era la dieta de una especie y qué relaciones se habrían establecido entre sí y con las otras especies. Por ejemplo, posibles interacciones de competencia con sus congéneres y con otros mamíferos, estrategias de depredación y carroñeo y búsqueda de otras fuentes de nutrientes. Aquí también harían su aporte la zooarqueología, la arqueología y la paleontología.

Reserva Natural Pehuén-Co, al sur de la provincia de Buenos Aires, sitio paleoantropológico donde se hallaron huellas humanas fosilizadas

Scanned by CamScanner

Respecto de los aportes de esta última disciplina científica, por ejemplo, en las imágenes podemos observar huellas fósiles de humanos que vivieron hace aproximadamente 7000 años en Pehuén-Co, cerca de Monte Hermoso, en la provincia de Buenos Aires. Otras veces los fósiles preservan partes duras del cuerpo, la mayoría de las veces, fragmentos de huesos y, muy pocas veces, huesos completos.

Los fósiles hallados de un ejemplar de *Australopithecus afarensis* hembra, más conocido como "Lucy", fue apodado así por el equipo que lo descubrió en 1974, en la región de Afar, Etiopía, ya que estaban escuchando "Lucy en el cielo con diamantes" de The Beatles. Estas evidencias se encontraban dispersas, desordenadas, y solo el ojo entrenado de un científico podría darse cuenta de que se trataban de fósiles humanos. Luego, una vez obtenidos y guardados siguiendo los protocolos científicos, comienzan a analizarse, ordenarse e interpretarse en los laboratorios paleontológicos. También, es posible reconstruir los huesos o sus partes faltantes.

Actividades

1. Imaginen que se dedican a la investigación científica en alguno de los campos mencionados antes: ¿qué pruebas creen que podrían aportar desde su especialidad?, ¿dónde las buscarían?, ¿de qué manera intervendrían en un equipo de investigación científica que estudia un nuevo hallazgo importante sobre la evolución de nuestra especie? Con sus compañeros, organicen una representación en el aula o una filmación de una escena representativa de la situación elegida. También, pueden redactar un breve informe, imaginando que se trata de una presentación sobre el trabajo realizado.

2. Propongan una posible explicación sobre los siguientes interrogantes:
   a) Los científicos afirman que "Lucy" era bípeda: ¿en qué creen que se basaron para afirmarlo?
   b) ¿Cómo sabían los paleoantropólogos que "Lucy" era hembra? ¿Qué habrán hecho para comprobarlo?
   c) ¿Qué evidencias habrán tenido en cuenta para reconstruir las partes faltantes del esqueleto de "Lucy"? ¿Y para realizar una reconstrucción de la apariencia de Lucy, tal como lo muestran las imágenes?
   d) Formulen nuevas preguntas, imaginando que forman parte de un equipo de investigación sobre antepasados de nuestra especie.

Scanned by CamScanner

COMUNICAR A TRAVÉS DEL ARTE RUPESTRE

Como no disponemos de registros escritos que nos permitan saber cómo se comportaban y organizaban y qué hacían nuestros antepasados homínidos más remotos, los investigadores pueden interpretar las evidencias halladas y ofrecer un modelo explicativo basado en ellas. La interpretación del arte rupestre (pinturas muy antiguas realizadas en cuevas) es otra de las formas de acceder a esta información.

Estos caminos, y otros que presentaremos en este capítulo, nos conducen a un viaje hacia el pasado, lleno de obstáculos, de callejones sin salida y de atajos que parecen llevarnos a ninguna parte, porque la evolución es así, no hay una dirección. Solo podemos representar y reconstruir algunas piezas de un rompecabezas y continuar haciéndonos preguntas, muchas preguntas, que nos aproximan a los tiempos más remotos de la humanidad.

Actividad

Propongan explicaciones sobre la vida de los humanos que realizaron estas pinturas rupestres. Organizados en grupos de trabajo, escriban un breve relato, a modo de crónica, del posible estilo de vida que llevaban. Pueden consultar al docente de Historia para obtener más información sobre la antigüedad de estas pinturas y las características de estas culturas; con el de Geografía sobre la localización geográfica probable donde pueden hallarse estas representaciones artísticas y por qué se han preservado durante miles de años, entre otras inquietudes que surjan.

Scanned by CamScanner

NATALIA VICENTE
Licenciada en Enseñanza
de la Biología

EL LUGAR DEL HOMBRE EN EL REINO ANIMAL

Como sabemos, taxonómicamente los seres humanos pertenecemos al reino animal. Somos primates. En la actualidad, integramos un grupo de aproximadamente 240 especies y la mayoría de ellas habitan en bosques y selvas tropicales o subtropicales. Entre estas especies, existen relaciones evolutivas de parentesco, que se representan como **filogenias**.

Hoy en día, los especialistas en taxonomía ubican a nuestra especie en un conjunto de muchas otras, organizadas en grupos o categorías taxonómicas. Como ya comentamos, los científicos disponen de evidencias que dan cuenta de nuestras relaciones de parentesco biológico con los primates en particular y también con grupos más abarcativos de diversidad biológica, como los mamíferos, los vertebrados y, finalmente el reino animal y el dominio Eucarya. A continuación, enumeramos estas evidencias:

- Pertenecemos al dominio Eucarya porque estamos constituidos por células eucariotas, que poseen un núcleo definido, organelas y un sistema de membranas interno.
- Somos animales, ya que compartimos con todos ellos estas características: poseemos células eucariotas, somos pluricelulares y de nutrición heterótrofa por digestión.
- Integramos el filum o filo de los cordados, ya que en nuestro desarrollo embrionario, se forma una cuerda dorsal, que luego se reemplaza por la columna vertebral (por esto, formamos parte del grupo vertebrados):
  - Nuestra faringe forma parte del sistema digestivo y respiratorio.
  - El corazón está ubicado en posición ventral.
  - Tenemos una circulación vascular y cerrada.
  - Poseemos un esqueleto interno, constituido por huesos y cartílagos, organizado en esqueleto axial y apendicular, como el resto de los vertebrados.
  - Contamos con un sistema nervioso central formado por el encéfalo y la médula espinal.

Vocabulario +

Filogenia

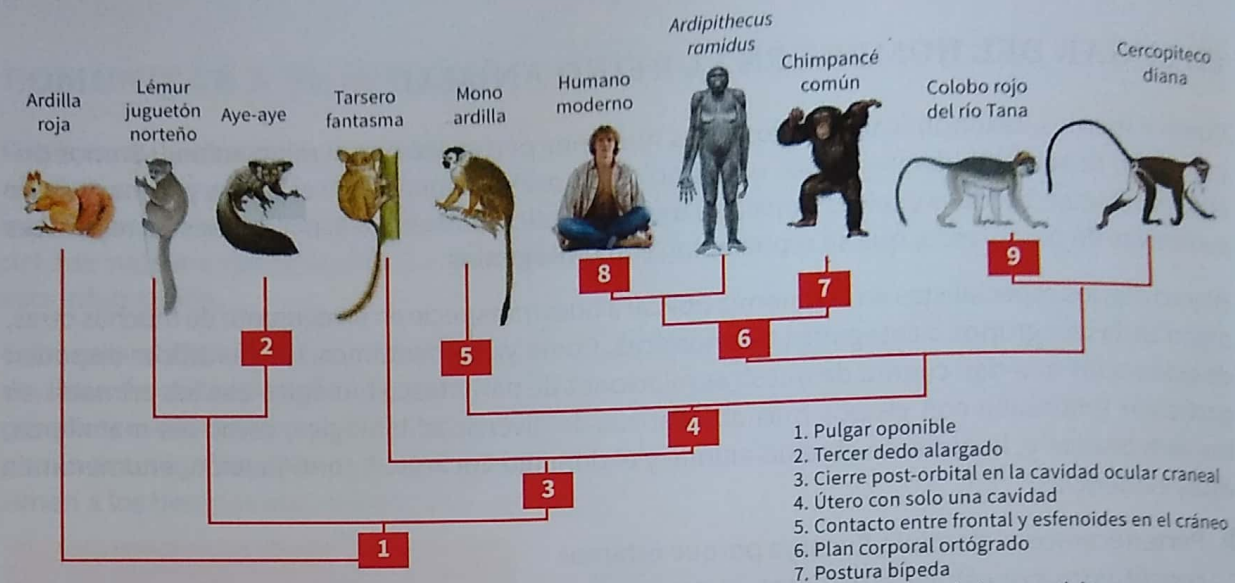
Conjunto de relaciones evolutivas de parentesco entre taxones. Se suelen graficar como árboles o arbustos en los que, cada rama, corresponde a un grupo de seres vivos.

	Ser humano
Dominio	Eukarya
Reino	Animalia
Filo	Chordata
Clase	Mammalia
Orden	Primates
Familia	Hominidae
Género	*Homo*
Especie	*sapiens*

Taxonomía de nuestra especie

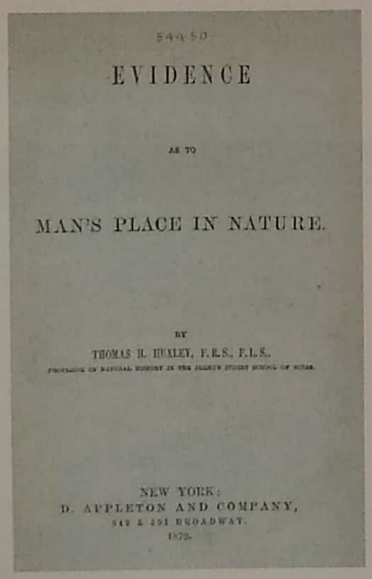
- Pertenecemos a la clase mammalia (mamíferos) cuyas propiedades son:
  - Nuestras crías se desarrollan en el útero materno (fecundación interna y desarrollo embrionario interno: vivíparos).
  - Cuando nacen se alimentan de leche materna, producida por las glándulas mamarias.
  - Nuestro cuerpo está cubierto de pelos, regulamos la temperatura corporal interna (homotermos).
  - Nuestra circulación es vascular, cerrada, doble y completa.

Scanned by CamScanner



Representación de la filogenia de primates

El túnel del tiempo


EVIDENCE

AS TO

MAN'S PLACE IN NATURE.

BY

THOMAS H. HUXLEY, F.R.S., F.L.S.

NEW YORK:
D. APPLETON AND COMPANY,
549 & 551 BROADWAY.
1873.

Portada del libro *Pruebas sobre el lugar del hombre en la naturaleza*, de Thomas Huxley y una imagen del interior en la que se presenta una comparación entre esqueletos de primates

En el siglo XIX, el paleontólogo Richard Owen pretendió demostrar que, en el cerebro humano, había una porción que era exclusiva de nuestra especie, el hipocampo. Esta estructura cerebral, según él, no existía en ningún chimpancé ni en ningún gorila, por lo que representaba la "clave" de la humanidad. En la misma época, Thomas Henry Huxley, después de diseccionar a muchos primates, pudo demostrar que los simios tenían hipocampo. En su libro *Pruebas sobre el lugar del hombre en la naturaleza*, publicado en 1863, por primera vez, aparece la famosa imagen que comparaba el esqueleto de los simios con el de los humanos. Esta figura fue revolucionaria en su época porque, en ella, se ubicaba al ser humano entre las especies de primates, pero representaba, erróneamente, una evolución lineal. Por otro lado, a principios del siglo XX, muchos paleontólogos se ocupaban de buscar el "eslabón perdido" entre los simios y el hombre, tanto en Europa (considerada por entonces la cuna evolutiva del ser humano) como en Lejano Oriente. Allí, se habían hallado fósiles como el de *Pithecanthropus erectus* (el hombre de Java), que hoy los científicos denominan *Homo erectus*, y es una especie de nuestro linaje homínido. La búsqueda del "eslabón perdido" entre simios y humanos continúa hasta hoy y es objeto de expediciones paleoantropológicas.

Scanned by CamScanner

El túnel del tiempo

El biólogo Carl Sagan conocido, entre muchísimos aportes y producciones, por su libro *Cosmos*, se refirió a la revolución de pensamiento que representó la idea de que estamos incluidos en el conjunto de la biodiversidad como una especie más. Durante muchos siglos, hasta el siglo XIX, al menos, se consideró al hombre en la cúspide de la creación. Todas las demás formas de vida eran "inferiores" comparadas con nosotros. Sagan dice: "Luego viene Darwin. Descubrimos una continuidad evolutiva. Estamos relacionados estrechamente con las otras bestias y vegetales. Lo que es más, nuestros parientes biológicos más cercanos son los chimpancés. Esos son nuestros parientes más cercanos (¿esos bichos?) Es una vergüenza. ¿Has ido alguna vez al zoo y los has visto? ¿Sabés lo que hacen? Imaginá lo embarazosa que era esta verdad en la Inglaterra victoriana, cuando Darwin tuvo esta idea".

CON USTEDES: LOS PRIMATES

El grupo de los primates es un orden de mamíferos placentarios, es decir, cuyos embriones se desarrollan dentro del útero, unido a él por la placenta. Está integrado por un poco más de 280 especies, sin contar las especies fósiles. Los primates varían desde el gorila de montaña con 170 centímetros de altura y 200 kilos, hasta los 24 a 38 gramos y 12,5 centímetros de los lémures ratón de Madagascar. Incluye a los gorilas, orangutanes, mono araña sudamericano, mono aullador, chimpancés, entre otros, y, por supuesto, nosotros. Las características que los distinguen de otros mamíferos son:

- Poseemos visión binocular: los dos ojos se encuentran mirando hacia el frente. Esto facilita la percepción de la profundidad.
- Percepción de los colores (en la gran mayoría de los primates).
- El tronco de los primates tiende a estar erguido al estar sentados, al trepar o al caminar.
- En el cráneo, las órbitas oculares están rodeadas de hueso.
- Los hemisferios cerebrales están bien desarrollados.
- Los pulgares están opuestos al resto de los dedos, al menos en una de las extremidades, lo que permite agarrar y sujetar objetos con las manos, y a los primates arborícolas les ayuda a moverse entre los árboles.
- Presencia de uñas planas en lugar de garras en las manos y pies.
- Presencia de clavícula, que es el hueso que une el esternón al omóplato.

Diversidad de primates actuales

Scanned by CamScanner

- La articulación del hombro se encuentra bien desarrollada, lo que permite el movimiento del brazo en todas las direcciones.
- La articulación de los huesos cúbito y radio, en el antebrazo, permite la rotación del antebrazo. Los movimientos de rotación del antebrazo se conocen como pronación y supinación.

LOS HOMÍNIDOS

Ahora que conocemos características de los primates, grupo al que pertenecemos, podemos preguntarnos: ¿qué es un homínido?

El término **homínido** hace referencia a un grupo zoológico que incluye a aquellas especies de primates, tanto actuales como las que extinguieron, que están más cercanamente emparentadas con el ser humano (*Homo sapiens*) que con el chimpancé. Una característica que distingue a los homínidos del resto de los primates es la posición erguida del cuerpo y la locomoción bípeda. De esto, nos ocuparemos en detalle en este mismo capítulo, más adelante.

Cuando nos referimos a la evolución de los homínidos es imprescindible tener en cuenta que nuestra evolución es biológica y cultural. Los aspectos biológicos y los socioculturales de la evolución de nuestra especie van de la mano y solo los desarrollamos por separado para poder estudiarlos.

El túnel del tiempo

¿Se han preguntado qué ha expresado Darwin sobre el origen del hombre?

Sobre la ubicación de nuestra especie en el conjunto de la diversidad biológica, Charles Darwin escribió en *El origen del hombre* (1859): "Admitiendo que los monos antropomorfos formen un subgrupo natural y siendo el hombre tan parecido a estos animales, no solo en todos aquellos caracteres que le son comunes con todo el grupo catarrino, sino también en otros caracteres peculiares, como ausencia de cola y de callosidades, y en su aspecto general, podemos inferir que un miembro antiguo del subgrupo antropomorfo diera origen al hombre".

Darwin afirma que el hombre es el descendiente modificado de alguna forma preexistente, tal como sucede con todas las especies de seres vivos. También, alega que pertenecemos al grupo de los vertebrados y conservamos características de ellos, algunas de las cuales se manifiestan durante las etapas del desarrollo. Nos ubica en el conjunto del reino animal y afirma que nuestra especie está sujeta a los mismos procesos biológicos de evolución por selección natural que el resto de los seres vivos. En el siglo XIX, esto provocó una revolución en el pensamiento científico, con mucha resistencia, entre naturalistas y a nivel social.

Scanned by CamScanner

Si de supervivencia se trata: adaptaciones

La microevolución tiene en cuenta cómo opera la selección natural sobre las variaciones (diferencias individuales). Este mecanismo de cambio da lugar a las características adaptativas, a partir de la conservación de las características favorablemente seleccionadas. Como todas las especies que integran la biodiversidad, la nuestra tiene adaptaciones, es decir, características que hacen posible la supervivencia de las poblaciones en determinados ambientes, durante un tiempo dado. Algunas de estas adaptaciones son:

- La postura bípeda hizo posible que, al erguirnos podamos observar a la distancia, tanto las fuentes de alimento, como también, a los posibles depredadores.
- La visión binocular, o **estereoscópica**, permite percibir distancias, construir imágenes tridimensionales, además de la percepción de los colores.
- La presencia del pulgar oponible en la mano, hace posible la aprehensión de objetos. También, junto con el desarrollo de capacidades intelectuales, construir herramientas, expresarnos a través de la escritura y el arte y armas para defendernos y atacar, por ejemplo a depredadores.
- La presencia de dientes con diferentes formas, como los incisivos, caninos, molares, permite ampliar los hábitos alimentarios, de tipo omnívoros.

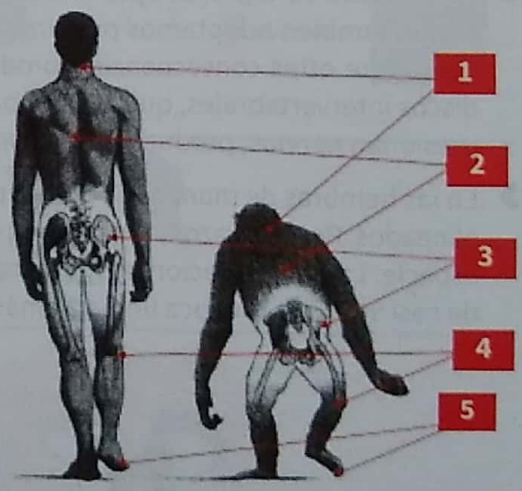
Vocabulario +

Visión estereoscópica

Aquella que integra dos imágenes que el cerebro, es capaz de integrar en una sola, y crear una imagen tridimensional.

Señas particulares: bípedos

La bipedestación, es decir, la capacidad de erguirnos y caminar apoyados en las extremidades inferiores, es la primera característica que apareció en nuestro linaje y que nos distingue de otros primates. Por lo tanto, es la propiedad que los científicos toman en cuenta para determinar si un nuevo hallazgo fósil pertenece o no a los homínidos y sus antepasados más cercanos, por ejemplo, los *Australopithecus*. La bipedestación se asocia a cambios en el cuerpo. Por ejemplo, la columna vertebral se transforma en el eje que soporta el peso de la cabeza y el tronco. En ella, se forman curvaturas en la zona cervical, dorsal y lumbar. El agujero del hueso occipital, que permite la comunicación entre la médula espinal y el tronco encefálico se desplaza hacia a la base del cráneo, en lugar de estar ubicado atrás, como en otros primates. También, se forma el arco plantar. Otras características se suman a las que se consideran propias de los homínidos, como la visión frontal y estereoscópica, la cefalización, el pulgar oponible en las manos con adaptaciones.



1. El foramen Magnum se desplazó.
2. La columna vertebral más sinuosa.
3. La pelvis se ensancha.
4. Las rodillas se desplazan.
5. Los dedos pulgares cambian de posición.

Comparación entre características del esqueleto de un humano actual y un chimpancé

Scanned by CamScanner

Aventuras y desventuras de la bipedestación

Si bien la bipedestación es una característica de los homínidos con valor adaptativo, y que ha sido conservada por la selección natural, en evolución, no todo es "color de rosa". La capacidad de erguirse y trasladarse caminando en sus dos piernas tiene ventajas y desventajas.

Entre las ventajas, podemos enumerar:

- La postura erguida y la posición de los fémures, articulados con la cadera en ángulo hacia adentro, y la formación del arco plantar en los pies, permiten avanzar sin bambolearse, como lo hacen los chimpancés.
- Al erguirnos, pudimos elevarnos por encima de los pastos altos de las sabanas y divisar a la distancia, tanto a los posibles depredadores como a las potenciales fuentes de alimentos, o refugios.
- La visión binocular, junto con la capacidad de erguirnos, mejora nuestra capacidad de percepción visual. La presencia del pulgar oponible en nuestras manos libres, sumado a funciones cerebrales muy específicas, relacionadas con la motricidad fina, permitió el desarrollo de la comunicación escrita y manifestaciones artísticas y tecnológicas. Respecto del cambio de posición de algunos órganos, al erguirnos, la vulva, incluido el clítoris, quedó ubicada en posición frontal. Esto posibilitó la práctica de relaciones sexuales enfrentadas y el orgasmo femenino.

Sin embargo, esta capacidad también tiene consecuencias que resultan desventajosas:

- Al erguirnos, nuestros órganos del tórax y abdomen, quedan "apilados", en lugar de "colgar" de la columna, como en los animales vertebrados cuadrúpedos.
- La columna vertebral adoptó una serie de curvaturas, producto de la nueva postura. Sin embargo, también adoptamos posturas que aumentan esas curvaturas y producen desviaciones que, entre otras consecuencias, producen dolores y modificaciones corporales. También, los discos intervertebrales, que forman parte de las articulaciones, tienden a aplanarse y, a veces, presionan nervios, produciendo dolores, hernias de disco.
- En las hembras de mamíferos cuadrúpedos, el útero y la vagina (canal de parto) se encuentran alineados. Por esta razón, la expulsión del feto resulta menos dolorosa y compleja que en nuestra especie. La bipedestación ha modificado la posición del útero y vagina, que forman un ángulo de casi 90°. Esto provoca un parto más complejo.

Lucy - Hace 3 millones de años
Igual capacidad craneana que un chimpancé y pelvis "plenamente humana"

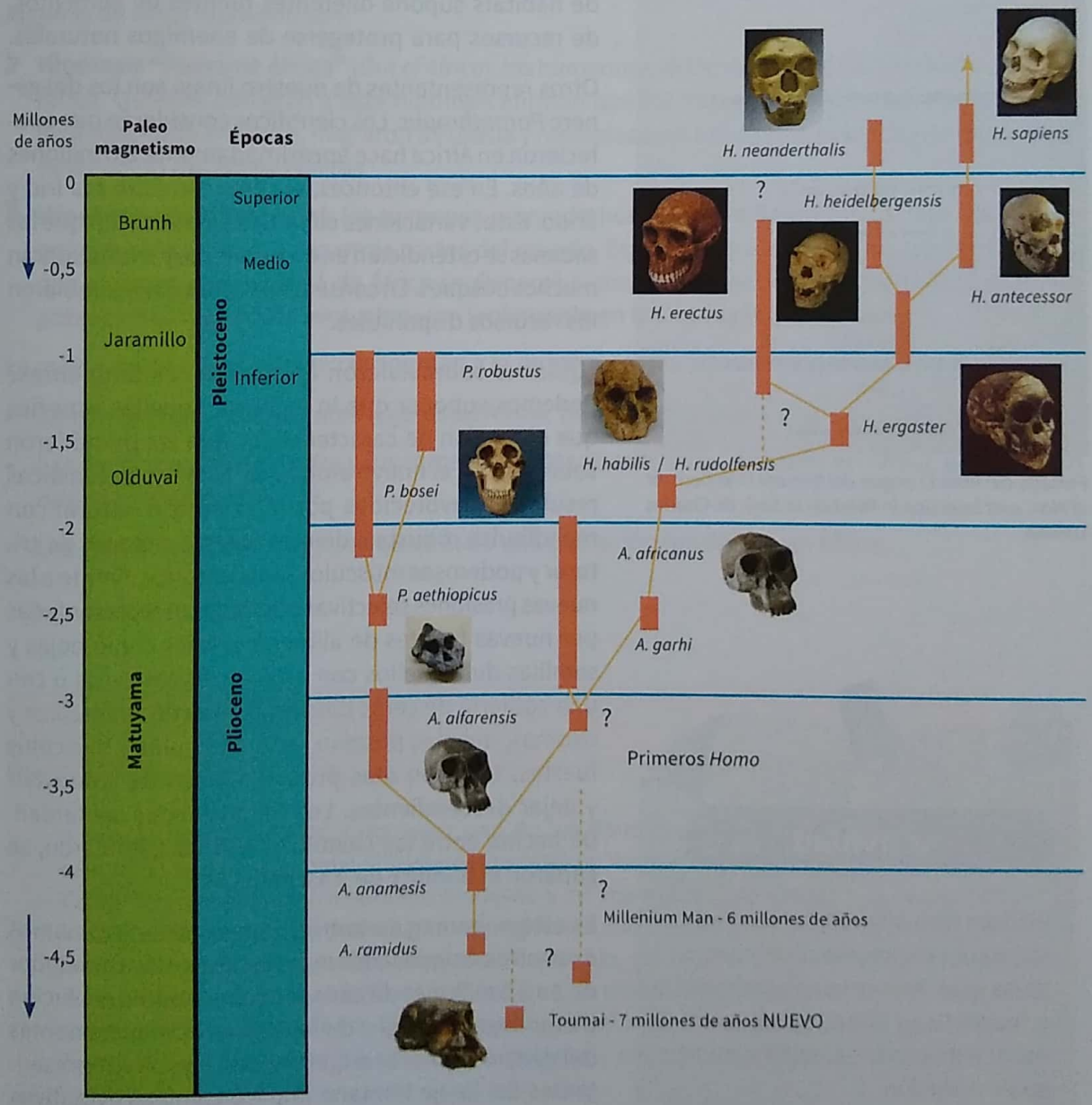
Comparación entre pelvis de una hembra de chimpancé, *Australophitecus* y *Homo sapiens*

Scanned by CamScanner

ASUNTOS DE FAMILIA: EL LINAJE HOMÍNIDO Y LA DIVERSIDAD EN EL GÉNERO HOMO

Los humanos somos parte de la biodiversidad, producto de mecanismos macroevolutivos que nos emparentan con otras especies de seres vivos. Cabe aclarar que sería un error considerar a nuestra especie y sus parientes cercanos como la cima de la historia evolutiva de la vida en nuestro planeta. Solo somos algunos de los representantes que se han originado más recientemente en el tiempo: un pequeñísimo brote en el árbol de la vida

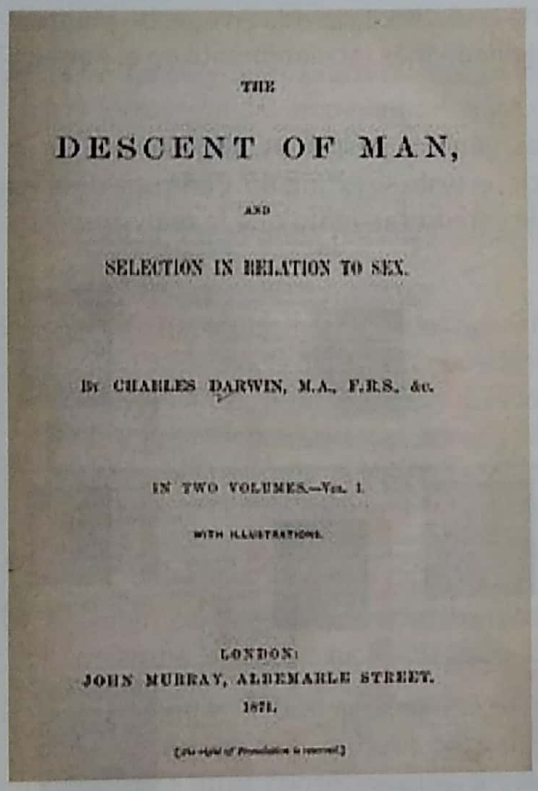
El linaje humano está integrado por diversidad de familias, géneros y especies, originadas a partir de antecesores comunes. Con excepción de nuestra especie, el resto se extinguió. Cada una de ellas presentaba características estructurales, funcionales y de comportamiento que le eran propias y otras compartidas con otras especies cercanas.



Géneros y especies representativas del linaje humano y sus posibles relaciones filogenéticas

Scanned by CamScanner

Los paleoantropólogos, en las últimas décadas, han hallado fósiles de nuevas especies de primates evolutivamente relacionadas con la nuestra. Se trata de algunas bastante más antiguas que las que fueron consideradas durante el siglo XX como nuestros antepasados más remotos: los *Australopithecus*. Algunas son *Sahelantropus sp.*, *Ardipitecus sp.*, *Orrorín sp.*, datados en casi 6 a 7 millones de años atrás. Todas ellas eran bípedas.


THE

DESCENT OF MAN,

AND

SELECTION IN RELATION TO SEX.

BY CHARLES DARWIN, M.A., F.R.S. &c.

IN TWO VOLUMES.—VOL. I.

WITH ILLUSTRATIONS.

LONDON:
JOHN MURRAY, ALBEMARLE STREET.
1871.

Portada del libro *El origen del hombre* (*The Descent of Man, and Selection in Relation to Sex*), de Charles Darwin

Continuamos nuestro viaje imaginario en el tiempo. Las evidencias fósiles sugieren que hace aproximadamente 3,8 millones de años se originaron los primeros *Australopithecus*. Estos constituyen un grupo taxonómico, que integra el linaje humano y habitaron el este y sur de África. Los paleoantropólogos sostienen que vivieron en bosques de ribera y áreas más abiertas. Esta diversidad de hábitats supone diferentes fuentes de alimentos, de recursos para protegerse de enemigos naturales.

Otros representantes de nuestro linaje son los del género *Paranthropus*. Los científicos consideran que aparecieron en África hace aproximadamente 2,6 millones de años. En ese entonces, el clima terrestre era frío y árido. Estas variaciones climáticas provocaron que las sabanas se extendieran en el continente y reemplazaran muchos bosques. En consecuencia, también cambiaron los recursos disponibles.

¿Quiénes sobrevivieron en los nuevos ambientes? Podemos suponer que lo lograron aquellas especies que disponían de características que les permitieron sobrevivir en el nuevo ambiente. Estas características resultaron favorecidas por la selección natural con mandíbulas robustas, dientes fuertes capaces de triturar y poderosos músculos masticatorios. Frente a las nuevas presiones selectivas que estaban representadas por nuevas fuentes de alimentos, tales como hojas y semillas duras, tallos con espinas, frutos secos o con una cubierta de ceras difíciles de digerir, tubérculos y rizomas, quienes poseían las mandíbulas y músculos fuertes, tuvieron más probabilidades de sobrevivir y dejar descendientes. Los *Paranthropus* las tenían. De hecho, entre los científicos que los estudiaron, se ganaron el nombre de 'cascanueces'.

Actividad

Piensen otro ejemplo relacionado con alguna característica del cuerpo de las especies que nos precedieron e hipoteticen sobre cómo pudo haber actuado la selección natural en su evolución.

En este viaje imaginario en el tiempo, nos aproximamos a nuestros antepasados más cercanos. Hace alrededor de 2 a 2,5 millones de años, los caminos de la evolución dieron lugar al origen de los primeros representantes del género *Homo*. El origen de estos nuevos representantes del linaje humano implicó cambios evolutivos que marcaron diferencias con sus ancestros. Una de ellas es el desarrollo de funciones del cerebro, tales

Scanned by CamScanner

como algunas de nuestra corteza cerebral que se relacionan con los procesos intelectuales. De estas características, nos ocuparemos más adelante, en este capítulo.

HIPÓTESIS SOBRE LOS ORÍGENES DEL HOMO SAPIENS

¿Cuál fue el origen de nuestra especie? ¿Dónde se originaron los primeros humanos como nosotros? Estas son algunas de las preguntas que los científicos, especialistas en paleoantropología, se han hecho con el propósito de conocer más y mejor la evolución de nuestra especie y su relación con las que integran nuestro linaje. Frente a estos interrogantes, los equipos de investigación proponen hipótesis que luego ponen a prueba, a partir de evidencias científicas, basadas en la interpretación de restos fósiles, que aporta la paleontología, en estudios de genética, antropología, entre otras disciplinas.

Algunas de estas hipótesis son:

- **Hipótesis "Fuera de África"** (*Out of Africa*): los humanos modernos se originaron en un solo lugar: África. Quienes adhieren a esta hipótesis afirman que los humanos modernos se originaron y evolucionaron en África, migraron a Eurasia y reemplazaron a todas las poblaciones que habían descendido del *Homo erectus*.
- **Hipótesis multirregional**: los humanos premodernos migraron desde África para convertirse en humanos modernos en otras partes del mundo. Esta explicación considera que después de que el *Homo erectus* salió de África se dispersó a otras porciones del Viejo Mundo. Luego, las poblaciones regionales evolucionaron lentamente en los humanos modernos.

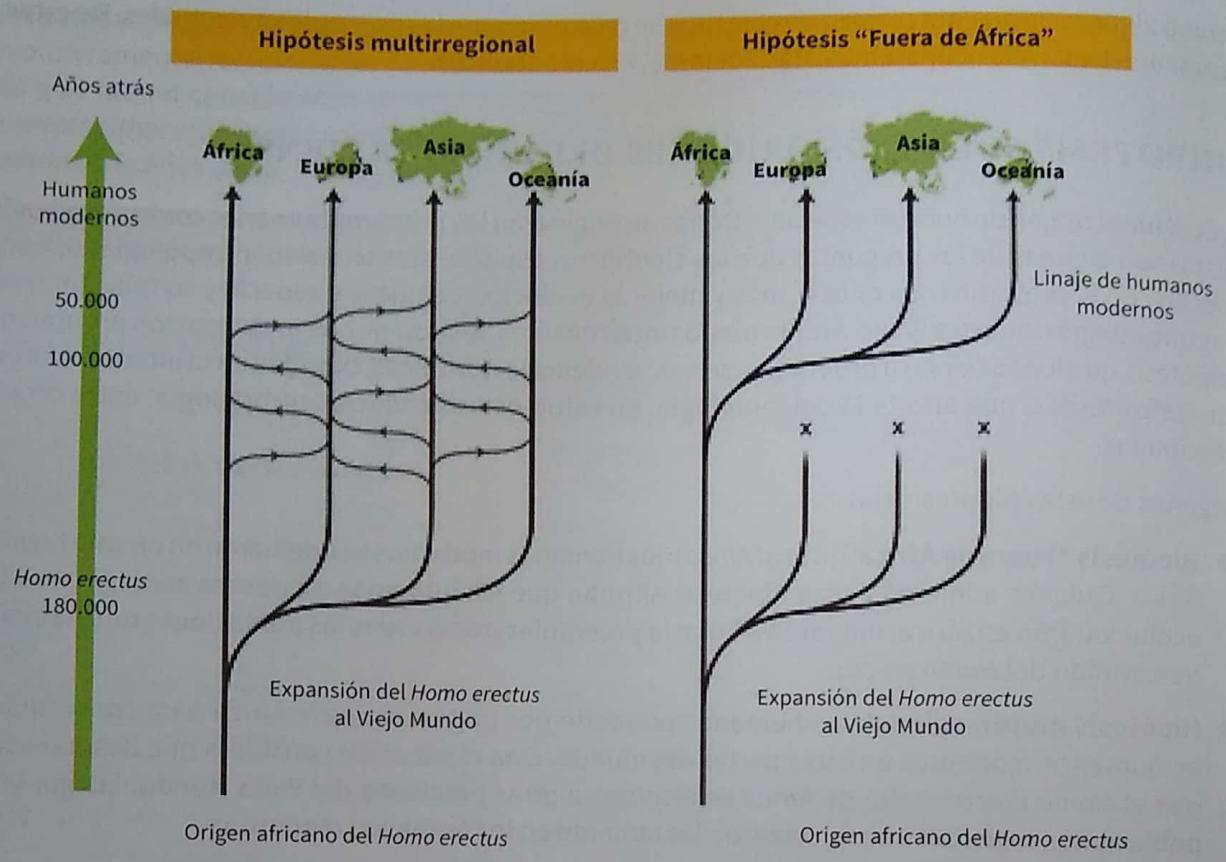
La mayor parte de las evidencias apuntan a la primera por las siguientes razones:

- Se han hallado, en diferentes lugares de África, fósiles de humanos parecidos a los modernos.
- Las herramientas de piedra y los otros artefactos encontrados, también en África, apoyan a un origen en este continente.
- Los estudios del ADN sugieren que existió una población fundadora en África.

El túnel del tiempo

A principios del siglo XX, tuvo lugar uno de los fraudes científicos más conocidos en el campo de la paleontología: el tristemente célebre "hombre de Piltdown". Se trató del hallazgo de un cráneo de un humano moderno y de una mandíbula similar a la de un simio. La comunidad científica de la época, en Inglaterra, dio crédito al fraudulento hallazgo y lo interpretó como una especie primitiva de homínido, de origen europeo. Esto se asociaba con la idea de algunos científicos que trataron de demostrar que los orígenes de nuestra especie no estaban en África. Recién a mediados del siglo XX, quedó expuesta esta "estafa científica". ¿Por qué piensan que, en ese entonces, creyeron que ese fósil falso podía ser real?

Scanned by CamScanner



Hipótesis sobre el origen de los homínidos

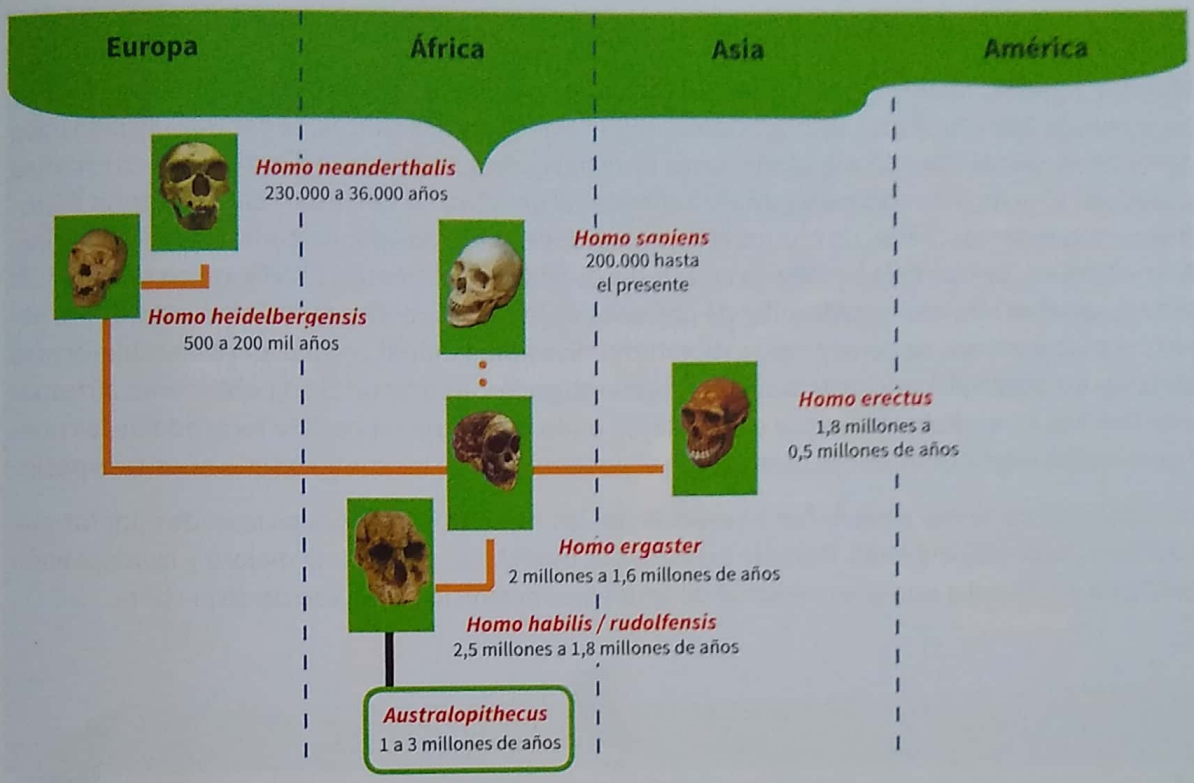
¡AL MUNDO! EXPANSIÓN DE LOS HOMÍNIDOS

Migraciones del Homo ergaster

Como vimos, hay evidencias científicas que demuestran que algunas especies de homínidos realizaron migraciones. Estas les permitieron salir de su lugar de origen y poblar otros territorios, otros continentes. Los especialistas, basados en pruebas científicas, tales como restos fósiles, herramientas, estudios genéticos, han demostrado que el *Homo ergaster* fue capaz de abandonar el continente africano, donde se originó, e iniciar una gran migración. Para hacerlo, fue necesario disponer de características físicas que le permitieran, a estas poblaciones, soportar las duras condiciones a las que seguramente se enfrentaron en esta gran travesía. Se requería fortaleza física, desarrollo de una musculatura resistente, capacidad de adaptarse a nuevos hábitos alimentarios, según los lugares que iban recorriendo, una organización social, que les permitiera llevar adelante un viaje que duraría muchas generaciones.

Con las evidencias científicas disponibles, los investigadores han construido mapas de las posibles rutas migratorias de esta especie. También, integraron esta información con otras pruebas científicas, para completar el linaje humano y el posible origen de algunas especies cercanas a la nuestra.

Scanned by CamScanner



Relación entre algunas especies de nuestro linaje y su lugar de origen

El *Homo ergaster* se dispersó fuera de África siguiendo dos rutas principales: una hacia Europa y otra por Asia, donde evolucionaron como *Homo antecessor* y *Homo heidelbergensis* respectivamente, al que le sucede el *Homo neanderthalensis*

Scanned by CamScanner

Migraciones del Homo sapiens

Nuestra especie, *Homo sapiens*, también fue capaz de migrar, habiéndose originado en África hace más de 200.000 años. Las migraciones, según evidencias científicas, se habrían iniciado hace aproximadamente 130.000 años. Entre otras investigaciones, se destacan dos, basadas en estudios genéticos. Una de ellas comparó y analizó el material genético contenido en el cromosoma Y (cromosoma sexual masculino) de una muestra muy grande, integrada por personas de África, Europa, Asia y América. La otra está basada en un estudio dirigido por el científico Wells, quien analizó ADN mitocondrial de una muestra de miles de personas de todos los continentes. Como este ADN se hereda por vía materna, se denominó a este estudio "Eva mitocondrial", en alusión a las mujeres más antiguas de origen africano rastreadas en esta investigación. A partir de estas poblaciones africanas y de muchas otras distribuidas por el mundo, se pudo reconstruir el posible recorrido de las principales rutas migratorias que le permitieron el poblamiento de los continentes a nuestra especie.

La expansión de *Homo sapiens* fue favorecida por los cambios climáticos provocados por las glaciaciones, hace 150 mil años. Durante los períodos interglaciares, el clima mejoró y la adaptación biológica y cultural a una gran variedad de ambientes favoreció el proceso de dispersión.

Actividad

¿Cómo fue posible cruzar barreras geográficas como mares? Formulen una hipótesis a este interrogante. Luego, busquen información sobre las características del planeta en las épocas de migraciones, las tecnologías disponibles para estos grupos humanos. Pueden integrar a su búsqueda a los profesores de Historia, Geografía y Ciencias de la Tierra.

Comuniquen sus resultados en un póster, que incluya imágenes representativas de la información obtenida, tales como mapas, gráficos que muestren cambios climáticos, herramientas usadas, etcétera.

ORIGEN DEL HOMBRE AMERICANO: POBLAMIENTO DE AMÉRICA

El continente americano fue el último en ser poblado por nuestra especie (sin considerar el continente Antártico, poblado hace apenas poco más de un siglo, a fines del siglo XIX, según el desembarco más antiguo registrado). Los paleoantropólogos y los arqueólogos buscan e interpretan restos fósiles y arqueológicos, tales como utensilios, herramientas, posibles viviendas y vestimenta. Con ellas, luego de datarlas en el tiempo, pueden reconstruir acontecimientos del pasado, como la antigüedad estimada del cruce desde otro continente hacia América, cómo y en qué llegaron, hacia dónde se dirigieron, dónde se instalaron, cómo continuó la migración.

La explicación más difundida indica que los humanos ingresaron a América desde el norte de Asia (hoy Siberia) hace, aproximadamente 15.000 años. Cruzaron el estrecho de Bering hasta lo que hoy es Alaska. Desde allí, poblaron América del Norte, luego, habrían cruzado el istmo de Panamá para llegar a América del Sur y distribuirse hasta la isla de Tierra del Fuego.

Scanned by CamScanner

Posibles rutas migratorias de nuestra especie, desde su salida de África.

Sin embargo, en ciencias no hay verdades absolutas. Por esto, otros equipos de investigación, consideran otras hipótesis y otras evidencias científicas. Una de ellas, cuestiona la explicación anterior, basándose en la antigüedad de algunos restos arqueológicos hallados en Tierra del Fuego, que es mayor que la mencionada en el párrafo anterior. También analizaron la similitud entre la cultura de los pobladores selknam (antigua etnia de Tierra del Fuego) y pueblos maoríes, que habitan islas de Pacífico, por ejemplo Nueva Zelanda, la Polinesia. Otro estudio reciente, investiga restos arqueológicos hallados en NOA (Noroeste argentino), datados en 40.000 años, un antigüedad mucho mayor a la que proponen otras investigaciones. Una profundización en estos resultados, y nuevas hipótesis e investigaciones, pueden modificar el conocimiento científico aceptado hoy en día sobre el poblamiento de América.

EXPANSIÓN DEL HOMBRE EN EL PLANETA: EL HOMBRE COMO FACTOR EVOLUTIVO

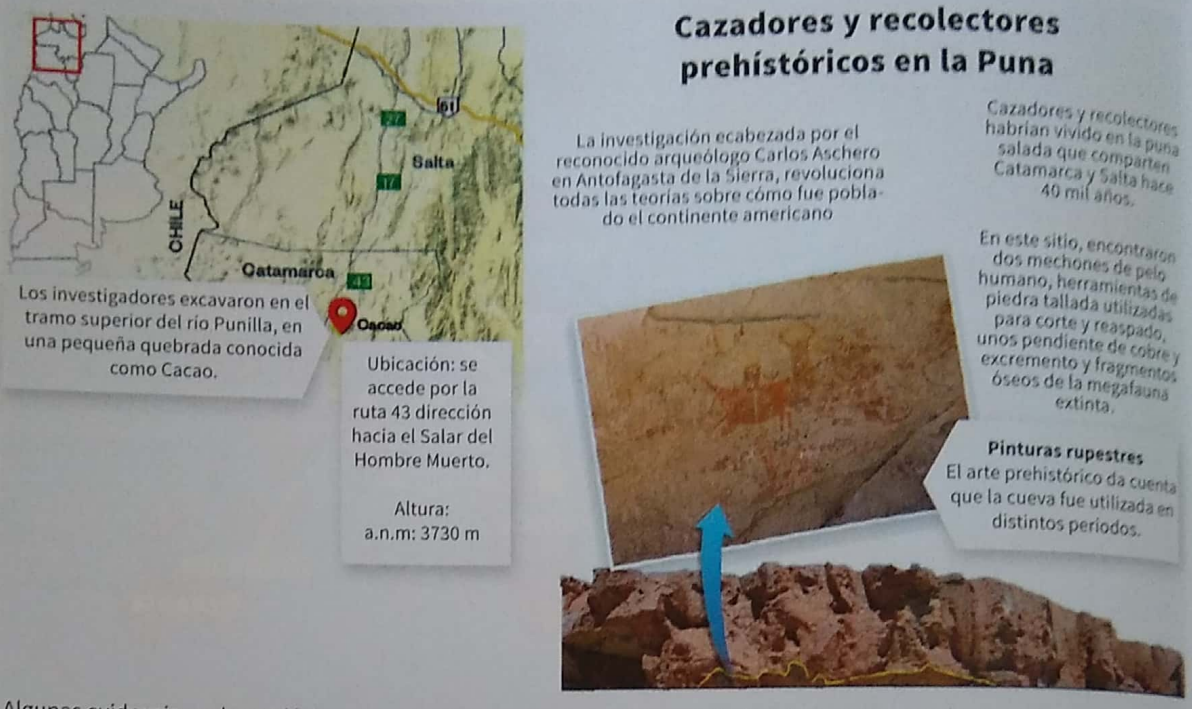
PUNA

Hallan evidencia de que la Puna estuvo habitada hace 40 mil años

18 DE MAYO 2018 - 01:10 Encontraron restos arqueológicos que derriban teorías sobre la ocupación de América.Cazadores y recolectores vivieron en una zona que ahora comparten Salta y Catamarca.

Noticia en el diario *El Tribuno* sobre el hallazgo de evidencias que modificarían las fechas de llegada de los primeros humanos a América

Scanned by CamScanner



Algunas evidencias paleontológicas y arqueológicas sobre la posible antigüedad de nuestra especie en América

Nuestra especie, integrando características evolutivas tanto biológicas como culturales, ha logrado expandirse por todo el planeta. Desde el Ártico hasta la Antártida, habita zonas de una altitud que dificulta la vida de muchos otros seres vivos. Ha logrado explorar las profundidades marinas y hasta salir de nuestro planeta. No solo se provee de multiplicidad de recursos, también los ha transformado notablemente. Todo esto no es gratuito. Nuestras intervenciones también producen residuos, contaminan el agua, el aire y el suelo. Muchas veces, y desde hace mucho tiempo, usamos los recursos naturales de forma irresponsable. Los científicos consideran que somos una especie responsable de la extinción de muchas especies de seres vivos, a un ritmo alarmante, al punto de considerarla una nueva extinción masiva.

Por otra parte, también la evolución cultural produce un impacto que genera modificaciones en algunos organismos. Por un lado, esto ha permitido cultivar en sitios donde era prácticamente imposible que crezcan muchas especies que son recursos naturales para nosotros, las han transformado en resistentes a pesticidas, han logrado modificar organismos, que hoy pueden sintetizar químicos, tales como hormonas, vacunas. Pero debemos tener en cuenta que esto incorpora en el ambiente una variabilidad "a medida". Esto significa que los seres humanos somos capaces de producir modificaciones en muchas especies de seres vivos, según las necesidades, como lo ilustran los ejemplos que mencionamos antes. Estos cambios requieren de procesos de evaluación del impacto ambiental que pueden ocasionar si estos organismos modificados se expanden o se cruzan con los que crecen naturalmente. Otro ejemplo de evolución cultural es la tecnología médica, que aporta medicación y tratamientos para enfermedades que hace pocas décadas eran mortales. Para algunos científicos, eventualmente, estos aportes, producto de la cultura, permitirán al hombre dirigir su propia evolución.

Frente a estos cambios, nos preguntamos, como especie: ¿somos conscientes del impacto de estas intervenciones?, ¿las evaluamos?, ¿asumimos la responsabilidad de informarnos para, luego, tomar decisiones sobre nuestro rol como habitantes del planeta, ciudadanos y consumidores?

Scanned by CamScanner

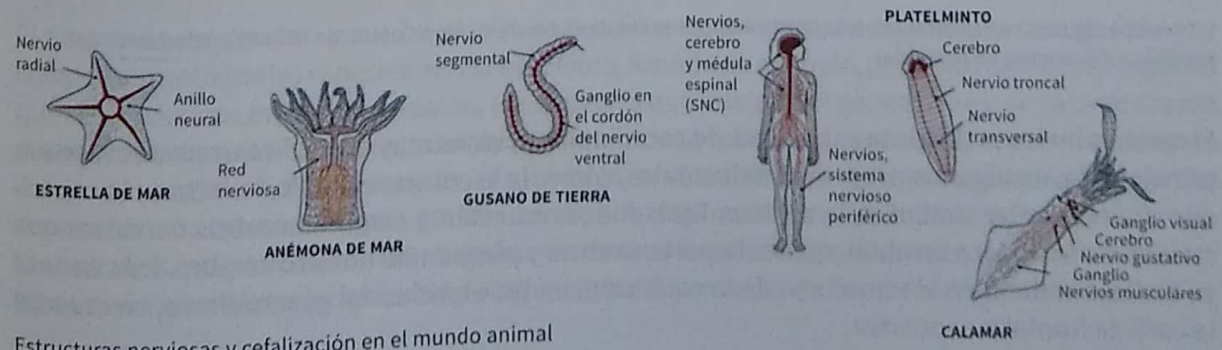
Actividad

Organicen un debate, a partir de las preguntas que formulamos sobre la expansión del hombre en el planeta u otras que surjan en la clase. Para llevarlo a cabo, pueden asignar roles sociales a los grupos de trabajo y, desde cada uno de ellos, fundamentar su respuesta a las preguntas. Algunos actores sociales pueden ser: representantes de científicos (biólogos evolucionistas, genetistas), de grupos ambientalistas, de una industria farmacéutica, de laboratorios/empresas productores de organismos genéticamente modificados, de vecinos/consumidores, de legisladores, entre otros. Luego, diseñen un formato de comunicación de las conclusiones del debate. Recuerden que un debate requiere de la intervención de un moderador.

EVOLUCIÓN DEL CEREBRO HUMANO: LA CEFALIZACIÓN EN EL MUNDO ANIMAL

Hace alrededor de 600 millones de años aparece, en el reino animal, la simetría bilateral. Esta definió, en el cuerpo de los animales, un eje antero-posterior, es decir, un adelante y un atrás. Esta novedad evolutiva permitió avanzar en un sustrato. En la parte anterior del cuerpo, se ubicaron las estructuras encargadas de la percepción sensorial. Por ejemplo, receptores de la luz, del tacto, del olfato, del oído, constituyendo en muchas especies, la cabeza. En su interior, se disponen las estructuras nerviosas que reciben la información sensorial, la procesan y elaboran, a partir de ellas, las respuestas motoras. A comienzos de la era Paleozoica, hace aproximadamente 540 millones de años ya existían especies que habían desarrollado centros nerviosos organizados como sistemas de órganos. En los períodos Ordovícico y Silúrico (aproximadamente 450 millones atrás), se originan los primeros vertebrados, los peces, que ya cuentan con un sistema nervioso central ubicado en la cabeza. Este conjunto de procesos evolutivos y funciones biológicas de coordinación nerviosa se denominan **cefalización**.

El concepto de cefalización también se aplica al desarrollo de algunas funciones nerviosas en los homínidos, a partir del aumento de la superficie de la corteza cerebral, en especial de la corteza frontal o neocórtex. En esta región del cerebro, se coordinan las funciones intelectuales, la motricidad fina y los procesos de la memoria. Se trata de capacidades que hicieron posible la cultura y muchas de sus manifestaciones: la comunicación oral y escrita, las manifestaciones artísticas, el desarrollo de tecnologías, la organización social.



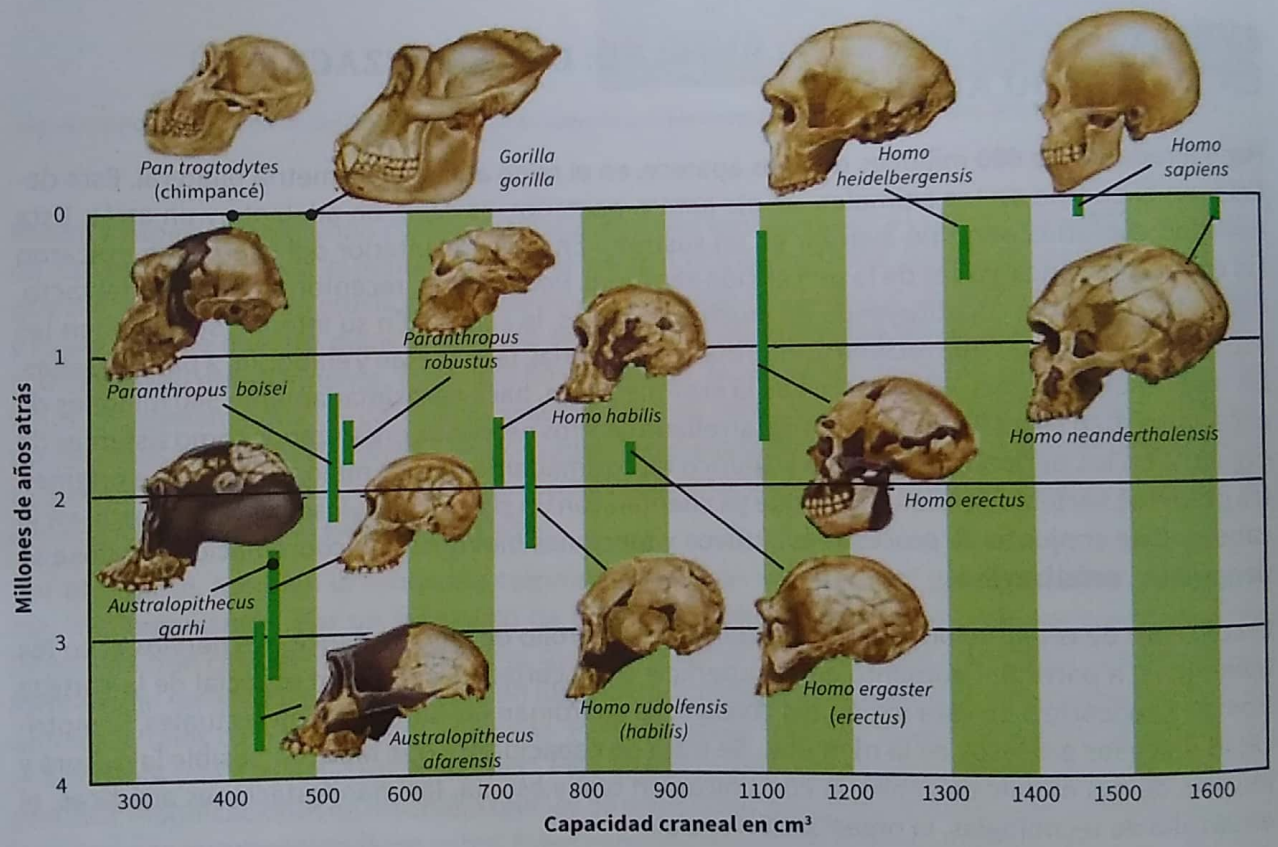
Estructuras nerviosas y cefalización en el mundo animal

Scanned by CamScanner

HOMINIZACIÓN Y CEREBRALIZACIÓN: ORIGEN EVOLUTIVO DEL CEREBRO HUMANO

Nuestro sistema nervioso en general, y nuestro cerebro en particular, comparte características con el de los Cordados Vertebrados. Esto representa una evidencia de la evolución de este grupo a partir de un ancestro común. Entre las características generales, podemos mencionar las siguientes:

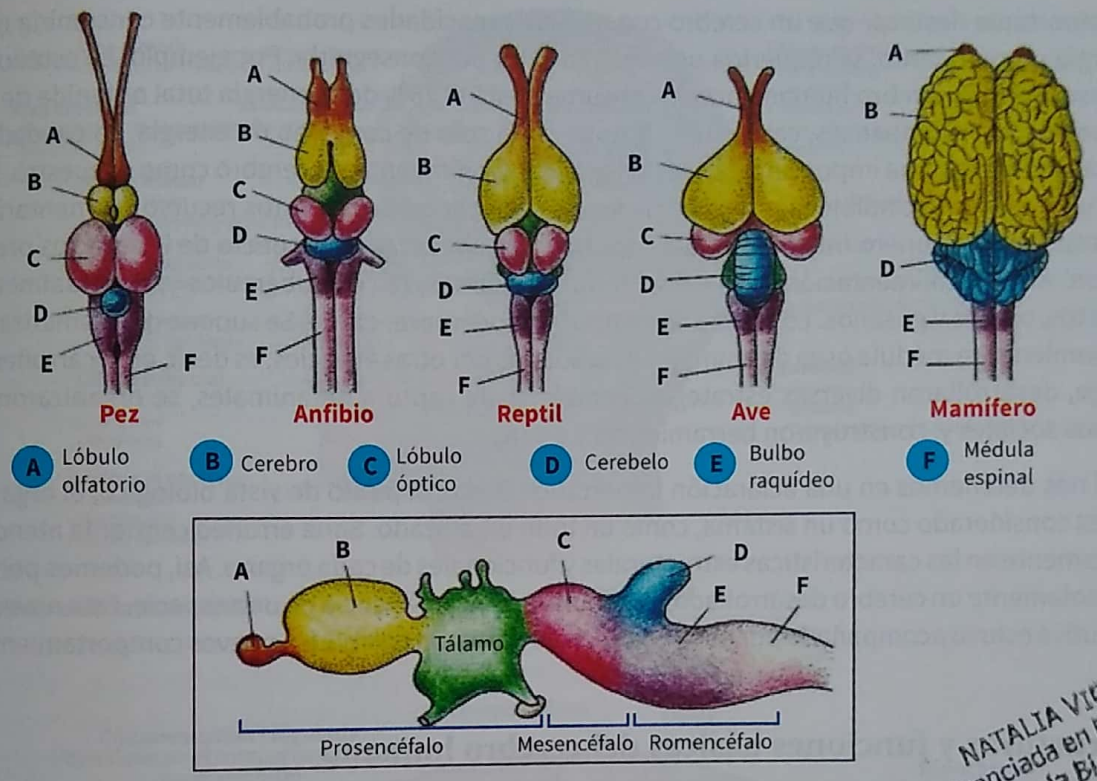
- El sistema nervioso central de los Vertebrados se organiza en encéfalo y médula espinal. El encéfalo incluye al cerebro, cerebelo y tronco encefálico.
- Las funciones vegetativas, es decir, aquellas que son inconscientes e involuntarias son comunes. Por ejemplo, la coordinación de los reflejos, de la respiración, digestión, los latidos del corazón, la presión arterial, el crecimiento y reproducción de células y tejidos, los comportamientos instintivos, entre muchas otras. Estas funciones están a cargo de centros nerviosos que residen en la base del cerebro, en cerebelo, tronco encefálico y médula espinal y son muy similares a las que ocurren en peces, anfibios, reptiles y en otros mamíferos.



Cráneos de algunos representantes de nuestro linaje. El volumen craneal y su forma permiten inferir características del encéfalo y del cerebro en particular

El cerebro humano posee la capacidad de coordinar funciones muy específicas, que se expresan, por ejemplo, en algunos procesos intelectuales, como, la escritura, el habla, la lectura, la capacidad de interpretar símbolos, la música. Estas funciones están a cargo de centros nerviosos que residen en la corteza cerebral, que es la parte externa y plegada de nuestro cerebro. Esta corteza se ha desarrollado en el transcurso de la evolución, en las especies del género *Homo*, en especial la corteza frontal o neocortex.

Scanned by CamScanner



Comparación de sistema nervioso central en vertebrados

NATALIA VICENTE
Licenciada en Enseñanza de la Biología

Las especies que precedieron al género Homo tenían un cerebro poco desarrollado, probablemente con menos capacidades cognitivas que las que presentan las especies de homínidos más recientes. Por ejemplo, los científicos explican que el cerebro de *Australopithecus*, "Lucy", tenía dimensiones y, muy posiblemente, capacidades biológicas similares a las de los chimpancés actuales. Según las teorías actuales de la evolución, en las primeras especies del género *Homo*, a partir de *Homo habilis*, pueden haberse originado variaciones, a nivel sistema nervioso, como un desarrollo de la corteza cerebral y la aparición azarosa de nuevas capacidades, por ejemplo, vinculadas con la motricidad fina, el lenguaje, y las funciones cognitivas relacionadas con la inteligencia abstracta, la conciencia. Podemos suponer que una fuerte presión selectiva, en los últimos cientos de miles de años, favoreció la conservación de ciertas variaciones que hicieron posible este rápido desarrollo del cerebro y sus nuevas funciones. Estos cambios pudieron dar lugar a la capacidad de disponer de tecnologías más sofisticadas, desarrollar la cultura y la vida en sociedad. Aclaremos que un cerebro desarrollado no es lo mismo que un cerebro grande. El desarrollo hace referencia a nuevas capacidades y funciones, y no a las dimensiones.

El desarrollo del cerebro y sus funciones ha tenido un gran impacto en muchas características y comportamientos de las especies del género *Homo*. A modo de ejemplo, podemos mencionar algunos que se relacionan con la alimentación. Las especies que integran el género *Homo* se caracterizaron por ser verdaderos oportunistas cuando de alimentos se trata. Esta capacidad les permitió aprovechar toda una diversidad de recursos disponibles en el ambiente y obtener de ellos los nutrientes necesarios para la supervivencia. ¿Cualquier especie dispone de esta capacidad? La respuesta es no. Las prácticas que permitieron la incorporación de mayor variedad de alimentos requirieron de comportamientos versátiles y capacidad de improvisación, producto de las nuevas funciones cerebrales.

Scanned by CamScanner

Es importante destacar que un cerebro con nuevas capacidades probablemente consumiría más energía y, por lo tanto, se requeriría un esfuerzo extra por conseguirla. Por ejemplo, en estado de reposo, nuestro cerebro humano actual consume hasta el 25% de la energía total obtenida de los alimentos. Los chimpancés, casi el 10%. Y no se trata solo de consumo de energía. La calidad de alimentos es de suma importancia para poner en funcionamiento un cerebro como el nuestro. Por ejemplo, es imprescindible la provisión de lípidos. ¿Cómo conseguir estos recursos alimentarios? Las especies del género *Homo* cambiaron los hábitos alimentarios, respecto de las que los precedieron. Antes la alimentación se basaba en frutos, hierbas, raíces, tubérculos y, eventualmente, insectos, orugas y gusanos. Los *Homo* comenzaron a incorporar carne. Se supone que comenzaron consumiendo la médula ósea de animales depredados por otras especies, es decir, eran carroñeros. Luego, desarrollaron diversas estrategias complejas de captura de animales, se organizaron en grupos sociales y, construyeron herramientas y armas.

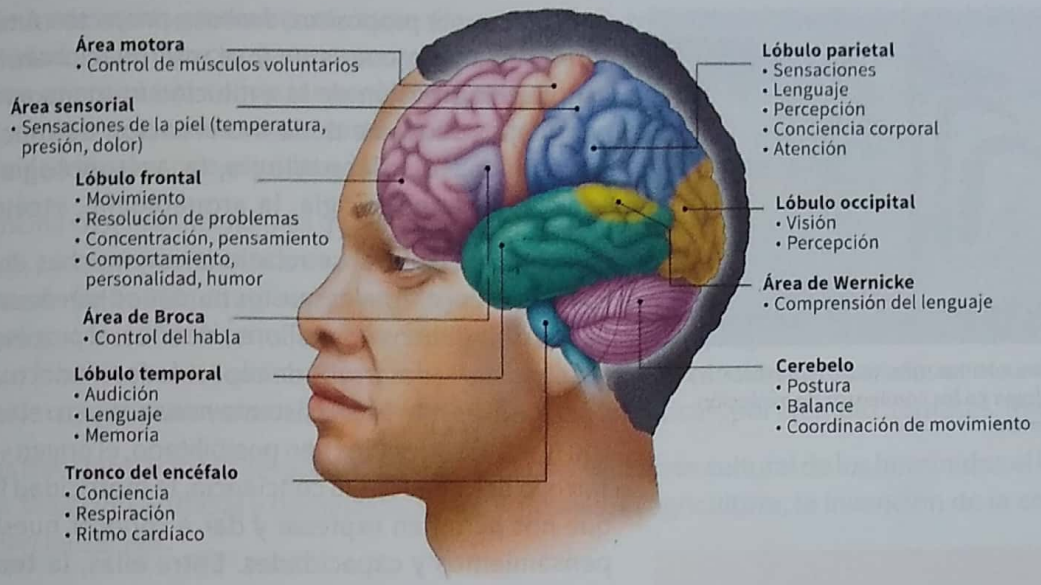
Aquí nos detenemos en una aclaración importante. Desde el punto de vista biológico, el organismo es considerado como un sistema, como un todo organizado. Sería erróneo centrar la atención únicamente en las características estructurales y funcionales de cada órgano. Así, podemos pensar que solamente un cerebro desarrollado no garantiza la supervivencia de una especie. Esta novedad evolutiva estuvo acompañada por otros cambios que hicieron posible los nuevos comportamientos.

Estructuras y funciones básicas del cerebro humano

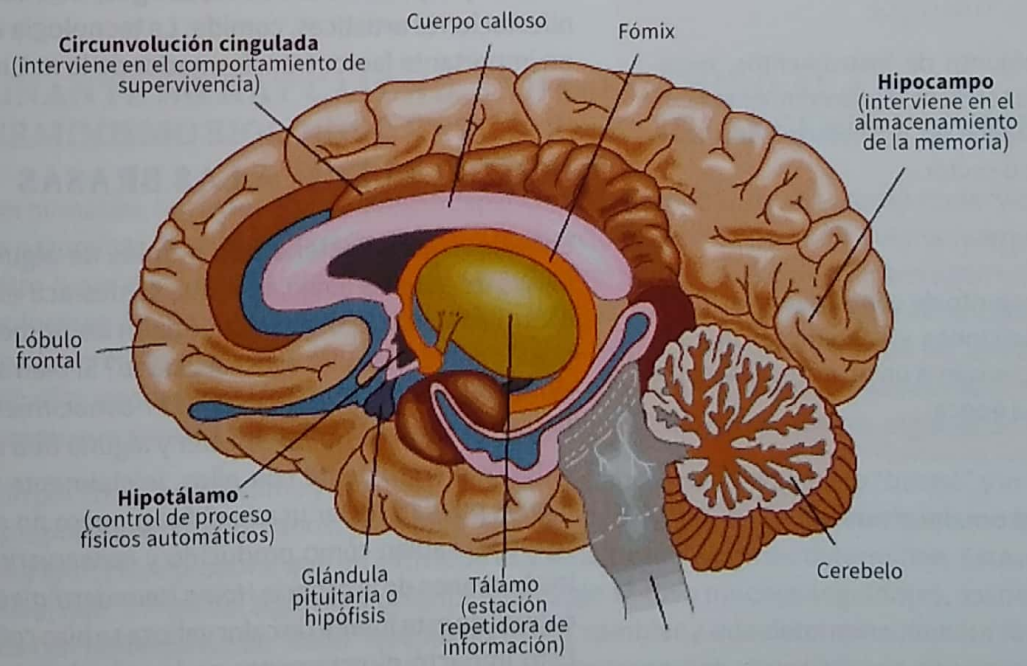
El sistema nervioso central es el encargado de las funciones de coordinación del resto de las funciones de los sistemas de órganos: recibe información, tanto del exterior, a través de los órganos sensoriales, como del interior de nuestro cuerpo; la procesa, interpreta, integra y elabora las respuestas motoras, que se ejecutan en diferentes partes de nuestro organismo. Algunas de estas funciones son involuntarias e inconscientes, otras, voluntarias y conscientes. En el sistema nervioso central, existen centros nerviosos específicos para estas funciones. Las involuntarias –los latidos del corazón, la actividad del estómago e intestinos durante la digestión de alimentos, el filtrado de desechos celulares en los riñones, entre otras–, son coordinadas por órganos del sistema nervioso como la médula, el tronco encefálico, y muchos centros ubicados en el interior del cerebro. Las funciones voluntarias –relacionadas con la percepción, las funciones motoras que ejecutamos con los músculos voluntarios, las capacidades intelectuales–, son coordinadas por centros nerviosos ubicados en la corteza cerebral.

Con respecto a la percepción, nuestro cerebro, a diferencia de lo que se conoce sobre las funciones sensoriales en otros mamíferos, además de recibir información sobre las sensaciones visuales, auditivas, táctiles, gustativas, olfatorias y del equilibrio, puede interpretarlas, asociarlas a recuerdos, darles un significado. Por ejemplo, a veces olemos una comida y su recuerdo nos produce alegría o tristeza porque la asociamos con algo que nos sucedió en la infancia y con alguna persona de nuestro entorno. Lo mismo nos sucede al escuchar música. También, al escuchar o al mirar, podemos comprender mensajes: leemos, conocemos el significado de las señales de tránsito, los *emoji* que usamos en las redes sociales, mantenemos un diálogo con quienes hablan nuestro mismo idioma, apreciamos obras de arte.

Scanned by CamScanner



Funciones de la corteza cerebral



Funciones de la cara interna del cerebro

CAMBIA... TODO CAMBIA...: EVOLUCIÓN BIOLÓGICA Y CULTURAL

Los homínidos tienen una particularidad que los distingue de otros linajes, la **cultura**. Si bien en la vida cotidiana de los grupos humanos no podemos separar a la cultura de nuestras características biológicas, los investigadores estudian la evolución biológica y la cultural. La biológica ocurre de manera similar en todas las especies de seres vivos. Nosotros no somos ajenos a estos procesos de cambio. Sin embargo, la evolución cultural tiene características propias. Por ejemplo, el cambio biológico es azaroso, no tiene finalidad. Pero en nuestra vida en sociedad, los humanos cambiamos

Scanned by CamScanner

Algunas herramientas primitivas, representativas de la tecnología en los comienzos de evolución cultural humana

impulsados por propósitos, deseos o proyectos. Ambos tipos de cambio coexisten y se interrelacionan. Por eso, la comprensión de la evolución humana es tan compleja y requiere de la intervención de muchas disciplinas: la paleontología, la antropología, la sociología, la psicología, la arqueología., etcétera.

La evolución cultural se relaciona con muchas de las capacidades cerebrales que los humanos han desarrollado en los últimos dos millones de años: el proceso de cefalización. El desarrollo de capacidades intelectuales y perceptivas de nuestro sistema nervioso y su relación con nuestros músculos han posibilitado, el origen y desarrollo del lenguaje, la conciencia, la motricidad fina, que nos permiten expresar y dar a conocer nuestros pensamientos y capacidades. Entre ellas, la **tecnología**, que hizo y hace posible, muchas producciones humanas: la construcción de herramientas, armas para defensa y captura de animales, abrigos, viviendas, manifestaciones artísticas, comida. La tecnología es y fue un importante factor transformador de la naturaleza.

Vocabulario +

Tecnología

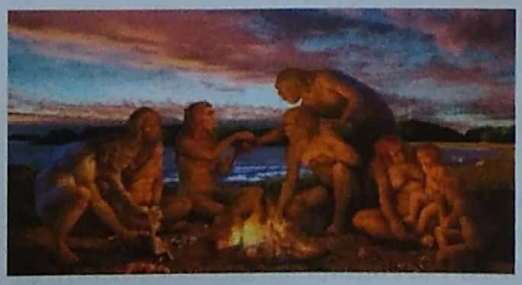
Conjunto de instrumentos, recursos técnicos o procedimientos empleados en un determinado campo o sector.

Cultura

Conjunto de conocimientos, ideas, tradiciones y costumbres que caracterizan a un grupo humano, o a una época.

USO DEL FUEGO: A LAS BRASAS

Entre muchas características propias de algunas especies de nuestro linaje, una que se destaca es el uso controlado del fuego. ¿Quiénes fueron los primeros homínidos en desarrollar esta capacidad? Si bien algunas evidencias aportan datos sobre el conocimiento del fuego por parte de *Homo ergaster* y alguna otra especie anterior o coexistente con ellos, inicialmente los humanos pueden haber usado el fuego, pero no necesariamente sabían cómo producirlo y conservarlo. Entre los humanos de la especie *Homo Neanderthaleensis*, el control de esta fuente de calor valiosa se hizo cotidiano. Esto impactó directamente en la vida de los grupos humanos: modificó la forma de consumir alimentos, que ahora podían cocinarse. Es probable que hubieran comenzado a asar trozos de carne y también algunas semillas, que se volvían comestibles por efecto de la cocción. A esto podemos sumarle la construcción de arpones y anzuelos, hornos, hogueras y las técnicas de conservación y almacenamiento de alimentos, como el ahumado, fermentación, desecación, entre otros.



El uso controlado del fuego fue un evento muy importante en la evolución cultural humana, asociado a muchos comportamientos sociales de nuestra especie y de algunas que nos precedieron

Hay evidencias científicas que muestran marcas dejadas por el fuego en huesos y restos de lo que podrían haber sido hogueras. Estas serían una prueba de que

Scanned by CamScanner

además de usarlo, podían controlarlo. El fuego no solo transformó la comida, sino que también la sociedad ¡Vaya impacto de unas pocas brasas ardientes! Las hogueras y fogones se convirtieron en lugares de comunión entre las personas, que se congregaban a su alrededor. Algunos investigadores consideran que la cultura comenzó cuando "lo crudo" se hizo "cocido", que "la cocina es una actividad técnica que establece el puente entre la naturaleza y la cultura".

La cocina significa mucho más que la cocción de los alimentos: representa una compleja organización social. La comida está asociada a las demostraciones de afecto y las celebraciones. Pensemos en las fiestas de fin de año, cumpleaños y agasajos a nuestros seres queridos; o las que representan símbolos religiosos, como el pan. También, la relación entre tecnologías y alimentos se vinculan con otras de sus funciones como alimentos con usos medicinales. Se los consume preparados como infusiones, o se los usa directamente con fines terapéuticos y/o cosméticos, por ejemplo, tomates, miel, yogur.

Estas transformaciones llevaron mucho más allá a la evolución cultural de los homínidos al impactar en la selección artificial y domesticación de animales, la agricultura, la invención de la cocina y la comercialización.

En síntesis, para nuestra especie, el consumo de alimentos es producto de un complejo conjunto de interacciones entre los aspectos biológicos y los culturales, impregnados de múltiples significados y de la integración entre las personas y los pueblos.

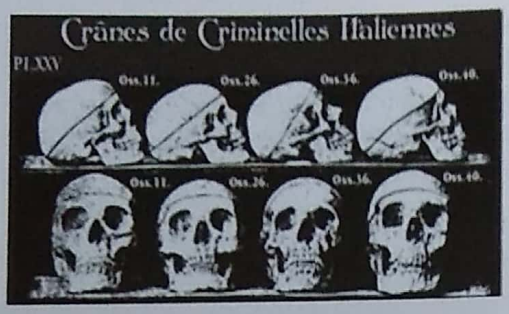
CAMINANTE NO HAY CAMINO, SE HACE CAMINO AL ANDAR: DETERMINISMO BIOLÓGICO Y RELACIONES ENTRE GENES Y AMBIENTE

Los seres humanos, haciendo uso de nuestra capacidad de reflexionar y querer comprender y explicar nuestra naturaleza, hemos propuesto diversas explicaciones acerca de qué y quiénes somos, cuál es nuestro lugar en la naturaleza y por qué somos como somos, entre otros interrogantes. Entre muchas formas de responder a estas preguntas, algunas son espontáneas, sin evidencias, otras, han llegado a representar teorías. Algunas han tenido éxito y hay científicos que las avalaron en determinadas épocas de la historia del conocimiento. Otras coexisten con nuevas explicaciones y esto promueve intensos debates y discusiones científicas. Vamos a presentar algunas de ellas.

En el afán por comprender cómo y por qué somos como somos, cómo explicar lo "bueno" y lo "malo" de los comportamientos humanos, y también sus bases biológicas, surge el **determinismo biológico**. Es una teoría que propone que un individuo es y será lo que sus genes determinen. Este modelo explicativo, que, a fines del siglo XIX y principios del siglo XX tuvo muchos seguidores, sostiene que nacemos con una especie de "sello" que no podemos cambiar y que determina nuestra forma de ser. Como ejemplo, las explicaciones de Lombroso, un antropólogo, especializado en criminología, que, a fines del siglo XIX, propuso que las características físicas de las personas podían ser consideradas para determinar si alguien era o tenía altas probabilidades de ser un criminal. Se incluían datos como la forma de la cabeza, las facciones, la longitud de los brazos, entre otras. También, se estigmatizó a las personas por el color de su piel, se hizo referencia a la inteligencia en relación con la piel blanca o de color, en la justificación de la superioridad de unos grupos humanos (blancos de las culturas de occidente) sobre personas de piel oscura, de origen africano.

En síntesis, se presenta a los seres humanos y sus comportamientos como determinaciones de una especie de destino que no podemos modificar. ¿Se imaginan el impacto que tuvo en ese momento y el que tendría ahora si se tomaran en cuentan estas afirmaciones? ¿Qué creen que sucedería con una persona que poseyera alguna de las características que figuran en la lista de "caracteres propios de los criminales"?

Scanned by CamScanner



César Lombroso, a fines del siglo XIX publicó libros en los que desarrollaba sus explicaciones que relacionaban las características físicas de las personas con la potencialidad de que se conviertan en criminales

Estas teorías no surgieron de la nada. Todo un contexto sociocultural de su época influyó en ellas: guerras civiles, revoluciones, luchas de clases en el mundo entero. No se trata de justificar tales teorías, solo de integrarlas a un contexto sociocultural para comprender un poco mejor el panorama en el que se originaron. Los científicos llegaron a hablar de "darwinismo social" para hacer referencia a las luchas por la supervivencia entre grupos humanos y a justificar la superioridad de unos sobre otros, en nombre de la "supervivencia de los más aptos". Es importante aclarar que se trata de interpretaciones de la teoría darwiniana: Darwin no se refirió a esto en sus escritos.

Por otra parte, también la biología, la genética y las ciencias sociales, como la antropología, la psicología y la sociología, han propuesto que, si bien heredamos una importante carga genética, que define muchas de nuestras características, también estamos influenciados por nuestro el ambiente, tanto natural como social. Esto hace que nuestra naturaleza humana, nuestros comportamientos sean considerados más flexibles, producto de las relaciones entre genes y ambiente. Además de lo que heredamos, los seres humanos tenemos la capacidad de elegir, de ser responsables de nuestras elecciones, tanto a nivel individual como en grupos. Actualmente, no han evidencias científicas que demuestren y/o justifiquen el determinismo biológico.

Actividad

Propongan ejemplos que den cuenta de estas complejas relaciones entre la ciencia y la sociedad, vinculadas con las explicaciones deterministas y no deterministas.

Una vez más, se trata de la relación entre ciencias y sociedad, y las influencias, interrelaciones y problemáticas que surgen de las tensiones entre ambas. La ciencia no es neutral ni aséptica, la sociedad no es indiferente a las ciencias.

VIDA NÓMADE Y SEDENTARISMO

Durante miles de años, las poblaciones humanas fueron nómades, es decir, migraban de un lugar a otro, según la disponibilidad de alimentos, el clima, sin instalarse en ningún sitio en forma definitiva. Hace aproximadamente 10.000 años, ocurrió un cambio importante en el comportamiento social de estas poblaciones: la vida sedentaria, que trajo aparejados otros, relacionados con la vida en sociedad de las personas. Por ejemplo, la agricultura y la cría y domesticación de animales (cerdos, caballos, llamas, ovejas, según las zonas). En Cercano Oriente, seleccionaron y almacenaron cebada y trigo silvestres. Con ellas, la selección artificial se instaló entre las prácticas humanas. En África, cultivaron mijo y sorgo; en América, maíz, calabaza, tomate, pimientos, papas y porotos; en Asia oriental, mijo y arroz.

Con la vida sedentaria, aparecieron nuevas formas de consumo de alimentos –pan, cerveza, queso–, producto de la transformación de materias primas. También, se aplicaron nuevas técnicas culinarias, como el remojo, la molienda, el prensado de semillas, el agregado de condimentos y el diseño y construcción de vajilla necesaria para estas prácticas.

Scanned by CamScanner

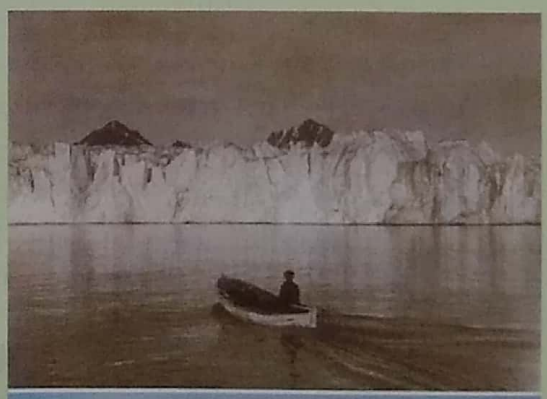
El nuevo estilo de vida de las poblaciones humanas tuvo un gran impacto en múltiples aspectos de la cultura. Los grupos se instalaron en aquellos lugares que ofrecían condiciones aptas para la supervivencia. Con ello, sobrevinieron las disputas por el territorio, la organización jerárquica de las sociedades y el control de los recursos. También, aparecieron algunas enfermedades carenciales, como las avitaminosis, y nuevamente, los períodos de hambruna.

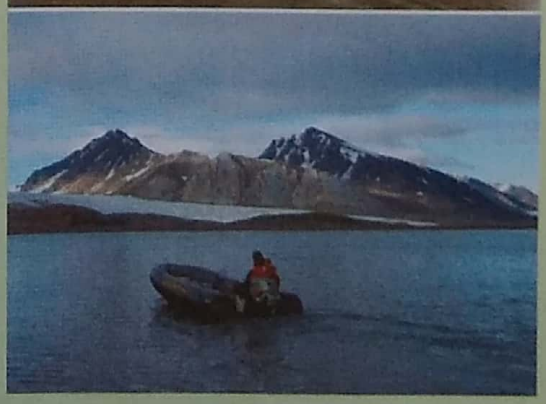
CONCLUYENDO ESTA ESCALA EN NUESTRO VIAJE EVOLUTIVO

Nuestra especie se caracteriza, entre muchas cosas, por la curiosidad. Nos hacemos preguntas. Resulta inevitable que, como seres humanos, nos interroguemos acerca del futuro de nuestra especie. ¿Hasta dónde intervendrán los factores biológicos y los socioculturales en nuestra evolución? Es importante considerar que, desde la perspectiva evolutiva no podemos hacer futurología. La evolución biológica es azarosa e impredecible. Sin embargo, la cultura transita otros caminos, que admiten la planificación y la anticipación. Esta dualidad hace fascinante nuestras vidas y es fuente de nuevos e interminables interrogantes. Nuestra curiosidad no tiene límites y es el motor de las ciencias, entre ellas, las que se ocupan de la evolución. Apenas comenzamos a recorrer el camino que puede darnos respuesta a nuestras interminables preguntas.

Actividad

A modo de cierre del capítulo, con el propósito de reflexionar sobre nuestro lugar en la biodiversidad y nuestra relación con el ambiente, desarrollen una reflexión sobre las imágenes, que muestran la diferencia de un mismo paisaje, en el Ártico, con 100 años de diferencia.





¿Cuál creen que ha sido nuestra intervención y responsabilidad en una modificación de un ambiente aparentemente tan lejano? Propongan interrogantes que den cuenta de los problemas que resultan del impacto de nuestra especie en el planeta. Pueden buscar ejemplos, en el ámbito local, o cercanos a donde viven, que avalen sus reflexiones. Luego, intercambien con sus compañeros posibles estrategias superadoras de estas problemáticas. Pueden diseñar pósteres con el propósito de concientizar a la población escolar y sus familias sobre nuestra responsabilidad como ciudadanos en el cuidado del planeta.

Scanned by CamScanner

CAPÍTULO

3

Cambio evolutivo y el origen de las especies

ANTES DE APRENDER ALGO NUEVO...

Actividades

1 Observen la imagen y respondan:

a) ¿Cómo se explican las diferencias entre poblaciones humanas?

b) ¿Consideran que existen las razas humanas? ¿Por qué?

c) ¿Reconocen diferencias entre personas de distintas etnias?

d) ¿Consideran que estas diferencias pueden tenerse en cuenta para clasificarlas en diferentes grupos taxonómicos?

e) ¿Qué pruebas o evidencias buscarían para fundamentar sus respuestas?

Scanned by CamScanner

2 Observando la figura:

a) ¿Podrían inferir si estas dos aves pertenecen a la misma especie? ¿Por qué?

b) ¿Qué es lo que determina que un grupo de individuos pertenezcan a una especie? ¿Qué harían para comprobarlo? Anoten sus impresiones y coméntenlas en la clase.

SOMOS TAN DISTINTOS E IGUALES: VARIABILIDAD GENÉTICA EN LAS POBLACIONES

Si observamos con detenimiento, en la naturaleza, no hay dos individuos idénticos, ni siquiera los hermanos gemelos. Un análisis minucioso demuestra la individualidad: varía el tipo de cabellera, el color de piel, la forma de los ojos, la estatura, el funcionamiento de las diferentes partes del cuerpo, la predisposición a determinadas disfunciones o enfermedades, entre muchas otras. Y esto es aplicable a todos los seres vivos.

En el capítulo anterior, nos ocupamos del origen y evolución de nuestra especie y el linaje al que pertenecemos. En este capítulo, nos proponemos responder estos interrogantes: ¿por qué existen diferencias observables entre los seres humanos en particular y en los seres vivos de todas las especies, en general?, ¿por qué, más allá de las diferencias, nos identificamos como miembros de una misma especie?, ¿cuál es la importancia evolutiva de estas diferencias individuales?, ¿cómo se origina una especie?, ¿qué mecanismos intervienen en la evolución de las especies?

A mediados del siglo XIX, Charles Darwin y Alfred Wallace, coautores de la teoría de la selección natural, observaron y demostraron que los individuos que constituyen una población no son todos idénticos entre sí. Por el contrario, muestran variaciones que pueden estar dadas en el tamaño, la tasa de desarrollo, la coloración, entre otras muchas. A su vez, reconocieron que esas variaciones

Scanned by CamScanner

son heredables: los descendientes reciben dichas características de sus progenitores. Sobre las causas de estas diferencias individuales, en el siglo XIX, las explicaciones sobre cómo se producían y transmitían, estaban basadas en la reproducción sexual y en la herencia de los caracteres adquiridos. Recién en la primera mitad del siglo XX, surgen modelos explicativos que amplían y completan las explicaciones darwinianas sobre el origen y herencia de las variaciones.

Con el redescubrimiento de los trabajos sobre herencia y genética de Gregor Mendel en 1900, se allana el camino para el desarrollo de la genética de poblaciones, un campo de la biología que articula los modelos y conceptos de genética con la teoría evolutiva formulada por Darwin y Wallace. La genética de poblaciones, por ejemplo, aporta modelos explicativos sobre el origen de la variabilidad genética, que es responsable de las diferencias fenotípicas entre los individuos de una población.

Vocabulario +

Acervo génico

Conjunto de todos los alelos de todos los genes presentes en la totalidad de individuos de una población. También, denominado reservorio genético.

Hoy sabemos que la evolución biológica es el conjunto de cambios que se producen a lo largo del tiempo en la composición genética de una población y de las especies biológicas, dando lugar a la biodiversidad y la adaptación. Pero ¿de qué manera?

En el capítulo 1, definimos a una población, desde el punto de vista ecológico, como un conjunto de individuos de una misma especie, que interactúan entre sí, y comparten un tiempo y un espacio, representado por el ambiente. Pero para la genética de poblaciones, el concepto de población se redefine y, en lugar de un conjunto de individuos, se concibe como un conjunto de genes. Por lo tanto, una población es un grupo de organismos que comparten un **acervo génico**.

Actividad

Variabilidad en el aula

Elijan algunas variaciones sencillas de comparar en poblaciones humanas, por ejemplo, color de ojos o pelo, presencia de pecas, altura, longitud desde el codo hasta la falange del dedo mayor, lóbulo de la oreja pegado o libre, entre otras.

Observen y/o midan algunas de estas variaciones entre sus compañeros y registren los datos para las características seleccionadas de todos los integrantes de la clase. Vuelquen la información en una tabla que les permita calcular la frecuencia de cada característica. ¿Predominan las semejanzas o las diferencias? ¿Qué importancia biológica consideran que tienen estas variaciones?

Scanned by CamScanner

El túnel del tiempo

En 1859, Charles Darwin publica la primera edición de *El origen de las especies*. En esta obra, que cambió la forma de comprender la naturaleza y la biodiversidad, Darwin define variaciones, concepto clave y central en la teoría de la evolución por selección natural:

> Las muchas diferencias ligeras que aparecen en la descendencia de los mismos padres, o que puede presumirse que han surgido así por haberse observado en individuos de una misma especie que habitan una misma localidad confinada, pueden llamarse diferencias individuales. Nadie supone que todos los individuos de la misma especie estén fundidos absolutamente en el mismo molde. Estas diferencias individuales son de la mayor importancia para nosotros, porque frecuentemente, como es muy conocido de todo el mundo, son hereditarias, y aportan así materiales para que la selección natural actúe sobre ellas y las acumule, de la misma manera que el hombre acumula en una dirección dada las diferencias individuales de sus producciones domésticas.

Fuente: Charles Darwin, *El origen de las especies*.

Variabilidad genética en poblaciones

En forma directa, no podemos observar la composición genética de las poblaciones. Lo que sí podemos observar, son los fenotipos, es decir, características en los organismos que resultan de la expresión de los genes más la influencia del ambiente. Los fenotipos expresan la variabilidad genética que caracteriza a las poblaciones naturales.

Cuanto mayor es la variabilidad genética en una población, mayores son las probabilidades de supervivencia que tiene esa población. Desde el punto de vista evolutivo, el individuo es efímero; sin embargo, las poblaciones persisten a lo largo del tiempo y su constitución genética puede cambiar de una generación a otra. Al existir individuos con distinta información genética, es más probable que algunos de ellos resistan a los cambios en el ambiente y las condiciones que puedan presentarse, como enfermedades, disponibilidad de recursos, etc. y, al reproducirse y dejar descendencia, contribuyan a la continuidad de su población en el tiempo.

El color blanco o púrpura de las flores (fenotipo) está determinado por alelos diferentes de un mismo gen

Scanned by CamScanner

Vocabulario +

Frecuencia genotípica

Número de individuos de un genotipo dado, sobre el número total de individuos de la población.

Frecuencia fenotípica

Número de individuos con un fenotipo particular sobre el número de individuos estudiados de una población en una generación.

Frecuencia alélica o génica

Proporción de un alelo específico respecto de los alelos para un gen determinado en una población. Se establece contando cuántas veces aparece el alelo en la población y dividiendo esta cifra entre el número total de copias del gen en la misma población.

¿Es posible cuantificar esa variabilidad?

La genética de poblaciones ha desarrollado herramientas matemáticas que permiten calcular numéricamente cambios en el reservorio génico de una población dada y así detectar procesos de evolución biológica. Se trata de un modelo, que implica un recorte del objeto de estudio. Los biólogos pueden estimar de manera confiable las **frecuencias alélicas** y las **frecuencias genotípicas** en una muestra de individuos de una población y usar esos datos para analizar el cambio evolutivo.

Equilibrio de Hardy-Weinberg y evolución

En la genética de poblaciones, existe un modelo teórico denominado Equilibrio de Hardy-Weinberg, que establece que si en una población, bajo determinados supuestos, se mantienen las mismas frecuencias alélicas de una generación a la otra, dicha población se encuentra en un estado de equilibrio y, por lo tanto, no evoluciona. Los supuestos son:

- No interviene la selección natural.
- El apareamiento es aleatorio.
- El tamaño de la población es muy grande.
- La mutación puede ser ignorada.
- No existe migración entre poblaciones, por lo tanto, tampoco flujo génico entre ellas.

Este modelo, que es ideal, ya que es muy improbable que se den las cinco condiciones juntas, se vincula con la idea de que la evolución consiste en el cambio intergeneracional de las frecuencias alélicas en las poblaciones, dato que los genetistas pueden calcular. Es decir, al analizar el reservorio génico de las poblaciones naturales a lo largo de varias generaciones, si se observa que las frecuencias de algunos alelos cambian, se supone que algún agente de la evolución está actuando.

El decir que una población evoluciona, no significa que dicha población se dirige a un estado de perfección o mejora. La evolución no tiene dirección. Solo significa que está cambiando y que dichos cambios ocurren a nivel genético.

Supuestos para que se cumpla el Equilibrio de Hardy-Weinberg

Scanned by CamScanner

CAMBIOS EN LA ESTRUCTURA GENÉTICA DE LAS POBLACIONES: FACTORES QUE MODIFICAN LA VARIABILIDAD

La variabilidad genética presente en las poblaciones tiene su origen primario en las mutaciones, entendidas como cambios en el material genético. Las copias de ADN que se producen en las divisiones celulares en los distintos momentos de la **gametogénesis** deben permitir que el paso de la información genética de los progenitores a sus hijos sea fiel. Sin embargo, durante la replicación del ADN, pueden surgir errores de copiado y a ello denominamos mutaciones. Aquí es importante señalar que solo tienen valor evolutivo las mutaciones que se expresan, dando lugar a algún fenotipo y que, además, se heredan, por lo tanto se conservan en una población. Por sí sola, la mutación es poco efectiva como factor de cambio en las frecuencias alélicas. Se requiere de otra fuerza actuando, como la selección natural, para que aumente o disminuya con el tiempo la frecuencia de los alelos.

Otros factores que contribuyen a aumentar la variabilidad en una población son: la reproducción sexual cruzada y el flujo génico.

Reproducción sexual cruzada

La reproducción sexual presenta con respecto a la reproducción asexual, la ventaja biológica de promover la variabilidad entre los miembros de una especie, ya que la descendencia es el producto de los alelos aportados por ambos progenitores, en lugar de ser una copia idéntica de un único progenitor.

La recombinación que tiene lugar durante la reproducción sexual es el resultado de mecanismos que abordaremos en el próximo capítulo.

Flujo génico y migración

Prácticamente, no existen poblaciones naturales aisladas por completo de otras de la misma especie. Por lo general, entre poblaciones de una misma especie, se produce el desplazamiento de individuos o migración, dando por resultado el intercambio de alelos entre las mismas.

Es así que el flujo de genes puede introducir nuevos alelos en una población o modificar las frecuencias génicas. Como también puede hacer que poblaciones distantes sean genéticamente similares entre sí.

La interrupción del flujo génico es un hecho muy importante en el proceso de formación de especies como veremos más adelante. Cuanto menor sea el flujo génico entre dos poblaciones, más probable será que se acumulen diferencias, barreras reproductivas y estas poblaciones evolucionen, dando origen a nuevas especies.

El guepardo o chita es un ejemplo de lo que ocurre cuando se interrumpe el flujo génico. Después de habitar en la India, Cercano Oriente y África, en la actualidad, solo quedan unos 7000 ejemplares en el

Vocabulario +

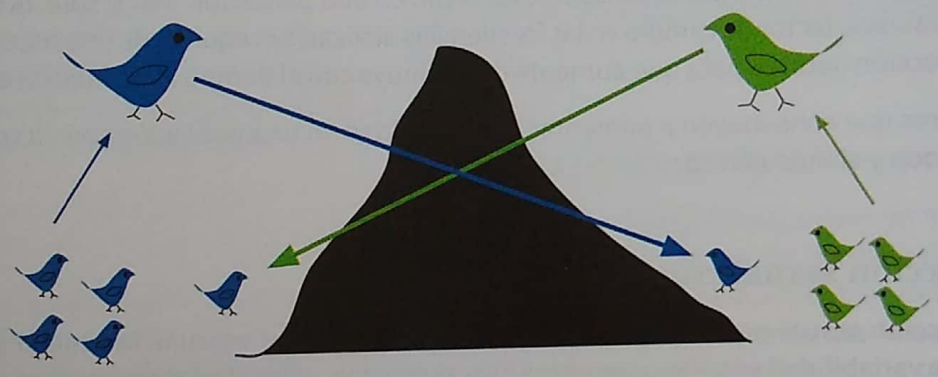
Gametogénesis

Serie de divisiones celulares que conduce a la producción y maduración de células sexuales (gametos).

Scanned by CamScanner

oriente y sur de África. La población se redujo mucho y, actualmente, todos los individuos existentes provienen de la reproducción de unos pocos, por lo que los apareamientos en poblaciones reducidas muchas veces es entre padres y descendientes, por la escasez de parejas potenciales. Esto da como resultado una disminución de las frecuencias alélicas. Los pocos guepardos que quedan son tan genéticamente similares entre sí, que pueden encontrarse idénticas manchas sobre la piel en muchos de ellos.

Entre los factores que disminuyen la variabilidad genética en las poblaciones, se encuentran la selección natural y la deriva génica, que desarrollamos a continuación.



Flujo génico entre poblaciones

SELECCIÓN NATURAL

En el capítulo 1, presentamos, a modo de introducción, el mecanismo de selección natural, como una importante fuerza evolutiva de cambio en las especies. Este mecanismo es explicado por la teoría de la evolución de Darwin y Wallace. A continuación, retomaremos los aspectos claves de la misma y conoceremos los distintos modos de operar que tiene.

Para comprender el mecanismo de selección natural, es necesario tener en cuenta una serie de observaciones:

- En primer lugar, la existencia de rasgos heredables, las variaciones. Es decir, características que pasan de padres a hijos. Esto se debe a que las características biológicas son determinadas, en parte, por los genes que reciben los hijos de sus padres.
- En segundo lugar, la descendencia varía en sus rasgos heredables. Los individuos nacen con ligeras diferencias entre sí en color, tamaño, forma, comportamiento, etc., independientemente de que esas diferencias sean ventajosas o perjudiciales. Cada individuo es único.
- En tercer lugar, la gran capacidad reproductiva y estabilidad en el tamaño poblacional. Los organismos son capaces de generar más descendientes de los que su medio ambiente puede soportar, por lo que existe una competencia por los recursos limitados en cada generación.

En base a estas observaciones: en una población dada, algunos individuos pueden tener rasgos heredables (variaciones) que, frente a presiones ambientales, pueden representar una ventaja en términos de supervivencia y, aumentar las probabilidades de que sobrevivan, se reproduzcan y hereden esas características ventajosas a la descendencia. Por ejemplo, en una población de lobos del ártico, el pelaje claro es una ventaja respecto al pelaje oscuro, puesto que como todos los

Scanned by CamScanner

lobos cazan, les posibilitará pasar inadvertidos frente a sus presas.

Debido a que los rasgos ventajosos son heredables y los organismos que los portan dejan más descendientes, los rasgos tenderán a volverse más comunes. Es decir, presentarse en una mayor proporción en la población en las siguientes generaciones. Esto no significa que la característica desfavorable desaparezca por completo. Eventualmente, puede nacer un lobo de pelaje oscuro. En el transcurso de varias generaciones, la población estará adaptada al ambiente que habita y con el que interactúa, mientras no surjan nuevas presiones selectivas.

Para los lobos del ártico, el pelaje claro es una característica ventajosa

¿QUÉ ES Y QUÉ NO ES UNA ADAPTACIÓN?

El concepto de adaptación puede tener varios significados incluso dentro de la biología. Puede referirse tanto al resultado de los cambios que se producen en una población a lo largo del tiempo, como al proceso que da lugar a la fijación de variaciones favorables en una población, frente a una presión selectiva. En términos evolutivos, y es lo que nos interesa, una adaptación es una característica que se ha vuelto predominante en una población como resultado de la selección natural. Pero los seres vivos presentan muchas características que no necesariamente son adaptaciones. Entonces, ¿cómo reconocerlas? Las adaptaciones son propiedades emergentes de las poblaciones. Se trata de características que hacen a los individuos portadores de las mismas, más eficientes en la interacción con el ambiente. Un comportamiento que permite evadir depredadores, un rasgo anatómico que posibilita el acceso a nuevos recursos o una proteína enzimática con mayor eficacia son algunos posibles ejemplos de características que hacen que los organismos que las posean, tengan mayor éxito reproductivo. Como son heredables, ha de esperarse que quienes las posean, dejen un mayor número de descendientes que sus competidores y que esas variaciones ventajosas, sean cada vez más frecuentes en la población.

Un concepto diferente es la aclimatación. Se trata de un mecanismo que ocurre a nivel individual, como parte de los procesos de homeostasis y permiten que un organismo sobreviva cuando se expone a diferentes ambientes. Por ejemplo, si una persona viaja desde Buenos Aires a la Puna, en el noroeste de nuestro país, donde hay menor presión parcial de oxígeno en la atmósfera que a nivel del mar, debido a la altitud (más de 2000 metros), al principio es probable que se sienta cansado o mareado. Pero, pasadas algunas semanas, su cuerpo comenzará a producir mayor cantidad de glóbulos rojos y desaparecerán los síntomas de lo que llamamos "apunamiento", lo cual significa que el organismo se aclimató.

Aunque resulte tentador buscar explicaciones adaptativas para todas las características que pueden presentar los organismos, una adaptación debe cumplir una serie de requisitos para ser considerada como tal, ha de:

- Ser heredable: ya que la selección natural actúa sobre características que se transmiten a la descendencia y se fijan en las generaciones siguientes. Por esto, la adaptación es una propiedad de las poblaciones y no del organismo individual.
- Ser funcional o ventajosa frente a una presión selectiva.
- Aumentar la eficacia biológica de los organismos que la posean.

Scanned by CamScanner

La adaptación bajo la lupa

En muchos casos, estructuras que han surgido en una población y resultan adaptativas frente a una presión selectiva, cambian de función en un nuevo contexto. En otros, una característica, que en determinadas circunstancias, cumple una función en una población; en otras, puede cumplir una función distinta. Por ejemplo, las plumas podrían haber surgido y ser favorecidas originalmente para el aislamiento y la termorregulación, y después en su función actual, vinculado a la capacidad de vuelo. Así como los huesos del esqueleto de los vertebrados, que en un principio eran una reserva de calcio, y luego pasaron a cumplir funciones de sostén y locomoción. Llegado a este punto, cabe preguntarnos si estos ejemplos también son adaptaciones. En la década de 80, los paleontólogos Stephen Jay Gould (1941-2002) y Elizabeth Vrba propusieron el concepto de **exaptación** para distinguir estos casos, en los que una característica preexistente en una población, cambia su función; por lo tanto, resulta ventajosa frente a nuevas presiones selectivas. Estos autores sugieren que tanto las adaptaciones como las exaptaciones constituyen **aptaciones**, es decir, características que hacen posible la supervivencia de los organismos en una población en determinadas condiciones.

Gould, junto al genetista de poblaciones Richard Lewontin, presentan una crítica al Programa Adaptacionista. Este programa representa una perspectiva adoptada por parte de la comunidad científica, en especial durante las décadas del 70 y 80, en el siglo XX, que interpreta que toda característica de los organismos de una población es una adaptación y, por lo tanto, resultado de la selección natural. Estos científicos concluyen que algunas o muchas características presentes en los seres vivos, pueden carecer de valor adaptativo y podrían ser consecuencias de restricciones que impone el desarrollo embrionario o la organización del organismo como un todo. Por ejemplo, en la especie humana, el mentón no es una estructura independiente con alguna función en particular; por lo que no resulta adaptativa, sino que es el resultado de un tipo de desarrollo de los huesos de la mandíbula. El cráneo humano presenta características juveniles de los primates, por lo que la zona ósea que soporta los dientes se desarrolla muy poco en comparación con lo que ocurre en los chimpancés, donde el mentón no aparece.

Actividad

Piojos superpoderosos

Un relevamiento del Centro de Investigaciones de Plagas e Insecticidas del Conicet, hecho en la Ciudad de Buenos Aires en el año 2007 sobre 1800 chicos de escuelas primarias, arrojó como resultado que tres de cada diez chicos tienen piojos. Padres desesperados han probado todas las lociones y champús existentes en las cabezas de sus hijos, pero todo parece indicar que han perdido la batalla y que los pediculicidas ya no hacen efecto…

¿Cómo explicarían que los insecticidas contra estos parásitos fueran más efectivos hace unos años que ahora? Propongan alguna hipótesis y una estrategia para resolver esta problemática de salud aplicando lo aprendido sobre la selección natural.

Scanned by CamScanner

TIPOS DE SELECCIÓN NATURAL

En apartados anteriores, desarrollamos la idea de que la selección natural es una fuerza impulsora de la evolución, al producir cambios en las frecuencias alélicas de una población, pero no siempre actúa de la misma manera. En algunos casos, puede preservar características que favorecen a los individuos que presentan algún valor promedio en alguna variación; en otros, beneficiar a individuos en los que alguna característica se aleje de la media, o bien ayudar a fenotipos extremos.

Los científicos han propuesto una clasificación de los tipos de selección natural: la estabilizadora, la direccional y la disruptiva, que les presentamos a continuación.

Selección natural estabilizadora

En el caso de la **selección natural estabilizadora** o **normalizadora**, el fenotipo intermedio para una variación se ve favorecido en relación a los fenotipos extremos. Un ejemplo lo constituye el peso de los bebés humanos al nacer. Registros de principios de siglo XX indicaban que los bebés con pesos intermedios tienen mayor probabilidad de sobrevivir que los bebés que son muy pequeños, ya que estos pierden calor de manera más rápida y son más sensibles a las enfermedades por infección, o los muy grandes, más difíciles de parir por el tamaño estrecho de la pelvis. En la actualidad, debido a cuidados prenatales, prácticas como la cesárea y atenciones de neonatología, esta tendencia puede verse modificada.

Selección natural disruptiva

Cuando opera la **selección natural disruptiva**, también llamada **diversificadora**, se ven favorecidos los fenotipos extremos para una variación presente en una población. A largo plazo, los fenotipos intermedios pueden desaparecer. Por ejemplo, en los "insectos hoja", sus colores y formas del cuerpo, similares a hojas de árboles, les aportan una ventaja para camuflarse. Los individuos de color verde se camuflan bien en hojas vivas y los de color pardo, en las hojas muertas. Sin embargo, los individuos intermedios de color amarillo no se pueden camuflar en ningún sitio y tienen menor eficacia biológica; por lo tanto, menos probabilidades de sobrevivir, reproducirse y dejar descendientes.

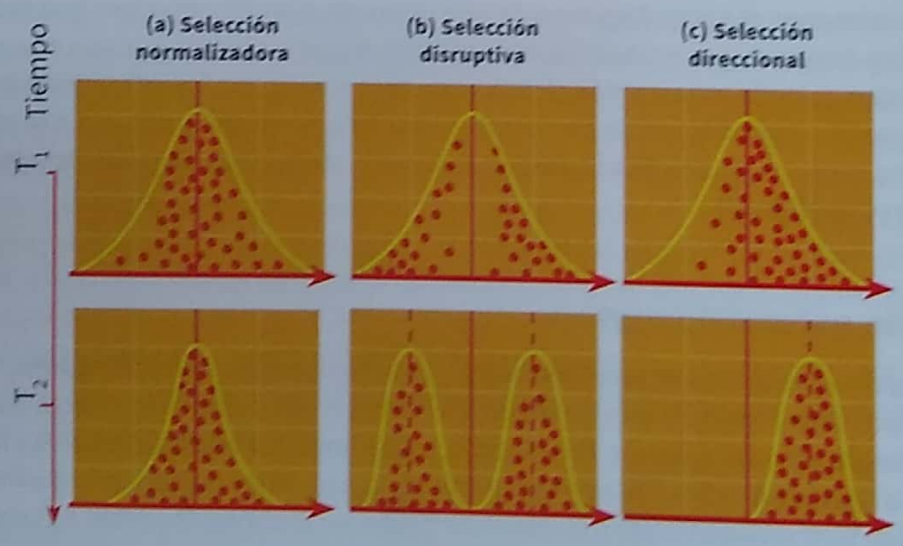
Fenotipos posibles en insectos hoja

NATALIA VICENTE
Licenciada en Enseñanza
de la Biología

Scanned by CamScanner

Selección natural direccional

En la **selección natural de tipo direccional**, se favorece uno los valores extremos de una característica fenotípica (variación) determinada. Si esta selección opera en el transcurso de varias generaciones, dará como resultado una tendencia evolutiva dentro de la población, es decir, la permanencia de dicho fenotipo en el tiempo. Esta situación puede revertirse cuando los cambios ambientales favorezcan a otros fenotipos o cuando se alcanza un fenotipo óptimo. Entre los ejemplos más conocidos de la selección direccional, se encuentra el gigantismo en las tortugas de las islas Galápagos. En este archipiélago, las tortugas del género *Chelonoidis*, no tienen depredadores naturales, no se ocultan ni son veloces. A su vez, los ejemplares mayores pueden obtener mayor cantidad y diversidad de alimentos; por lo tanto, pueden producir un mayor número de huevos o crías y disponer de grandes reservas energéticas, lo cual les permite sobrevivir mejor en las temporadas adversas para ellas. Bajo estas condiciones particulares, la selección natural favorece a los individuos más grandes, con ejemplares que superan los 450 kg y longitudes superiores a los dos metros.



Tipos de selección natural

SELECCIÓN SEXUAL

A mediados del siglo XIX, Charles Darwin escribió, a partir de sus observaciones e hipótesis: "En los animales cuyos sexos están separados, los machos difieren necesariamente de las hembras por sus distintos órganos de reproducción, que constituyen los caracteres sexuales primarios. Pero, además, los sexos difieren por lo que Hunter (anatomista inglés del siglo XIX) ha llamado caracteres sexuales secundarios, los cuales no están directamente relacionados con el acto de la reproducción...".

Al observar la biodiversidad, encontramos que algunas características presentes en los animales, como el plumaje largo y colorido de pavos reales macho y la enorme cornamenta de los ciervos, resultan incómodas, en el mejor de los casos, para sus portadores. Darwin propuso que estos rasgos, que incluso pueden resultar desventajosos en términos de supervivencia, son el resultado de la selección sexual. Este tipo de selección actúa sobre la capacidad que tienen los organismos de una especie para conseguir pareja y reproducirse. Este proceso puede presentarse de dos maneras. En la **selección intrasexual**, tiene lugar una competencia entre los miembros de un sexo para aparearse con el sexo opuesto, por ejemplo, la competencia entre los machos de los elefantes marinos

Scanned by CamScanner

para controlar un harén. En la **selección intersexual**, los miembros de un sexo ejercen fuertes presiones selectivas sobre las características del sexo opuesto mediante la elección de sus parejas. La presencia de un rasgo particular entre los miembros de un sexo puede hacerlos de algún modo más atractivos al sexo opuesto.

Los machos y hembras de muchas especies de animales son similares en el tamaño y la forma. Pero en otras, las diferencias son notables. Se considera que la selección sexual es la principal causa de las diferencias morfológicas entre machos y hembras de una misma especie, lo que se denomina **dimorfismo sexual**. En muchas especies, los machos son, a menudo, más grandes y fuertes, intensamente coloreados o dotados con adornos visibles. Mientras que las hembras, son las que, casi siempre, seleccionan de manera activa a su pareja entre las opciones disponibles, favoreciendo a aquellos ejemplares que tengan más desarrolladas ciertas características.

Actividad

Tipos de selección en la naturaleza

Indiquen con qué tipo de selección están relacionados los siguientes casos. ¿Qué evidencia presentada les permite inferir el tipo de selección que opera?

a) Los ciervos macho compiten por las hembras. El análisis de las pinturas rupestres muestra que el tamaño del ciervo no ha cambiado mucho en miles de años. Se ha observado que los ciervos excesivamente grandes son demasiado "ambiciosos" y reúnen harenes de hembras muy numerosos que, a su vez, atraen a más competidores. Como resultado, los ciervos más grandes emplean más tiempo en luchar que en aparearse, mientras que los ciervos medianos se cuelan en los harenes y se reproducen.

b) Cuando la hembra de la especie de salmón *Oncorhynchus kisutch* desova, los machos se acercan al nido y vierten su esperma fecundando los huevos. Los que logran hacerlo son, por un lado, los machos más grandes que luchan entre sí por acercarse y, por el otro, los más pequeños, que logran llegar ocultándose entre las rocas, evitando así ser vistos y competir con otros machos.

c) El DDT fue un insecticida ampliamente usado a partir de la década del 40. Luego de varios años de uso intensivo, perdió su eficacia sobre los insectos. En la actualidad, más de 200 especies de insectos son resistentes a través de diferentes mecanismos. La resistencia al DDT es un carácter genético (raro en un comienzo) que se convierte en un carácter favorable por la presencia de DDT en el medio ambiente.

Scanned by CamScanner

SELECCIÓN ARTIFICIAL: EL MEJOR AMIGO DEL HOMBRE

Perros y humanos llevamos un largo trecho juntos. Algunos investigadores sostienen entre 20 y 30 mil años. Otro estudio reciente, incluido en el proyecto Genoma Perro, indica que los perros llevan más de 100 mil años domesticados, una antigüedad casi tanto como la del *Homo sapiens* mismo. Según quien lo cuente, hoy día se reconocen entre 200 y 300 razas de perros, que varían significativamente en tamaño, fisonomía y temperamento: más o menos chicos, más o menos peludos, más o menos cargosos, todos queribles por igual.

Cabe señalar que el concepto de "raza", es una categoría taxonómica que los científicos definen para distinguir a cada uno de los grupos en los que son divididas algunas especies por diferencias en su acervo genético y expresadas en caracteres físicos heredados. Y esta aclaración resulta necesaria por su aplicación a grupos humanos, mito que se derribó tras la secuenciación del genoma humano, al constatar que las diferencias genéticas entre los miembros de nuestra especie, son mínimas. Por lo tanto, en la actualidad, los científicos no admiten la existencia de razas humanas.

Volvamos a las diferencias que observamos en nuestros amigos perrunos. Las numerosas razas de perros que existen son un claro ejemplo de las variantes que pueden darse dentro de una especie y cómo el hombre puede intervenir de forma consciente y arbitraria respecto de la presencia o ausencia de determinadas características en los organismos. Por ejemplo, permitir reproducirse solamente a los organismos con la menor talla –y nos encontramos, entre otros, con los caniche toy–, o a los organismos con el carácter apropiado para la caza de ratas y alimañas –los terrier. Este proceso es análogo a la selección natural, solo que la selección la realizan los seres humanos, no la naturaleza.

Variantes resultantes de la selección artificial en perros

Konrad Lorenz (1903-1989), científico austríaco con un amplio reconocimiento mundial en el campo de la zoología y la etología, propuso una historia, difícil de probar, no por ello menos interesante de contar, respecto a cómo humanos y perros empezaron a compartir su vida: podemos imaginar que, posiblemente, algunos niños deseosos de jugar, recogieran un cachorro abandonado y lo criaran en el seno de una familia humana. Tal vez, ese primer "Boby", fue un chacal, *Canis aureus*, una especie de mamífero carnívoro de la familia *Canidae*, parecido a su pariente próximo: el lobo. ¿Qué significa esto desde el punto de evolutivo? A partir de estas primeras interacciones, los seres humanos comenzaron a intervenir en la selección de aquellos individuos de una especie del género *Canis*, cruzándolos, de manera selectiva, según sus necesidades e intereses: la caza, el cuidado del ganado, la compañía en sus viajes, etcétera.

Scanned by CamScanner

OTRO MECANISMO PARA EL CAMBIO EVOLUTIVO: LA DERIVA GÉNICA

Además de la selección natural, existen otros procesos que pueden afectar directamente las frecuencias alélicas de una población, tales como el flujo génico, que desarrollamos anteriormente, y la deriva genética que abordaremos a continuación.

Se trata de un cambio azaroso en la composición del reservorio génico de una población, que ocurre en cortos períodos de tiempo, sin intervención de la selección natural. Este proceso puede ocurrir en todas las poblaciones, pero afecta especialmente a las pequeñas. Dos situaciones ilustran su importancia en términos evolutivos: el efecto fundador y el efecto cuello de botella.

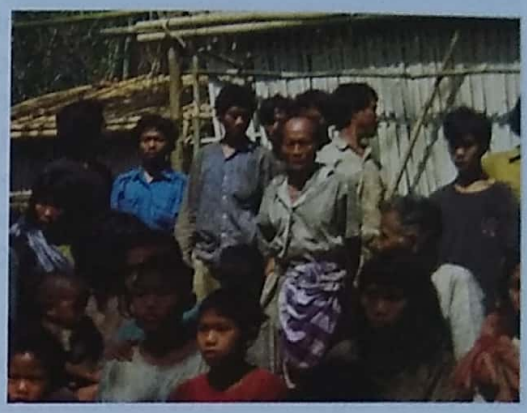
Efecto fundador

Cuando de una población grande se separa otra más pequeña, las frecuencias alélicas del nuevo grupo pueden no ser representativas del reservorio genético de la población original. Esto puede observarse cuando algunos individuos pioneros colonizan una nueva región.

Dos ejemplos de poblaciones humanas con efecto fundador son: los amish de Lancaster, Pensilvania y los mlabri de las selvas de Tailandia.

En el primer caso, en esta comunidad religiosa extremadamente conservadora de Estados Unidos, está presente, con frecuencia inusitada, un gen escasísimo en el resto de la población mundial, que provoca una combinación de enanismo y **polidactilia**. Desde que se formó en 1770, la comunidad amish se ha mantenido virtualmente aislada del resto del mundo. Muy probablemente entre los individuos fundadores, uno de ellos era portador del gen afectado.

El segundo caso, un tanto más extremo y, según la historia relatada por una tribu vecina, los mlabri son los descendientes de un niño y una niña que fueron abandonados río abajo hace 1000 años. En 2005, se realizaron pruebas de ADN a varios individuos de la tribu, que arrojaron conclusiones concordantes con esta historia: 58 de los 300 mlabri existentes presentaban cierta secuencia genética idéntica, algo nunca visto en otra población humana.



Los mlabri se encuentran en Tailandia y Laos en el sudeste asiático

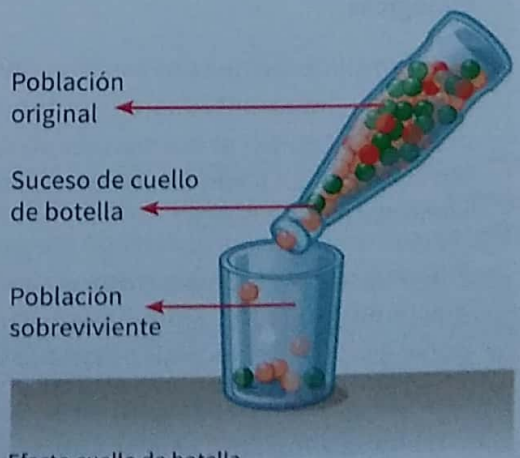
Vocabulario +

Polidactilia

Condición genética en la que manos o pies presentan dedos adicionales.

Efecto cuello de botella

Este fenómeno ocurre cuando se reduce drásticamente el número de individuos de una población por algún acontecimiento aleatorio, que incluso expone a la población al borde de la desaparición. Solo unos pocos



Efecto cuello de botella

Scanned by CamScanner

individuos sobreviven, lo que determina un cambio en las frecuencias alélicas de la población. Cuando la población supera esta situación y recupera su tamaño, los alelos portados por todos los miembros derivarán de los pocos alelos presentes originalmente en los supervivientes.

Para comprender mejor este fenómeno, se suele utilizar un modelo análogo. Imaginemos una botella llena de bolitas, las cuales representan a los individuos de una población. Si ocurre este caso extremo de deriva génica, una pequeña cantidad aleatoria de bolitas podrá atravesar el cuello de la botella y el resto quedará dentro de la misma.

Un ejemplo de cuello de botella en humanos lo constituye el hecho de que en la actualidad, la variabilidad genética de la población mundial es mucho menor a la variabilidad genética en chimpancés o gorilas. Esto quizás se deba a que, en algún momento de nuestra historia evolutiva, sufrimos alguna merma considerable en número, ya sea producto de enfermedades pandémicas o de otros factores de tipo ecológico. Un acontecimiento comprobado fue la erupción del volcán Toba en el sureste asiático. Este evento geológico, ocurrido hace aproximadamente 70.000 años, introdujo en las capas altas de la atmósfera una gran cantidad de gases que provocaron un invierno volcánico, que duró unos seis años y pudo haber alterado el clima de los 1000 años siguientes. La caída de temperaturas fue de hasta 12 grados centígrados. Varias especies desaparecieron y el invierno volcánico afectó también a las poblaciones humanas. Se estima que los supervivientes a este frío repentino no fueron más que unas 10.000 o 15.000 parejas reproductoras de nuestra especie.

EL ORIGEN DE NUEVAS ESPECIES

Desde el origen de la biodiversidad, y a lo largo de 3800 millones de años, mientras este planeta ha ido girando, diversidad de especies poblaron la Tierra. Muchas de ellas se extinguieron, otras comparten el viaje con nosotros y muchas otras surgirán en un futuro. Pero ¿qué es lo que determina que un grupo de individuos pertenezcan o no a una misma especie?

Actividad

Para pensar y debatir sobre las especies biológicas

¿Cómo explicarían que dos especies muy similares, emparentadas en términos evolutivos, habiten al mismo tiempo un territorio común y aun así, conserven su identidad como especie?

Propongan una hipótesis que dé respuesta a este interrogante. ¿Qué harían para poner a prueba la hipótesis planteada?

Si retomamos la actividad 2, presentada al comienzo del capítulo, podemos cuestionarnos: si la apariencia no es confiable para definir una especie, ¿qué lo es?

De acuerdo con el concepto biológico de especie, esta se define como un grupo de poblaciones naturales cuyos miembros pueden cruzarse entre sí (real o potencialmente) y producir descendencia fértil, pero no pueden hacerlo o, por lo general, no lo hacen con los integrantes de poblaciones pertenecientes a otras especies. Cabe aclarar que esta definición de especie no es fácil de aplicar a organismos que se reproducen única o principalmente de manera asexual. Desde el punto de vista de la genética de poblaciones, los miembros de una especie comparten un reservorio génico común, que está separado de los reservorios génicos de otras especies. ¿De qué modo?

Scanned by CamScanner

Mecanismos de aislamiento reproductivo

En general, especies diferentes no pueden reproducirse entre sí, debido a la existencia de mecanismos de aislamiento reproductivo. De acuerdo al momento en el que actúan, se los clasifica en **precigóticos** y **poscigóticos**. Los mecanismos de aislamiento reproductivo precigóticos tienen lugar antes del apareamiento e impiden la fecundación del óvulo. Se trata de barreras ecológicas, conductuales, mecánicas y gaméticas.

Aislamiento ecológico

Los individuos de especies diferentes ocupan un mismo territorio, pero seleccionan distintos hábitats. Por ejemplo, las moscas de la fruta *Drosophila koepferae* y *Drosophila buzzatti*, habitantes del noroeste argentino, se alimentan de distintas especies de cactus. Unas eligen a las tunas y otras, los cardones. Esto hace poco probable el encuentro entre ambas especies.

Mosca de la fruta (*Drosophila sp.*)

Aislamiento etológico o conductual

Los individuos de especies diferentes no se atraen o pueden tener diferentes conductas de cortejo o preferencias de pareja. Por ejemplo, las hembras de los grillos solo son atraídas por el canto del macho de su especie.

Aislamiento temporal

Los individuos de especies diferentes pueden reproducirse en distinta época del año o en diferentes momentos del día. Por lo tanto, es poco probable que se encuentren cuando están buscando pareja.

Aislamiento mecánico

Los individuos de especies diferentes no pueden aparearse debido a la incompatibilidad física de los órganos copuladores (en animales) o de las estructuras florales (en plantas).

Dos especies de salvia, salvia apiana y salvia mellifera, no pueden cruzarse porque sus flores son distintas y requieren de polinizadores diferentes.

Aislamiento gamético

Espermatozoides y óvulos de especies diferentes no se unen por incompatibilidad química. Por ejemplo, en animales marinos con fecundación externa que liberan grandes cantidades de gametos al medio acuático, podrían llegar a fertilizarse con los gametos de otras especies. Sin embargo, esto no ocurre porque no hay reconocimiento de señales químicas entre ellos.

Si los individuos de dos especies diferentes logran aparearse, sorteando las barreras anteriores, operan los mecanismos de aislamiento reproductivo poscigóticos, los cuales interfieren en el desarrollo del individuo o lo hacen estéril, de manera que no pueda dejar descendencia. Al resultado de estos cruzamientos se los denomina **híbridos**. Los casos de barreras poscigóticas son:

Scanned by CamScanner

Inviabilidad de los híbridos

El cigoto híbrido, producto del cruce de dos especies diferentes, no llega a madurar y muere en alguna etapa del desarrollo. Por ejemplo, los embriones híbridos que provienen de la cruza de cabra y oveja.

Butterfly es el nombre de este híbrido, cruza entre una cabra enana y una oveja

Esterilidad de los híbridos

Los híbridos completan su desarrollo pero resultan estériles, es decir no producen descendencia. Tal es el ejemplo de la mula, un animal que resulta del cruce entre una yegua (*Equus ferus caballus*) y un burro o asno (*Equus africanus asinus*).

Infertilidad de la segunda generación híbrida

Los híbridos pueden llegar a ser fértiles, pero sus descendientes ya no lo son. Se encuentran ejemplos entre plantas de algodón, que en la segunda generación mueren en la etapa de semilla o plántula.

Los mecanismos de aislamiento precigóticos y poscigóticos no solo mantienen a las especies separadas posibilitando que conserven su identidad como tal, sino que también juegan un papel en la formación de especies nuevas, como veremos a continuación.

NACE UNA ESPECIE: TIPOS DE ESPECIACIÓN

Desde un punto de vista evolutivo, las especies son grupos de organismos reproductivamente homogéneos, que se originan de otra preexistente y sufren transformaciones con el paso del tiempo. Como consecuencia de estos cambios, las especies evolucionan y pueden originar especies nuevas, diferentes de la original.

Los genetistas de poblaciones estudian la especiación, es decir, el modo en el que una especie puede dar origen a otras nuevas. Existen diversos modelos explicativos que detallaremos y ejemplificaremos a continuación.

Especiación alopátrica

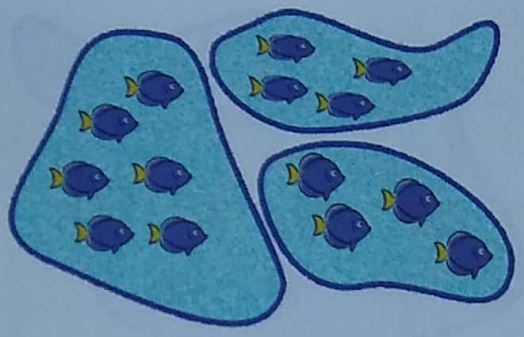
Uno de los tipos de especiación muy estudiado y comprobado por los científicos es la **especiación alopátrica** (allo- significa "otro" y -pátrida, "patria"), también llamada especiación por aislamiento geográfico. Se produce cuando las poblaciones quedan aisladas físicamente debido a barreras geográficas –ríos, montañas, desiertos, etc.– que interrumpen el flujo genético entre ellas.

La población original queda dividida en dos, y si bien, inicialmente, los organismos que viven a un lado u otro de la barrera, podrían reproducirse entre sí, la existencia de la barrera se los impide. Las poblaciones aisladas se irán diferenciando genéticamente y, con el paso del tiempo, pueden generarse barreras reproductivas entre ambas poblaciones. Cuando esto ocurre, los individuos que se encuentran a un lado y a otro de la barrera geográfica ya no podrán aparearse, aun cuando esta barrera haya desaparecido.

Scanned by CamScanner

El bonobo, *Pan paniscus*, también llamado chimpancé pigmeo o enano, es una de las dos especies que componen el género Pan. La otra especie es el chimpancé común, *Pan troglodytes*. Originalmente, eran una única especie, pero el río Congo actuó como barrera natural impidiendo el flujo genético entre las poblaciones de ambas orillas. Con el tiempo, esto produjo una diferenciación genética entre ambas poblaciones que acabó produciendo una diversificación en dos especies diferentes.

Los bonobos se ven raramente fuera de su hábitat natural, por lo que no son tan conocidos como los chimpancés comunes. A primera vista, son muy parecidos a estos, pero suelen tener la cara negra, las orejas más pequeñas y las piernas más largas.

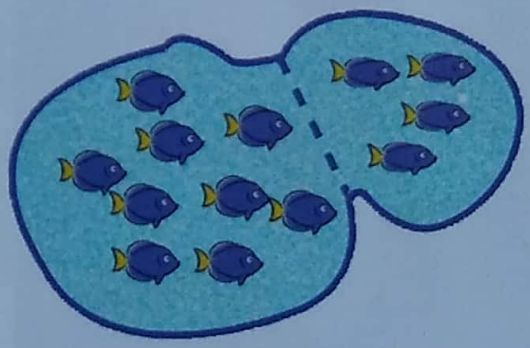


Especiación alopátrica

La diversificación de una sola especie de chimpancés en dos diferentes es un ejemplo de especiación alopátrica

Especiación parapátrica

El proceso de especiación parapátrica ocurre en ausencia de una barrera geográfica, en territorios adyacentes. Suele presentarse en especies con distribución geográfica amplia, en las que pueden existir diferencias en las condiciones ambientales entre territorios vecinos, de modo tal que la selección natural puede operar de modo diferencial en el área de distribución de las poblaciones y favorecer procesos de diferenciación. Por ejemplo, en suelos con residuos de actividad minera (con altas concentraciones de metales pesados), han evolucionado varias especies de plantas capaces de crecer allí. Se da una fuerte selección en favor a la tolerancia para los metales pesados que las diferencian de aquellas que crecen en suelo sin metales pesados.



Especiación parapátrica

Especiación simpátrica

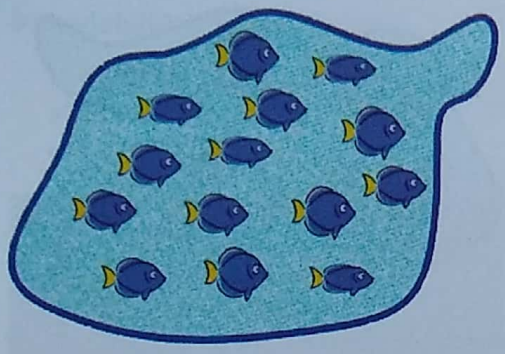
El proceso de especiación simpátrica (sym- significa "misma" y -pátrica, "patria") ocurre dentro de un mismo territorio, en un ambiente heterogéneo y en ausencia de barreras geográficas. La diferenciación tiene lugar cuando las poblaciones comienzan a construir **nichos ecológicos** diferentes. En este caso, la barrera es de tipo ecológica. La explotación de un nuevo nicho puede reducir automáticamente el flujo genético con individuos que explotan el otro nicho y con el transcurso de las generaciones, las dos formas pueden acumular diferencias y barreras genéticas.

Vocabulario +

Nicho ecológico

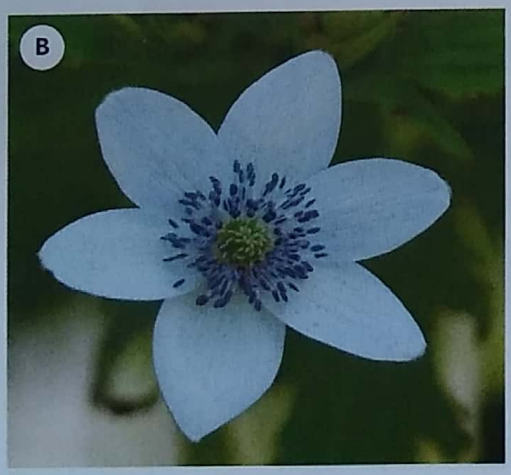
Conjunto particular de factores ambientales y bióticos con los que interactúa una población determinada en la comunidad de la cual forma parte.

Scanned by CamScanner



Especiación simpátrica

Un ejemplo reciente de especiación simpátrica puede estar ocurriendo en la mosca del gusano de la manzana, *Rhagoletis pomonella*. Estas moscas solían poner sus huevos solo en la fruta de un tipo de árbol, pero hace menos de 200 años, algunas moscas comenzaron a poner sus huevos en otra especie de árbol. Ahora hay dos grupos de moscas del gusano de las manzanas. Mientras que los machos buscan pareja en el mismo tipo de fruta en el que crecieron, las hembras ponen sus huevos también en los mismos tipos de árboles. Ya existen diferencias genéticas entre los dos grupos y, probablemente, podrían convertirse en especies separadas.



A. *Anemone quinquefolia*. B. *Anemone rivularis*. Son dos especies resultantes de la especiación por poliploidía

Especiación peripátrica

El proceso de especiación peripátrica (peri-, "alrededor") ocurre cuando un pequeño número de individuos establece una nueva población en la periferia de la localización de una población y el grupo fundador tiene una configuración genética no representativa de la población original. La deriva genética puede devenir en el aislamiento reproductivo de la nueva población con respecto a la original y, por lo tanto, el establecimiento de una nueva especie.

Especiación por poliploidía

Este tipo de especiación es un fenómeno muy difundido en plantas. Pero aun siendo raro en animales, se han descrito casos en especies hermafroditas, como caracoles y lombrices de tierra. En algunos casos, cuando se superan los mecanismos de aislamiento reproductivo y se cruzan dos individuos de distintas especies, la dotación de cromosomas se puede duplicar como resultado de la unión de dos gametos. A esta dotación duplicada de cromosomas y, a veces triplicada o más, se la denomina **poliploidía**. Bajo condiciones particulares, los organismos poliploides pueden reproducirse entre sí, como individuos de una nueva especie.

Vocabulario +

Poliploidía

Fenómeno por el cual se originan células, tejidos u organismos con tres o más juegos completos de cromosomas.

Scanned by CamScanner

Actividades

1 Un hito chino ha separado a plantas

La Gran Muralla de China, que comenzó a construirse en el siglo V a. C. para obstaculizar a las tribus merodeadoras, también dificulta el flujo de genes de plantas. Así, lo señala un artículo publicado en la revista *Nature* en el año 2003. Hongya Gu y su equipo de la Universidad de Pekín estudiaron plantas de tres sitios. En dos de ellos, el terreno está separado por el muro, que tiene seis metros de altura y es igual de ancho. En el tercer sitio de control, un sendero estrecho de montaña atraviesa la vegetación. El equipo analizó 416 muestras de ADN de seis especies con diferentes hábitats, estilos de polinización y sistemas reproductivos. Encontraron que plantas de la misma especie, que crecen en ambos lados de la muralla, son genéticamente diferentes.

a) ¿Cómo explicarían los cambios en la composición genética de estas poblaciones?

b) ¿Qué incidencia puede tener el tipo de polinización en el mantenimiento del flujo génico?

2 ¿A qué modelo de especiación puede corresponder la figura? Fundamenten su respuesta.

EL FIN DE UNA ESPECIE: LAS EXTINCIONES

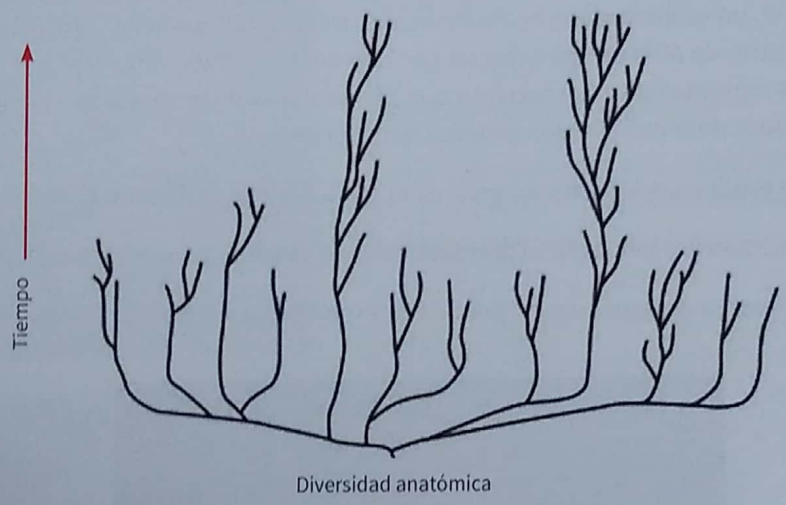
Opabinia, un animal con una garra en su trompa frontal, cinco ojos en la cabeza, cuerpo segmentado y branquias en la parte superior... es tan extraño que parece un ser de otro planeta. Sin embargo, esta criatura que habitó algunos mares de la Tierra, hoy se encuentra extinta, al igual que el 99% de las especies que alguna vez vivieron en el planeta. Opabinia, pertenece a la fauna de Burgess Shale: animales que representan la primera explosión de vida pluricelular conocida y comprobada en los mares del Cámbrico.

Stephen Jay Gould, uno de los biólogos evolutivos más destacado del siglo XX (1941-2002), denomina al fenómeno de Burgess Shale "episodio concentrado de diversificación" y sostiene que la

Scanned by CamScanner

Opabinia

historia de la vida es la narración de una explosión de formas anatómicas diferentes, seguida de su casi total eliminación y la posterior diferenciación, y no tanto el relato convencional de un aumento constante de excelencia, complejidad y diversidad de especies biológicas. La tesis principal de Gould es que la evolución de las formas de vida procede, mediante extinciones masivas, que restringen la variedad de diseños drásticamente y al azar: "la vida evoluciona mediante diezmación y diversificación".



Representación del árbol de la vida que refleja las lecciones de Burgess Shale: diversificación y diezmación

El túnel del tiempo

Los fósiles de Burgess Shale, que datan de hace 530 millones de años, fueron hallados en una cantera de la Columbia Británica en 1909 por Charles Doolittle Walcott, paleontólogo norteamericano. En una primera interpretación del hallazgo, se consideró a estos animales como versiones ancestrales o primitivas de grupos de organismos actuales. Más de 50 años después, en 1971, el profesor Harry Whittington, de la Universidad de Cambridge, publica una monografía con una revisión no solo de la fauna de Burgess Shale, sino de toda la historia de la vida, incluida nuestra propia evolución.

Comparados con los mares de Burgess Shale, es posible que los océanos de hoy en día contengan muchas más especies, pero con muchos menos planes anatómicos. La fauna de Burgess Shale presentaba una gran variedad anatómica. A tal punto que, en la actualidad, el casi millón de especies de artrópodos descritos, se encuadra en cuatro grupos principales, mientras que la fauna de Burgess Shale revela más de 20 diseños diferentes a los conocidos en la actualidad.

Scanned by CamScanner

Cuando se analiza la historia de la biodiversidad en nuestro planeta, nos encontramos con que la extinción es un fenómeno muy frecuente, a punto tal que los científicos afirman que constituye el destino de toda especie. En el contexto de la macroevolución, se analizan las extinciones, que resultan irreversibles, y afectan a especies o taxones de nivel superior.

Las extinciones se producen de modo más o menos continuo a lo largo del tiempo geológico, dando lugar al surgimiento de otras especies, y a este proceso se lo conoce como **extinción de fondo**. En algunas ocasiones, la tasa de extinción se eleva bruscamente durante un tiempo breve, un suceso conocido como **extinción masiva** o **en masa**. Cada extinción en masa cambia la biodiversidad del período geológico siguiente y puede implicar la eliminación de una enorme cantidad de especies llegando a provocar incluso la desaparición de grupos taxonómicos completos, como órdenes o familias. Desde otro punto de análisis, la extinción de grupos enteros ofrece nuevas oportunidades para los organismos sobrevivientes.

Los investigadores, quienes reconstruyen estos hechos a partir de la evidencia aportada por el registro fósil, identifican cinco grandes períodos de extinciones masivas. Y reconocen un sexto período de extinción que está ocurriendo ahora.

A diferencia de las extinciones anteriores, ocurridas por fenómenos físicos y/o biológicos: caída de un meteorito, variación en la temperatura global, trastornos en el desarrollo embrionario, entre otros, la "Sexta Extinción", como ha de llamarse, tiene como unas de sus causas un factor biótico: el hombre.

Todos los seres vivos ocasionan un impacto sobre el medio ambiente. Desde las lombrices y su papel en la modificación del suelo, hasta los castores que hacen diques en los cursos de agua, tienen un efecto sobre el entorno físico. Pero el impacto provocado por el *Homo sapiens*, es decir, por nosotros, es mucho más complejo de analizar. Factores culturales, sociales, económicos y políticos forman parte del entramado.

Según un informe elaborado por la Auditoría General de la Nación, para el período 2011-2016, en Argentina, hay 564 especies de fauna silvestre:

- **En peligro de extinción**: aquellas especies cuya supervivencia será improbable si los factores causantes de su regresión continúan actuando.
- **Amenazadas**: especies que por exceso de caza, por destrucción de su hábitat o por otros factores, son susceptibles de pasar a la situación de especies en peligro de extinción.
- **Vulnerables**: especies que debido a su número poblacional, distribución geográfica u otros factores, aunque no estén actualmente en peligro, ni amenazadas, podrían correr el riesgo de entrar en dichas categorías.

Las causas principales son:

- Pérdida y degradación del hábitat
- Avance de la frontera agropecuaria
- Caza ilegal
- Tráfico de especies o de productos derivados
- Contaminación
- Cambio climático
- Introducción de especies exóticas
- Sobrepastoreo

Scanned by CamScanner

Lectura

Denuncian la muerte masiva de cóndores envenenados en la Patagonia

La organización ambiental "Aves Argentinas" informó que un "poderoso agrotóxico" prohibido en nuestro país provocó estas muertes. ¿A quiénes responsabilizan?

Al menos 23 cóndores fueron hallados muertos envenenados en dos zonas de la Patagonia argentina, una situación que en menos de un año se dio en otras regiones del país sudamericano, informó hoy la organización ambiental "Aves Argentinas". "Un poderoso agrotóxico, prohibido en el país, fue usado como veneno. En Argentina, el uso ilegal de agrotóxicos está diezmando las poblaciones naturales del cóndor andino", informó este organismo. El hallazgo de aves muertas ocurrió en las ciudades patagónicas de Chos Malal y Perito Moreno, en las provincias de Neuquén y Santa Cruz, y se suma a las "muertes masivas" ocurridas en poco más de un año en las provincias de Jujuy y Mendoza, respectivamente. "Han muerto envenenados más de 90 cóndores en el país y los casos de muerte masiva se siguen repitiendo a un ritmo que amenaza de extinción a la especie", La organización indicó que los estudios toxicológicos realizados por la Fundación Bioandina Argentina "determinaron la causa de muerte (de las aves) por ingesta de un poderoso agrotóxico organofosforado, cuyo uso está prohibido en el país". Aves Argentinas advirtió que, "desgraciadamente, algunos pobladores rurales ilegalmente siguen usando veneno para tratar de controlar grandes carnívoros como pumas, zorros e incluso perros". Con eso, sin embargo, "causan la muerte de especies carroñeras, encargadas de mantener la limpieza del ambiente, y también contaminan el suelo, el agua y ponen en peligro todas las formas de vida, incluso la humana".

Fuente: perfil.com

Actividad

Al rescate del Espíritu de los Andes

1. A partir de la lectura del artículo:
   a) Definan los actores involucrados y cuál es la participación de cada uno.
   b) Identifiquen los conflictos de intereses y valores que están en juego. ¿Qué actores entran en tensión en dichos conflictos?
   c) Busquen información sobre el programa Conservación del Cóndor Andino.
   d) Elaboren una campaña de difusión para redes sociales.

2. Teniendo en cuenta que nada se puede valorar si no se conoce, en grupos, busquen información sobre alguna de las especies incluidas en las categorías anteriores para nuestro país.

   Pueden realizar un mapa georreferencial de la distribución de la especie, contáctense con organizaciones y asociaciones que lleven adelante programas de conservación, averigüen si existe legislación vigente que proteja a la especie en cuestión, etc. Con la información recolectada, elijan algunas de estas opciones con el propósito de promover la toma de conciencia acerca de la problemática por parte de los diferentes actores de la comunidad, diseñen una campaña de difusión con pósteres, publicaciones para redes sociales, preparación de un stand en la feria de ciencias, videos, entre otros.

Scanned by CamScanner

UNA GRAN OPORTUNIDAD: RADIACIÓN ADAPTATIVA DE MAMÍFEROS

La extinción de la mayoría de los dinosaurios, junto con otros grupos con los que convivieron es, sin lugar a duda, una de las más difundidas por divulgadores científicos. Tal vez, porque de no haber ocurrido, ¿qué podríamos decir acerca de nuestra existencia como mamíferos? ¿Hubiese sido posible?

Una de las explicaciones aceptada por la comunidad científica sostiene, entre otros factores, que hace unos 65 millones de años, al final del período cretácico, un gran meteorito chocó contra la Tierra en lo que hoy es la península de Yucatán, en México. El violento impacto, entre otras causas posibles, no solo provocó el fin del reinado de los dinosaurios, sino que también acabó con más del 70% de todas las especies vivas del planeta, dando lugar a una de las extinciones más grandes de las que se tiene conocimiento. Al mismo tiempo, este evento posibilitó una gran oportunidad a otros grupos de seres vivos.

Frente a las nuevas condiciones establecidas, los mamíferos mesozoicos, como informalmente se llama a todos los que vivieron junto con los grandes dinosaurios ocupando un papel secundario –debido a la diferencia de tamaño y competencia interespecífica–, se encontraron en una situación ventajosa.

Una extinción masiva puede ofrecer oportunidades a las especies sobrevivientes y hacer posible una radiación adaptativa. Es decir, un episodio en el que un linaje se diversifica rápidamente –en la escala del tiempo geológico– y muchas especies se originan de un modo simultáneo a partir de un ancestro común, desarrollando distintas adaptaciones. El grupo de los mamíferos contaba con características que les permitieron aprovechar esta oportunidad y así, diversificarse durante la era cenozoica.

La radiación adaptativa también está asociada al surgimiento de **novedades evolutivas** que posibilitan el éxito de un grupo, por ejemplo, la capacidad de vuelo en las aves, el origen de la semilla, las flores en **espermatofitas** o la aparición del **huevo amniota** en reptiles. La característica novedosa puede hacer accesibles nuevos nichos y proporcionar la oportunidad de explotar otros recursos.

Reconstrucción de un mamífero mesozoico

Vocabulario +

Novedades evolutivas

Cambios estructurales que aparecen en un linaje determinado, los cuales son diferentes a su antecesor común. Se trata de características que surgen en un grupo de seres vivos, inexistente en grupos anteriores.

Espermatofitas

Plantas con semilla.

Huevo amniota

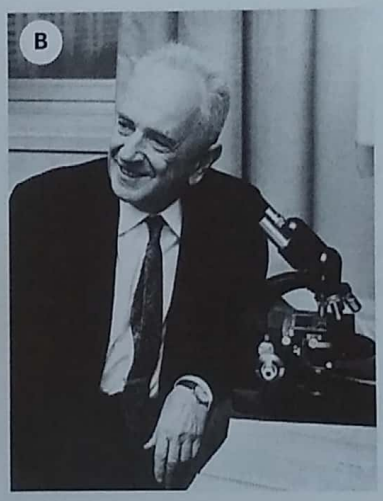
Huevo que es aislado y protegido del ambiente durante el período de su desarrollo por una serie de membranas y, generalmente, con una cáscara más o menos impermeable.

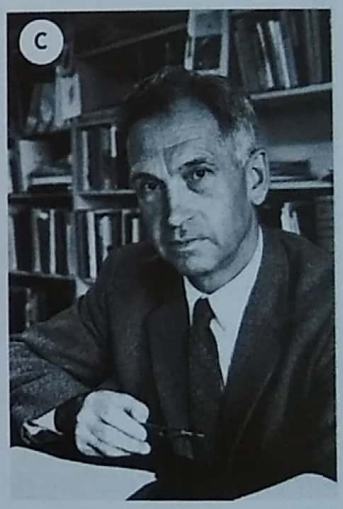
Scanned by CamScanner

DESFILE DE MODELOS: TEORÍAS ACTUALES DE LA EVOLUCIÓN BIOLÓGICA

Casi 100 años después de que Darwin y Wallace construyeran y dieran a conocer su modelo teórico para explicar la evolución de las especies, surgieron nuevos modelos científicos que completaron, corrigieron y, eventualmente, cuestionaron parte de las explicaciones darwinianas. Se trata de las teorías actuales de la evolución biológica.

Una de ellas es la **teoría sintética de la evolución** de George Simpson, Theodosius Dobzhansky y Ernst Mayr, quienes, a mediados del siglo XX, proponen un modelo teórico para explicar la evolución que integra los aportes de la paleontología, la sistemática, la ecología y la genética. Por eso, su nombre: síntesis evolutiva. Esta teoría completa a la darwiniana. Uno de los nuevos e importantes aportes son las explicaciones sobre el origen de las variaciones, aspecto que Darwin no explicó, más allá de la reproducción sexual cruzada entre los organismos. Esta teoría, al igual que la de selección natural, considera que todos los cambios evolutivos son lentos, graduales y continuos, y que la selección natural opera de manera similar a nivel micro y macroevolutivo.





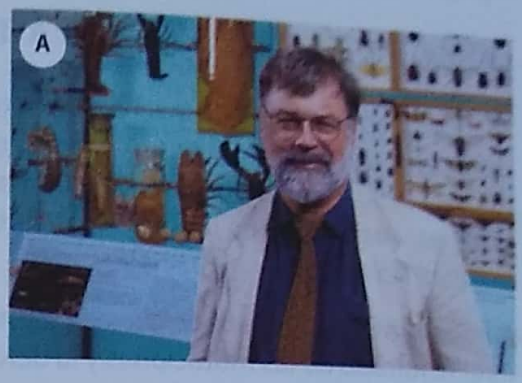
A. George G. Simpson B. Theodosius Dobzhansky. C. Ernst Mayr, coautores de la teoría sintética de la evolución

Podemos reconocer en la teoría sintética los siguientes puntos principales:

- Las poblaciones naturales tienen variación genética, originada por mutación al azar y recombinación.
- Las poblaciones naturales evolucionan por cambios en las frecuencias alélicas; cambios determinados principalmente por selección natural y en menor medida por otros procesos como la deriva genética y el flujo génico.
- El cambio ocurre de forma gradual, puesto que las variantes adaptativas tienen efectos leves en el fenotipo.
- La aparición de nuevas especies implica un proceso de aislamiento reproductivo gradual.
- La continuidad de los procesos anteriores da lugar al origen categorías taxonómicas de nivel superior como los géneros, órdenes, familias.

Scanned by CamScanner

La otra teoría, también vigente en la actualidad, es la de **equilibrios interrumpidos** o **puntuados**. Fue propuesta, a fines de la década del 60, también en el siglo XX, por Stephen Gould y Niles Eldredge. Este nuevo modelo explicativo cuestiona que toda la evolución transcurra en forma gradual y que la selección natural actúe de manera similar a nivel micro y macroevolutivo. Proponen que hay cambios lentos y graduales, que ocurren durante la microevolución y ellos denominan períodos de "estasis". En ocasiones, de ellos, resulta la adaptación. A nivel macroevolutivo, los cambios son abruptos y repentinos. Corresponden a los equilibrios interrumpidos que dan nombre a la teoría. De ellos, resultan las explosiones de biodiversidad y las extinciones masivas. A este nivel no interviene la selección natural, como lo hace en las poblaciones. Por lo tanto, las nuevas especies no se originarían como resultado de la acumulación de variaciones favorablemente seleccionadas, sino por cambios que ocurren en cortos períodos de tiempo, por ejemplo, producidos por mutaciones en genes reguladores. Una vez originadas las especies, entre ellas, se produce una selección, de lo que resulta la extinción de la mayoría. Esta teoría cuestiona la existencia de "eslabones perdidos", como especies intermedias entre grupos de seres vivos. También, afirman que la biodiversidad del pasado es mayor que la actual y que no hay tendencia a la complejidad.



A. Niles Eldregde. B. Stephen Gould, coautores de la teoría evolutiva de equilibrios interrumpidos

Actividad

El ritmo de la evolución

¿La evolución biológica es lenta y gradual o sucede por cambios repentinos? Una de las polémicas en el ámbito científico es sobre el ritmo del cambio evolutivo.

Siendo que el registro fósil que se analiza es el mismo y lo que varían son las interpretaciones, imaginen que son paleontólogos y propongan un argumento sobre la interpretación de los fósiles según la teoría sintética de la evolución y según la teoría de los equilibrios interrumpidos. Incluyan los siguientes conceptos clave: eslabón perdido, gradualismo, registro fósil, saltacionismo, evidencias de la evolución.

Scanned by CamScanner

OTRO PUNTO DE VISTA: LA TEORÍA NEUTRALISTA

El papel preponderante de la selección natural sobre la variación genética prevaleció hasta la década del 60. En ese momento, y como consecuencia del inicio del estudio de la evolución a nivel molecular, diferentes voces comenzaron a cuestionar el papel totalmente determinista de la selección sobre la variación genética en las poblaciones. Una de ellas, quizás la más reconocida, fue la del biólogo japonés Motoo Kimura (1924-1994).

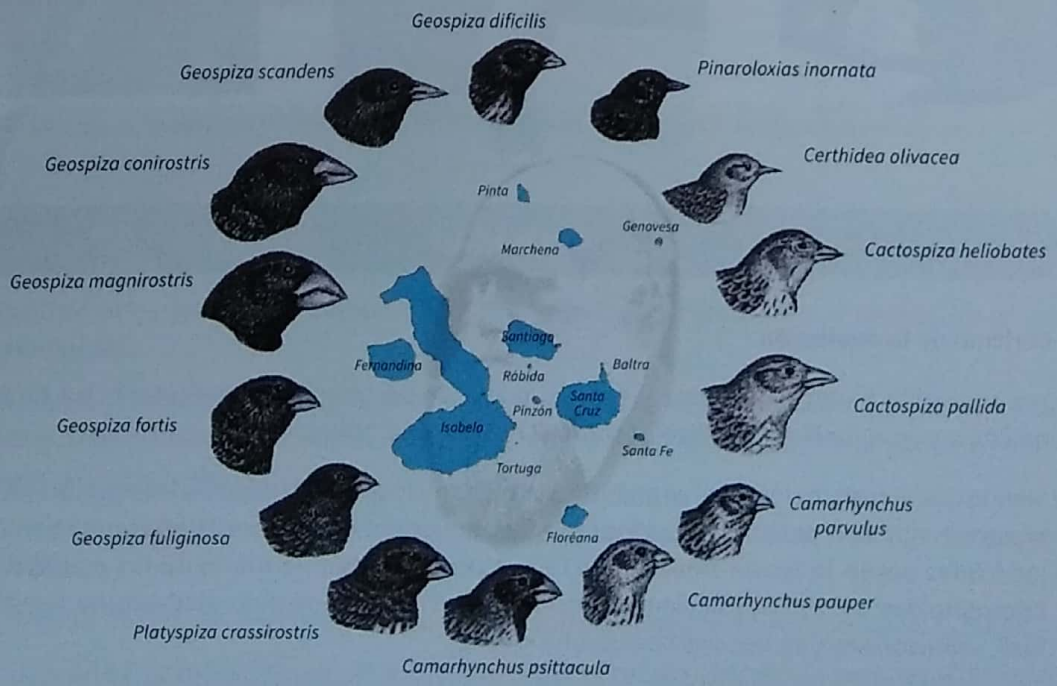
Para la **teoría neutralista** de la evolución, la mayor parte de la variabilidad genética de una población es el resultado de las mutaciones y la deriva genética, y no de la selección natural. Básicamente, la teoría propone que si en una población existen varias versiones diferentes de un gen, es porque a nivel molecular, los genes son selectivamente neutros: no confieren ventaja o desventaja alguna al portador, es decir que no afectan a la eficacia biológica de los organismos de una población.

Mientras que los defensores de la selección natural sostienen que para que un alelo mutante se propague en una población debe poseer alguna ventaja, para los defensores de la teoría neutralista, algunos alelos mutantes pueden difundirse en la población simplemente por azar.

RECAPITULANDO

A modo de síntesis, para comprender la evolución biológica, resulta necesario pensarla desde las dinámicas poblacionales y no como modificaciones particulares en los individuos. La variabilidad genética presente en las poblaciones es lo que les confiere potencial evolutivo, expresado en la posibilidad de sobrevivir en determinados ambientes y, eventualmente, también puede conducir a la formación de nuevas especies.

En el próximo capítulo, avanzaremos en la comprensión de los mecanismos moleculares implicados en la generación de variabilidad genética.



Pinzones de Darwin: evolución, diversidad y cambio

Scanned by CamScanner

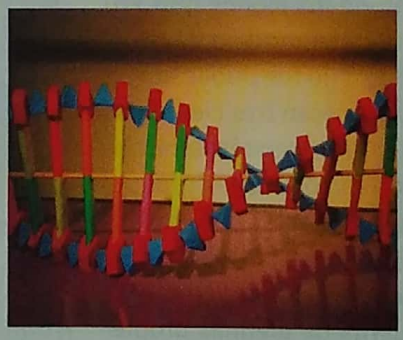
CAPÍTULO

4

Última escala: una mirada al microcosmos del cambio evolutivo. Las bases genéticas de la evolución

ANTES DE APRENDER ALGO NUEVO...

Actividad

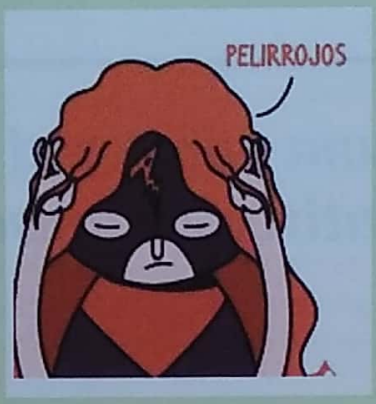


1. Como última escala de nuestro viaje imaginario al pasado y presente evolutivo de nuestro linaje, iniciamos este capítulo con una serie de interrogantes para analizar y reflexionar sobre aquello que sabemos:
   - ¿Podrían reconocer qué es lo que se representa en las imágenes anteriores?
   - ¿Consideran que lo que muestran estas figuras representan formas reales? ¿Por qué?
   - ¿Qué importancia tiene la estructura representada en las figuras para la biología y para la vida de los organismos?
   - ¿Existirá alguna relación entre esta molécula y la evolución de los seres vivos? ¿Cuál?

Scanned by CamScanner

2 Ahora analicen las siguientes figuras y respondan:

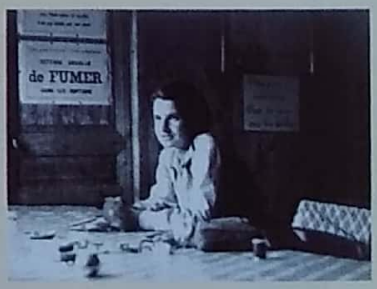
- ¿Cuál o cuáles de los personajes presentados podrían considerarse producto de mutaciones? Fundamenten sus respuestas.



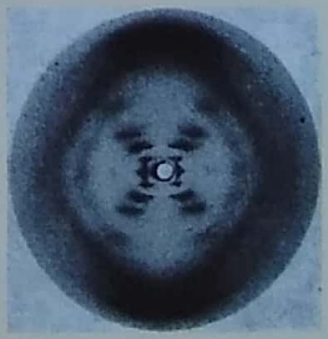
El túnel del tiempo

La imagen de la doble hélice es uno de los íconos más importantes del siglo XX. La presentación del modelo de la estructura del ADN ocurrió en 1953. El trabajo fue publicado en la revista *Nature* y, como coautores, aparecen tres científicos varones: Watson, Crick y Wilkins. Sin embargo, en esta historia, una mujer científica, Rosalind Franklin tuvo un papel clave. Si bien las moléculas no se ven, ni siquiera con sofisticados instrumentos de óptica, en 1952, Rosalind, doctorada en Química Física por la Universidad de Cambridge, obtuvo las primeras fotografías que dan cuenta de algunas propiedades del ADN, mediante la técnica de difracción de rayos X: la foto 51. Watson y Crick recibieron una de esas fotografías y construyeron el modelo sin aclarar que habían utilizado el trabajo de Franklin.

Wilkins, Watson y Crick recibieron el premio Nobel en 1962, cuatro años después de la muerte de Rosalind. Es recién en 1968, en su libro *La doble hélice*, cuando Watson reconoce el aporte de esta gran científica, injustamente "olvidada" en su momento, a tiempo de ser valorada en la actualidad.



Rosalind Franklin



Fotografía crucial para el desarrollo del modelo de la doble hélice

Scanned by CamScanner

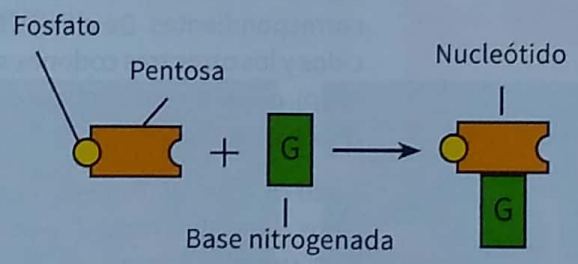
DESCIFRANDO EL LENGUAJE DE LA VIDA

En la actualidad, todos los procesos evolutivos se estudian a partir de fundamentos genéticos. Por eso, es importante iniciar este último tramo de nuestro viaje imaginario a través del tiempo y la historia de la biodiversidad retomando e incorporando algunos conceptos relevantes de genética. Comencemos con las propiedades de los ácidos nucleicos.

El ADN y el ARN son macromoléculas, es decir, polímeros constituidos por unidades que se repiten: los nucleótidos. Cada nucleótido está formado por:

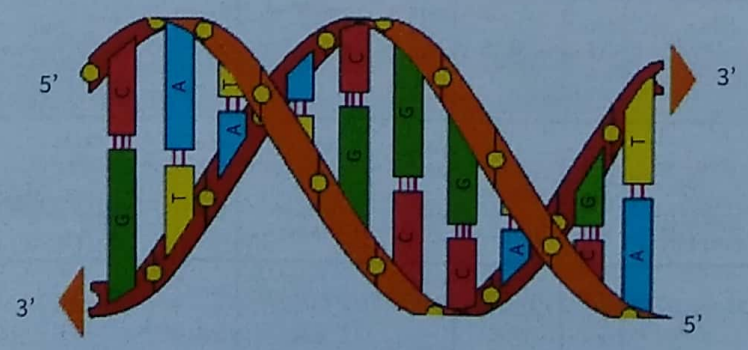
- Una pentosa, que es un carbohidrato formado por cinco átomos de carbono. Es ribosa en el ARN y desoxirribosa en el ADN.
- Una base nitrogenada: adenina (A), guanina (G) uracilo (U) citosina (C) o timina (T).
- Un grupo fosfato.

En los nucleótidos que forman el ADN (desoxirribonucleótidos), las bases nitrogenadas son: adenina, citosina, guanina o timina. En cambio, en los nucleótidos del ARN (ribonucleótidos) en lugar de timina, encontramos uracilo. Como la molécula es muy compleja, se la suele representar en un modelo simplificado, como el de la figura.



Modelo simplificado de un nucleótido

El ADN es una macromolécula, un polímero de desoxirribonucleótidos, conformada por dos cadenas complementarias y antiparalelas. Son complementarias porque las bases nitrogenadas se disponen unidas de a pares. Esta unión se da entre la citosina y la guanina (C-G) y entre la adenina y la timina (A-T). Son antiparalelas por la orientación que adoptan estas cadenas. El modelo que proponen los científicos es el de una doble hélice, como se observa en la figura. Esta molécula contiene información, escrita en lenguaje químico.



Modelo de la doble hélice

Scanned by CamScanner

De estas características, surgen muchos interrogantes: ¿qué tipo de información contiene?, ¿cómo puede "leerse"?, ¿qué hace nuestro organismo con esa información?, ¿cómo se transmite y conserva esa información de una generación a otra?, ¿qué sucede si cambia esa información?

En principio, las bases nitrogenadas, como un "código", se organizan en secuencias. Según el orden de bases de estas secuencias, la información contenida en ellas es diferente. Esta información puede "copiarse", "leerse" o "traducirse". ¿Por qué esto es tan importante? Porque en este lenguaje químico se encuentran las instrucciones que, al expresarse, luego de su lectura y traducción, dan lugar a la formación de un organismo: sus células, tejidos, órganos y también a su funcionamiento como sistema biológico.

Las instrucciones que hacen a las características de un organismo, están escritas en un "idioma": el de los nucleótidos. Estas se expresan o manifiestan como proteínas que nuestras células construyen o sintetizan, según "el manual de instrucciones del ADN". Las proteínas están formadas por una secuencia de otras moléculas: los **aminoácidos**. Por lo tanto, es necesaria una traducción del lenguaje del ADN al de las proteínas. ¿Y qué solemos utilizar cuando queremos traducir una palabra de un idioma a otro? Un diccionario. En este caso, el código genético sería nuestro diccionario, un sistema que permite traducir el idioma de los nucleótidos al de los aminoácidos.

Vocabulario +

Aminoácidos

Unidades básicas que forman las proteínas.

Cadena polipeptídica

Cadena lineal de aminoácidos, unidos por un tipo de enlace químico llamado peptídico.

El código genético consiste en 64 combinaciones de tripletes de nucleótidos (codones) y sus aminoácidos correspondientes. De ellos, 61 codifican para aminoácidos y los otros tres codones son señales de detención (*stop*), que indican la finalización de la **cadena polipeptídica de aminoácidos** en formación.

Dado que los 61 tripletes codifican para 20 aminoácidos, hay "sinónimos", por ejemplo CCU, CCC, CCA, CCG, todos codifican para el aminoácido prolina. Esto se conoce como redundancia del código genético. Este hecho cobra relevancia al tratar las mutaciones como veremos más adelante.

Primera base	Segunda base: U	Segunda base: C	Segunda base: A	Segunda base: G	Tercera base
U	UUU, UUC: Fenilalanina (Fen) UUA, UUG: Leucina (Leu)	UCU, UCC, UCA, UCG: Serina (Ser)	UAU, UAC: Tirosina (Tir) UAA, UAG: CODÓN DE TERMINACIÓN	UGU, UGC: Cisteína (cis) UGA, UGG: CODÓN DE TERMINACIÓN; Triptófano (Tri)	U, C, A, G
C	CUU, CUC, CUA, CUG: Leucina (Leu)	CCU, CCC, CCA, CCG: Prolina (Pro)	CAU, CAC: Histidina (His) CAA, CAG: Glutamina (Gln)	CGU, CGC, CGA, CGG: Arginina (Arg)	U, C, A, G
A	AAU, AUC, AUA: Isoleucina (Ileu) AUG: Metionina (Met) INICIO	ACU, ACC, ACA, ACG: Treonina (Tre)	AAU, AAC: Asparagina (Asn) AAA, AAG: Lisina (Lis)	AGU, AGC: Serina (Ser) AGA, AGG: Arginina (Arg)	U, C, A, G
G	GUU, GUC, GUA, GUG: Valina (Val)	GCU, GCC, GCA, GCG: Alanina (Ala)	GAU, GAC: Ácido aspártico (Asp) GAA, GAG: Ácido glutámico (Glu)	GGU, GGC, GGA, GGG: Glicina (Gli)	U, C, A, G

Código genético

Scanned by CamScanner

Por otra parte, este "diccionario" es el mismo para todas las especies conocidas. Por eso, los científicos afirman que el código genético es universal. Esta característica es una evidencia evolutiva del origen común de todos los seres vivos. Por ejemplo, el triplete GUU codifica para el aminoácido valina, tanto en una vaca, una planta, un hongo, una bacteria o el hombre.

SIMILARES Y DIFERENTES

Ahora, podemos preguntarnos: ¿todas las características de un organismo dependen de la información presente en el ADN? La respuesta es no. Mucha información está allí contenida, pero luego, influyen características ambientales en la forma en la que se manifiesta esta información. Por ejemplo, los gemelos idénticos tienen la misma información genética. Sin embargo, en el transcurso de su vida, a uno de ellos le puede salir un lunar u otro crecer un poco más que su hermano, tener la voz ligeramente diferente, entre muchas otras diferencias. Por lo tanto, las evidencias científicas demuestran que ningún ser vivo vive aislado de su ambiente y ambos interactúan durante toda la vida de los organismos en particular y de las especies en general.

De la relación entre la información contenida en el material genético y su manifestación en el cuerpo de los seres vivos, resultan términos específicos; **genotipo** es el conjunto de genes de un organismo y **fenotipo** son las características observables que resultan de la expresión de dichos genes en su interacción con el ambiente.

¿Son completamente iguales estas gemelas idénticas?

El plumaje en los flamencos varía según la alimentación

Actividades

1. En el ejemplo de los gemelos idénticos, mencionamos que pueden no serlo por la influencia del ambiente. ¿Conocen casos de hermanos gemelos? ¿Existen diferencias entre ellos? ¿Cuáles? ¿Cómo los reconocen?
2. Busquen otros ejemplos que demuestren que el fenotipo resulta de la interacción del organismo con el ambiente.

Scanned by CamScanner

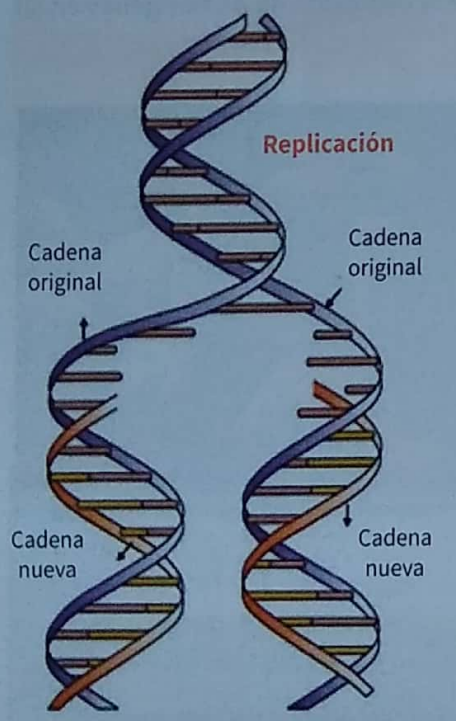
¿ES COPIA FIEL?

El ADN también posee la capacidad de autorreplicarse, es decir, hacer una copia completa de sí mismo. Esto ocurre durante la reproducción celular y permite transmitir la información a la descendencia. Esta capacidad es muy importante desde el punto de vista evolutivo, ya que permite que una especie conserve, en el tiempo, aquellas características que la distinguen de otras.

Central de copiado: la replicación del ADN

Cuando una célula se divide, cada nueva célula debe portar toda la información genética que determine sus características y funciones. Esto es posible porque el ADN tiene la capacidad de duplicarse, es decir, generar una copia de sí mismo.

Durante la replicación, la molécula de ADN, que se encuentra enrollada en el interior del núcleo celular en las células eucariotas, se desenrolla y separa sus hebras. Cada una de ellas servirá de molde para la síntesis de nuevas hebras, a modo de guía para la ubicación de los nucleótidos en la nueva copia. Al finalizar la duplicación, cada nueva molécula de ADN estará formada por una hebra vieja, la original que actuó de molde y una nueva.



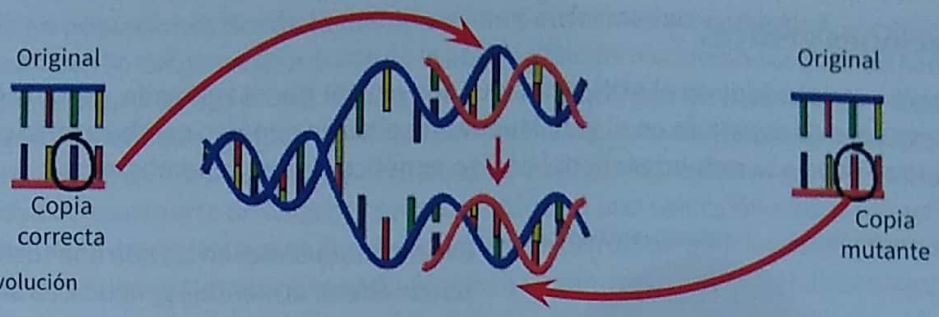
Replicación del ADN: la hebra original sirve de molde para la síntesis de la nueva hebra

En este proceso de síntesis, interviene una enzima, la ADN- polimerasa: coloca nucleótidos siguiendo la complementariedad de bases (A-T y C-G). Pero la maquinaria de replicación del ADN no es infalible y puede haber errores en el copiado. Muchas veces pensamos que estos cambios en el copiado de información genética siempre están relacionados con enfermedades o malformaciones que pueden poner en riesgo la vida de las células y de los organismos. En ocasiones, es así, pero no siempre. Muchas veces estos errores son reparados por complejos mecanismos de regulación, como parte de los procesos de homeostasis que estudiaron en años anteriores. A veces, la misma enzima ADN polimerasa reconoce un "error" y elimina el nucleótido equivocado. Otras se efectúa una especie de "barrido" (como si fuese un escaneo) de la molécula de ADN luego de que ha sido sintetizada, y se corrige cualquier apareamiento de bases incorrectas, por ejemplo, A-C. Finalmente, si se encuentran bases dañadas, o incorrectas, estas y otras adyacentes son cortadas y luego otra vez, la ADN polimerasa coloca las bases correctas.

"HOUSTON: TENEMOS UN PROBLEMA": CAMBIOS EN LA INFORMACIÓN GENÉTICA Y ERRORES DE COPIADO

A pesar de ser costosa, en términos energéticos, la reparación del ADN es crucial para la supervivencia de la célula. Sin embargo, siempre quedan errores sin reparar. En un nuevo evento de replicación, estos errores se transmiten a las células hijas y así, a las siguientes generaciones. Estamos en presencia de lo que llamamos **mutación**.

Scanned by CamScanner



Mutaciones y evolución

La mayoría de las mutaciones pasarán inadvertidas por alguna de las siguientes causas:

- Están en regiones del ADN no codificantes, Algunas regiones del ADN contienen información para la síntesis de proteínas y otras no, son las llamadas **no codificantes**.
- No cambian el aminoácido que codifican (redundancia del código genético).
- Ese cambio no altera la función de la proteína.
- Podría alterarse y así y todo, no resultar perjudicial.

Pero también las mutaciones, cuando expresan un cambio que se hereda, tienen un rol central en la evolución. Permiten sortear "callejones sin salida" como veremos a continuación.

El papel de las mutaciones

Por lo general, el concepto de mutación se visualiza en sus aspectos negativos; las mutaciones son responsables de variadas enfermedades genéticas y otras disfunciones vitales como el cáncer o se las asocia como generadoras de superhéroes de extrañas habilidades que los distinguen del resto de los mortales. Sin embargo, estas miradas nos ocultan un hecho fundamental: si no ocurriesen cambios en el ADN, las especies se mantendrían inmutables en el tiempo, tal como sostenía el fijismo que dominó el pensamiento occidental durante más de 2000 años.

Estos cambios en el material hereditario de los seres vivos ocurren el azar. Y resultan ser la materia prima sobre la que operan los procesos del cambio evolutivo: dan lugar a las variaciones. Es importante destacar que no todas las mutaciones resultan relevantes para la evolución. Interesan las mutaciones que se expresan y se heredan a la descendencia. Es decir, aquellas que ocurren en los gametos o en las células que originan a los gametos. Las mutaciones que ocurren en células somáticas, pueden generar perjuicios en los individuos al acumularse y, dependiendo de qué genes han mutado y de sus interacciones con el ambiente, conducir al cáncer, a enfermedades autoinmunes, entre otras alteraciones, como veremos más adelante. En ocasiones, pueden no producir ningún daño y pasar inadvertidas para el funcionamiento y características de los organismos.

Básicamente, podemos distinguir dos tipos de mutaciones:

- Las que afectan de un modo puntual a la secuencia de nucleótidos que codifica para un gen: **mutaciones génicas**.
- Las que afectan a la morfología o número de cromosomas: **mutaciones cromosómicas**.

Scanned by CamScanner

Mutaciones génicas

En cuanto a los cambios en el ADN, estos pueden ocurrir por el agregado, pérdida o sustitución de una única base nitrogenada en el gen. Muchas de ellas no generan cambios en la expresión de ese gen. Esto se debe a la redundancia del código genético, como ya nombramos.

La anemia falciforme da lugar a glóbulos rojos con forma de medialuna

Existen mutaciones en las que una sustitución de bases puede alterar el mensaje genético. La anemia falciforme es un ejemplo de ello. Se trata de una enfermedad hereditaria que se debe a una mutación del gen que tiene la información para la síntesis de una proteína de la sangre (hemoglobina), que transporta oxígeno. A partir del alelo mutado, se generan glóbulos rojos con forma atípica, lo que produce alteraciones en su función.

La secuencia de aminoácidos, a continuación, pertenece a la traducción de un fragmento del alelo mutado, responsable de las moléculas anormales de hemoglobina.

Val - His - Leu - Tre - Pro - Val - Glu

Actividad

Utilizando el código genético de la página 92, escriban la secuencia de aminoácidos que se sintetiza a partir de la hebra inferior de la secuencia de ADN presentada a continuación y que tiene la información para fabricar una molécula de hemoglobina normal. Luego, comparen esta secuencia de aminoácidos con la anterior y determinen, cuál es el aminoácido reemplazado y cuál es el nucleótido que sufrió la alteración que cambia el mensaje genético.

G T G C A C C T G A C T C C T G A G G A G
C A C G T G G A C T G A G G A C T C C T C

Ni tan ventajosa, ni tan desventajosa...

En evolución, los científicos han estudiado algunas mutaciones que, si bien están relacionadas con algunas enfermedades, también confieren alguna ventaja evolutiva a sus portadores. ¿Cómo puede ser posible esto? Para entenderlo mejor, veamos un ejemplo.

La malaria es una enfermedad parasitaria, transmitida por la hembra del mosquito *Anopheles*, que causa estragos a nivel mundial con más de un millón de muertes cada año, sobre todo en países africanos. Los parásitos ingresan al torrente sanguíneo e infectan a los glóbulos rojos.

Scanned by CamScanner

Se encontró que en poblaciones donde la malaria es una **enfermedad endémica**, los individuos portadores de la mutación del gen responsable de la anemia falciforme (personas que han heredado solo un gen mutante de uno de sus progenitores) son más resistentes a ser atacados por el parásito de la malaria, que los individuos con glóbulos rojos sanos sin la mutación. Habría de esperar que los individuos portadores de un alelo mutado, que se expresa en glóbulos rojos con una forma alterada y menor capacidad de transporte de oxígeno, sean sometidos a una selección natural negativa. De ser así, al transcurrir el tiempo, esta característica tendería a disminuir e incluso desaparecer de la población. Sin embargo, en algunas regiones de África, la Organización Mundial de la Salud (OMS) relevó que las personas con anemia falciforme representan el 45% de la población.

¿Cuál es la razón para que un alelo mutado que se expresa en una enfermedad sea seleccionado positivamente? El glóbulo rojo deformado es un pobre huésped para el parásito de la malaria, porque le impide completar su ciclo de vida. Esto representa una ventaja evolutiva para el portador del gen mutado (por lo tanto, tiene este tipo de anemia), favoreciendo así la supervivencia del mismo y la consiguiente transmisión del gen mutado a las siguientes generaciones. Al conservarse este cambio en las poblaciones, tiene importancia en términos evolutivos.

Vocabulario +

Enfermedad endémica

Enfermedad que afecta a una región o país determinado de forma habitual o en ciertos períodos.

Mutaciones cromosómicas

Las mutaciones cromosómicas involucran grandes regiones de un cromosoma y afectan a la estructura, forma, tamaño y número de los cromosomas de una especie. Se las suele clasificar en **estructurales** y **numéricas**.

Mutaciones cromosómicas estructurales

Deleciones	Pérdida de un segmento de cromosoma.	CTCCGATTTCGA	→	CTCC*CGA
Inversiones	Eliminación de un segmento de ADN y su reinserción en el mismo lugar pero "dado vuelta".	ATGATTCGTCAG	→	ATGATGCTTCAG
Duplicaciones	Se presentan dos copias de un segmento.	CGCTAAATCGG	→	CGCTAAATCATCGG
Translocaciones	Un segmento de ADN se rompe y se inserta en un cromosoma distinto.	AGCTACCGACCG	→	CCATACCGTTCG

Mutaciones cromosómicas numéricas

Los individuos con una variación cromosómica numérica tienen uno o varios cromosomas de más o de menos del considerado propio para la especie. Estas mutaciones pueden presentarse como:

- **Poliploidía**: un suceso bastante frecuente en la naturaleza. Consiste en el incremento del tamaño del genoma causado por la presencia de tres o más juegos de cromosomas dentro de las células somáticas de un organismo. En algunas especies vegetales, una duplicación completa de los cromosomas puede generar una barrera reproductiva y dar un lugar a una nueva especie.

Scanned by CamScanner

Se ha encontrado que cerca del 70% de las especies de plantas con flor (angiospermas) y hasta el 95% de los arbustos tienen al menos un evento de poliploidía.

- **Haploidía**: un suceso que genera que el organismo posea una constitución cromosómica igual a la de los gametos de la especie. Este tipo de mutación tiene escasa importancia evolutiva, produce individuos de menor tamaño que los normales y, por lo general, incompatibles con la vida.
- **Aneuploidía**: la célula con esta mutación presenta cromosomas de más o de menos. Estas mutaciones tienen un gran interés a nivel médico dado que son responsable de muchas alteraciones genéticas frecuentes de humanos.

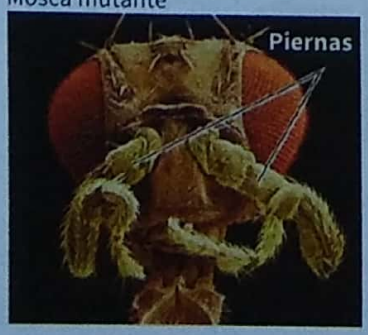
¿PATAS EN LUGAR DE ANTENAS? MUTACIONES EN GENES REGULADORES

El efecto de las mutaciones dependerá del tipo de gen afectado. No es lo mismo un cambio en un **gen estructural** que en un **gen regulador**, es decir, en un gen que controla el funcionamiento de otros genes. ¿Y qué pasaría si una mutación en esos genes actúa temprano en el desarrollo de un ser vivo? El efecto en el fenotipo podría ser enorme.

La biología evolutiva del desarrollo o Evo-Devo (del inglés, *Evolutions and Development*) estudia este tipo de mutaciones y propone que esos cambios podrían ser los responsables de una buena parte de las transformaciones en la estructura y función de los seres vivos que dieron y dan lugar a novedades evolutivas significativas para la macroevolución. Su estudio permite explicar el origen y características de algunos grupos de seres vivos y sus relaciones de parentesco con otros.

Mosca normal

Mosca mutante

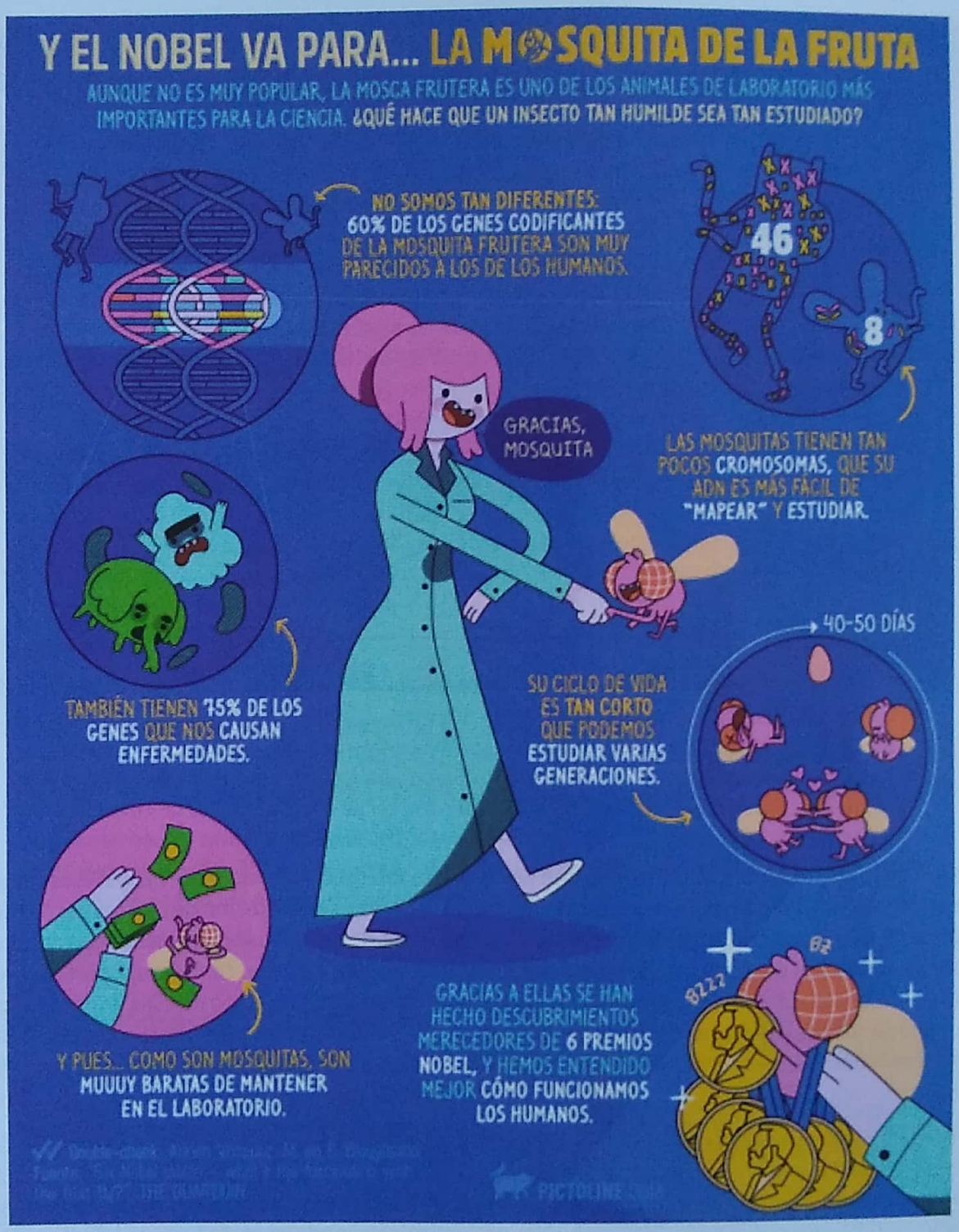


Las mutaciones de genes homeóticos causan que partes del cuerpo se formen en segmentos inadecuados

Aun sin ser especialistas en *Drosophila* (mosca de la fruta), si les preguntamos cuántas patas tiene, con seguridad responderían seis al igual que todos los insectos. También, si les pedimos que ubiquen esas patas, lo harían en la parte media del cuerpo, en el tórax, y no en su cabeza u otra parte. Este saber tiene que ver con el reconocimiento, en insectos y otros animales, de un cuerpo formado por segmentos claramente diferenciados entre sí: cabeza, tórax y abdomen en el caso de la mosca. Hay genes responsables de determinar la identidad de dichos segmentos, le "dicen" a cada segmento en qué debe convertirse. Se los conoce como **genes homeóticos**.

Por ejemplo, existe un gen que se expresa en lo que será el segundo segmento del tórax y activa el programa genético que produce el segundo par patas de la mosca y otras estructuras específicas de dicho segmento. Una mutación genética podría activar el programa de este gen en la cabeza de la mosca y en lugar de desarrollarse antenas ¡se formarían patas! Es decir, que cuando en los genes homeóticos ocurren mutaciones, pueden desarrollarse estructuras del cuerpo en el lugar equivocado.

Scanned by CamScanner



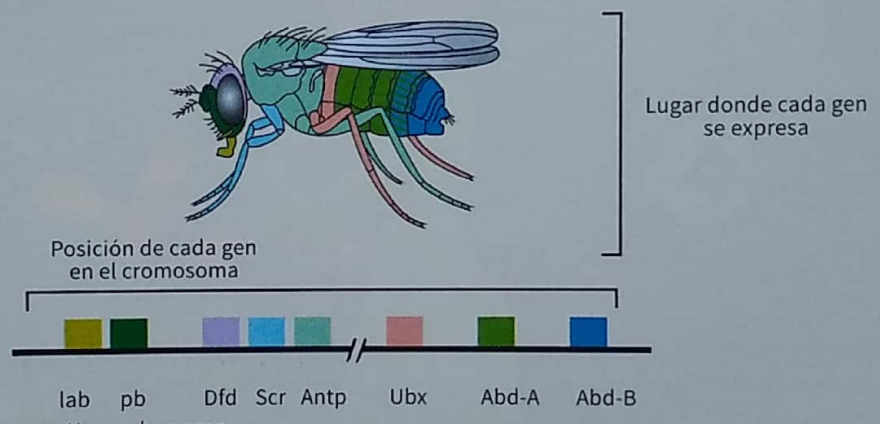
Una súper modelo, la mosquita de la fruta, permite entender procesos biológicos relacionados con la genética y la evolución. Fuente: Pictoline

Al grupo de genes reguladores, cuya función es especificar la identidad del eje anteroposterior del cuerpo, se los llamó genes Hox. Se encontró que están presentes en todos los animales de simetría bilateral (desde moscas, gusanos, ratones, incluido seres humanos). No se han encontrado genes Hox ni en plantas ni en hongos. Esto evidencia un origen evolutivo común y temprano en la determinación del eje anteroposterior de muchos animales.

Scanned by CamScanner

El túnel del tiempo

En 1946, Edward Lewis, en el *California Institute of Technology*, comenzó a estudiar un conjunto de mutaciones homeóticas que determinaban el crecimiento de un par de alas extras en el segmento torácico de *Drosophila*. Encontró que se trataba de un grupo de genes que funcionaban como un conjunto y, que estos estaban alineados a lo largo del cromosoma en el orden de los segmentos que determinaban, tal como lo muestra la imagen. Sus estudios permitieron comprender cómo estos genes actúan durante el desarrollo de la mosca definiendo el patrón característico de algunas de las estructuras presentes en el individuo adulto. Gracias a este trabajo obtuvo el Premio Nobel de Medicina y Fisiología en 1995.



Localización de los genes Hox en la mosca

Podría suponerse que los mecanismos que llevaron a la diferenciación de las principales regiones del cuerpo de un animal, pudieron haber surgido una sola vez en la evolución de este grupo. Tal vez a partir de duplicaciones repetidas, seguidas de mutaciones de un único gen ancestral. Recordemos que la duplicación genética puede involucrar a parte de un gen, a un gen completo, a partes de un cromosoma, a un cromosoma entero o incluso todo el genoma. Los efectos de esas duplicaciones se pueden manifestar como cambios en el cuerpo, en el número de segmentos, o piezas, y por tanto, se hallan expuestas a la selección natural. Y donde en un animal "salen seis patas", en otro aparecen "milpiés".

En los genes Hox, es posible distinguir una región llamada **homeobox** o caja homeo, una secuencia de 180 pares de bases nitrogenadas de ADN que codifica para una secuencia de aminoácidos. El cúmulo Hox es un gran ejemplo de cómo los genes del desarrollo pueden ser tanto conservados como modificados con el paso de la evolución, en particular, cuando se copian por una duplicación.

AGENTES MUTAGÉNICOS

La palabra mutágeno procede de mutación y -geno, "origen/génesis del cambio", dando cuenta de que factores físicos, químicos o biológicos pueden incidir en los cambios del ADN. Si bien es cierto que gran parte de las mutaciones ocurren espontáneamente, existen factores ambientales que influyen en la tasa de mutación, pero sin que esto intervenga en la dirección de las mismas. Los rayos X, la radiación ultravioleta y ciertas sustancias químicas son conocidos mutágenos.

Scanned by CamScanner

El túnel del tiempo

26 de abril de 1986. Una explosión tiene lugar en el cuarto bloque de la central nuclear de Chernóbil, situado a solo 120 kilómetros de la capital de Ucrania, Kiev, cerca de la frontera con Bielorrusia. El accidente de esta central fue la mayor catástrofe nuclear de la historia. Se expulsaron sustancias radiactivas hasta una altitud de 1,5 kilómetros. A esta altitud, los vientos arrastraron la nube radiactiva a lugares tan lejanos como Escandinavia.

Los territorios más afectados fueron Ucrania y Bielorrusia, los cuales decidieron evacuar parte de la población de forma permanente debido a la contaminación del medio ambiente.

Oficialmente, el desastre de Chernóbil afectó a unas 600.000 personas. Los documentos oficiales dividen las víctimas de la radiación en varias categorías. Por ejemplo, el grupo más grande es el de los 200-240 mil liquidadores - equipos de rescate, los soldados que hicieron los trabajos de descontaminación, bomberos, así como oficiales de policía. Por otra parte, está el grupo de cerca de 116 mil habitantes de las zonas contaminadas cerca de Chernóbil. Otras 220 mil personas fueron evacuadas después de los territorios contaminados de Bielorrusia, Ucrania y Rusia. Sin embargo, alrededor de cinco millones de personas continúan viviendo en las zonas contaminadas.

Según estimaciones de un informe realizado por la OMS a veinte años del suceso, en los países más afectados se había diagnosticado cáncer tiroideo a unas 5000 personas que eran niños o adolescentes cuando se produjo el accidente. Además, es probable que se notifiquen nuevos casos de cáncer tiroideo en las próximas décadas. Teniendo en cuenta que alrededor de la mitad de los mutágenos son carcinógenos, es decir que pueden provocar cáncer, no resultan extraños estos datos. Las sustancias radiactivas liberadas al medio, provocaron graves daños en el ADN de los pobladores, alterando "la biblioteca".

Cáncer: desorden en la biblioteca

El cáncer engloba a un grupo de enfermedades bastante variado, todas ellas comparten alteraciones similares: mutaciones genéticas en células somáticas.

Ya que en biología es muy común utilizar analogías, podemos comparar al genoma con una biblioteca ubicada en el núcleo celular. Los genes serían los libros que encontramos en las estanterías: algunos de ellos, con hojas en blanco; otros, con las instrucciones para elaborar un elemento con una estructura o función específica (proteínas estructurales, enzimas, proteínas reguladoras, etc.). En el caso de las células cancerosas, ocurren daños en la biblioteca que pueden acumularse de forma paulatina. Se alteran textos (**mutagénesis insercional**), se pierden capítulos (**deleciones**), pueden

Actividad

Retomen la actividad que aparece al inicio de este capítulo y vuelvan a responder los mismos interrogantes, pero ahora, fundamentando con los nuevos aprendizajes.

Scanned by CamScanner

cambiarse de estantería algunos libros (**translocaciones**) o bien incorporarse textos extraños (**infecciones por retrovirus**).

Si los libros afectados corresponden a instrucciones de elementos críticos para la vida y función de la célula, o para la comunicación celular, el resultado podría ser el origen de células neoplásicas, que se reproducen de manera autónoma y desconocen las pautas de comportamiento que hacen al normal funcionamiento del organismo.

FUENTES DE VARIABILIDAD GENÉTICA

Llegado a este punto del viaje, los científicos han demostrado que las mutaciones en gametos y células que le dan origen (células germinales), son una de las fuentes de variabilidad genética para que la selección natural actúe. Es importante recordar su carácter aleatorio. Simplemente, suceden y no "intentan" proporcionar lo que el organismo "necesita". Que las variaciones resulten favorables, desfavorables o indiferentes, dependerá de las condiciones ambientales en las que se encuentran, es decir, de cómo actúa sobre ellas la selección natural.

Cuando la expresión de una mutación resulta favorable en un ambiente dado, por intervención de la selección natural y, además, puede transmitirse a los descendientes, es posible que esa mutación pase a formar parte del reservorio génico de la población. En este caso, se trata de una adaptación. En síntesis, las mutaciones que se expresan y se heredan son fuente de variabilidad genética y las nuevas características que resultan de estos cambios genéticos, hacen posible la supervivencia de las poblaciones.

En individuos con reproducción sexual, procesos que tienen lugar durante la meiosis y la fecundación, constituyen otra fuente importante de variabilidad genética para la población. Ellos son:

- El entrecruzamiento o *crossing over*, que ocurre durante el proceso de formación y maduración de gametos, llamado meiosis, donde se intercambia material genético entre **cromosomas homólogos**.
- La distribución azarosa de los cromosomas de los progenitores en la formación de las **células haploides** (gametos).
- La combinación, también azarosa, de los genomas de los progenitores durante la fecundación. En el caso de nuestra especie, para los 23 pares de cromosomas, hay 2^{23} combinaciones cromosómicas posibles que pueden aparecer en un gameto.
- La reproducción sexual cruzada resulta fundamental ya que otorga a las especies con este tipo de reproducción, mayor variabilidad, sobre las que podría actuar la selección natural, a partir de cambios en un ambiente dinámico. Este aspecto resulta clave en el proceso evolutivo de los seres vivos. Aun sin ser explicado en su totalidad, Darwin ya lo consideró en el siglo XIX, en su obra *El origen de las especies*.

Vocabulario +

Cromosomas homólogos

Par de cromosomas que presentan similitud en tamaño y aspecto. Cada progenitor aporta un miembro del par

Célula haploide

Célula que posee solo un juego de cromosomas, es decir, uno de cada par de cromosomas homólogos.

Scanned by CamScanner

En individuos con reproducción asexual, como por ejemplo las bacterias, donde la progenie resulta idéntica al único progenitor, la variabilidad genética se enriquece a partir de mutaciones y otros mecanismos que implican la transferencia horizontal de genes.

Bacterias superpoderosas

Con el descubrimiento de los antibióticos, a comienzo del siglo XX, se pensó que se terminarían las muertes por infecciones. Sin embargo, en nuestro país, se estima que mueren cerca de 29.000 personas al año por esta causa.

En una infección tipo, podemos llegar a contar hasta mil millones de bacterias por mililitro que se encuentran en división activa. A su vez, a lo largo de la evolución, estos seres vivos, desarrollaron varios mecanismos para transferir genes entre ellos. Si consideramos ambas características: velocidad de división y transferencia de genes, estamos frente a una bomba de tiempo para la humanidad y para muchas otras especies que pueden ser infectadas por bacterias ¿Pero por qué deberíamos alarmarnos? Los antibióticos conocidos no estarían produciendo el efecto esperado.

Los antibióticos son medicamentos utilizados para tratar infecciones bacterianas. En un medio con antibiótico, las bacterias sensibles al mismo, mueren. Sin embargo, algunas bacterias pueden presentar una **mutación** que les otorgue resistencia a ese antibiótico y no verse afectadas.

Si tenemos en cuenta el gran incremento de la población bacteriana y la probabilidad de encuentro entre ellas y, por lo tanto, de que intercambien los genes de resistencia, al cabo de algunas generaciones, todas ellas pueden resultar inmunes al medicamento antimicrobiano.

El alto éxito adaptativo de las bacterias ha resultado en la aparición –primero– de cepas (poblaciones) inmunes a casi todos antibióticos conocidos, lo que se denomina **panresistencia**.

Actividad

Para pensar y recapitular:

a) ¿Cuál es el peligro, en términos evolutivos, de las poblaciones bacterianas panresistentes?

b) ¿Qué impacto tiene la automedicación en la aparición de cepas resistentes? ¿Y suspender un tratamiento con antibióticos antes de tiempo?

CORTAR-COPIAR-PEGAR: CAMBIOS GENÉTICOS INDUCIDOS

La universalidad del código genético no solo es prueba de la evolución biológica y el origen común de todos los seres vivos a partir de una población ancestral. Al reconocer que el ADN de un organismo está "escrito" en un código que puede ser interpretado y traducido por las células de otros organismos, transferir genes de una especie a otra dejó de ser una posibilidad o el argumento de películas de ciencia ficción para transformarse en una realidad. El conocimiento cada vez más de-

Scanned by CamScanner

tallado de los genes y sus funciones en los organismos ha adquirido en los últimos años un valor práctico en tanto que fue posible el desarrollo a pasos acelerados de lo que hoy conocemos como biotecnología moderna.

Si bien la biotecnología, entendida como el empleo de organismos vivos o sus partes para la obtención de un bien o servicio útil para el hombre, es tan antigua como la humanidad misma. Hace unos 10.000 años, los sumerios producían cerveza y, hace unos 4000, los egipcios empleaban la fermentación de levaduras salvajes para la producción de pan. Con el transcurso del tiempo, se logró una nueva comprensión de cómo ocurren los procesos biológicos.

La biotecnología a la que nos referiremos en este capítulo, y que les proponemos analizar desde las controversias que genera, tuvo su origen en la década del 80. Es la que permite "programar" seres vivos para que generen vacunas, fármacos, enzimas, proteínas recombinantes o una característica deseada, por ejemplo, resistencia a un determinado herbicida.

Es la que a su alrededor, ha desarrollado un incesante debate con voces a favor y en contra. Es la que nos lleva a preguntar: ¿cuáles son los beneficios y riesgos que puede involucrar la tecnología de los organismos genéticamente modificados en relación a la salud de las poblaciones y el ambiente?, ¿qué impacto evolutivo pueden tener estos organismos genéticamente modificados? Iniciemos el recorrido... tal vez, encontremos algunas respuestas o lo que es aún más interesante: nuevas preguntas.

Un poco de humor. Fuente: Quino

¿Qué es un OMG?

Se conoce como tecnología del ADN recombinante al conjunto de técnicas que permiten aislar un gen de un organismo para su posterior manipulación e inserción en otro. Al organismo cuyo genoma se ha modificado mediante estas técnicas se lo llama OMG (Organismo Modificado Genéticamente). Su desarrollo fue posible gracias a varias líneas de investigación que derivaron en herramientas y procedimientos que hacen hoy a la ingeniería genética. Ellas fueron:

- Conocimiento de las enzimas de restricción: las **endonucleasas** o también llamadas "tijeras moleculares" son enzimas con la capacidad de cortar la doble cadena de ADN en lugares específicos. Fueron investigadas por Daniel Nathans y Hamilton O. Smith en 1975 en bacterias que las utilizan como método de defensa contra virus, al degradar ADN extraño.

Scanned by CamScanner

- Identificación de **ADN ligasas** y **transcriptasas inversa**: un grupo de enzimas que resultan fundamentales en la manipulación genética. Las primeras tienen la función de ligar, "pegar" fragmentos de ADN. Las segundas pueden sintetizar ADN de cadena doble usando como molde una molécula de ARN, otra de las moléculas que intervienen en la síntesis de proteínas.
- Replicación de ADN: entre las aplicaciones prácticas que posibilitó la comprensión de este proceso, se desarrolló una técnica de amplificación del ADN in vitro conocida como PCR (**Reacción en cadena de la polimerasa**). En ocasiones, en las que se necesite aumentar la cantidad de ADN para su posterior uso, este se puede obtener en el laboratorio, empleando las enzimas y los sustratos adecuados. Las polimerasas son esas enzimas que irán agregando los nucleótidos siguiendo la regla de apareamiento de bases, dando lugar a réplicas de ADN.

La tecnología CRISPR permite "editar" el ADN

- Síntesis química de secuencias de nucleótidos: se trata de fragmentos de ADN que se sintetizan de forma química en el laboratorio "a pedido" del investigador. Para esto, se recurre al conocimiento del código genético y las técnicas apropiadas para lograr sintetizar estas secuencias.
- Replicación de virus y plásmidos: para introducir una secuencia de ADN de interés en el genoma hospedador se requiere de un vector o transportador. Los plásmidos, pequeñas moléculas de ADN circulares que se encuentran fuera de los cromosomas, utilizados por las bacterias para "pasarse" información, como puede ser la resistencia a un determinado antibiótico y, los ADN virales, son los más utilizados.
- La tecnología CRISPR es una reciente herramienta molecular, utilizada para "editar" o "corregir" el genoma de cualquier célula. Sería algo así como unas "tijeras moleculares" que son capaces de cortar cualquier molécula de ADN haciéndolo además de una manera muy precisa y totalmente controlada. Esa capacidad de cortar el ADN es lo que permite modificar su secuencia, eliminando o insertando un nuevo ADN.

Lo pedís... lo tenés... ¿cómo se obtiene un OMG?

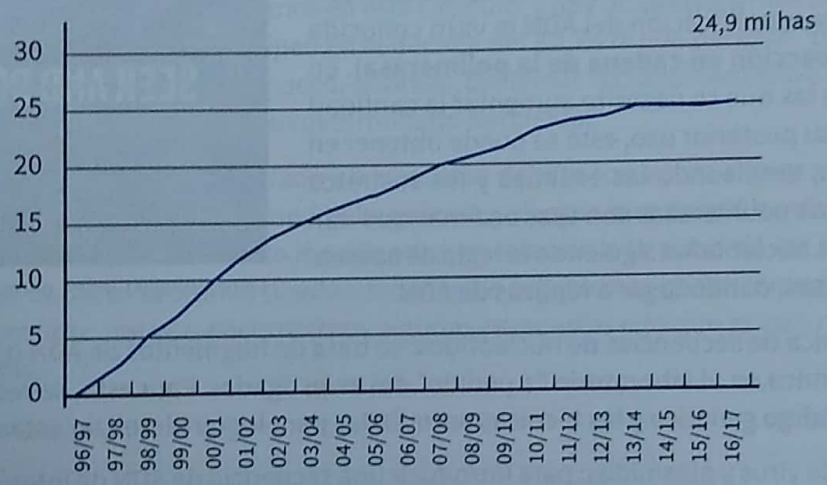
El proceso de obtención de un OMG, transgénico u organismo recombinante se puede dividir en etapas:

1) Descripción del gen de interés: confirmar que la característica deseada sea atribuible a un gen o grupo de genes.
2) Clonado del gen: base de cualquier procedimiento en ingeniería genética, implica aislar el gen de interés del resto del material genético y generar copias.
3) Modificación de la secuencia a utilizarse: por lo general, se modifican las secuencias regulatorias que dirigen la expresión del gen.
4) Introducción y mantenimiento del gen en un organismo receptor
5) Caracterización del organismo transgénico

Scanned by CamScanner

Cultivos genéticamente modificados: controversia al plato

Argentina es el tercer productor mundial de cultivos genéticamente modificados (GM), después de Estados Unidos y Brasil. Como podemos observar en el gráfico, desde la aprobación en 1996 del primer cultivo transgénico: la soja tolerante al herbicida glifosato, el área sembrada con cultivos GM en nuestro país, según datos de ArgenBio, ha crecido en forma sostenida, llegando 24,9 millones de hectáreas en 2016. A la soja, se le sumaron cultivos de maíz, papa y algodón. Distintas transformaciones genéticas o "eventos" fueron introducidos: tolerancia a herbicidas, resistencia a insectos, resistencia a la sequía, entre otros.



En Argentina, el área de cultivos genéticamente modificados ha crecido de forma sostenida

Recordemos que debido a la universalidad del código genético, el genoma de un OMG puede incluir genes aún de especies que pertenezcan a un dominio distinto, por ejemplo, las presentadas en el siguiente cuadro.

Ejemplos	Característica introducida	Modificación genética
Maíz Bt11	Maíz resistente a especies de mariposas y polillas	El gen utilizado proviene de una bacteria. Codifica una toxina que impide el desarrollo de las larvas de mariposas y polillas.
Soja	Soja con tolerancia a los herbicidas	Se introdujeron genes, provenientes del maíz y de una bacteria que otorgan resistencia a los herbicidas.
Papa SY233	Resistencia al virus de la papa	Se incorporó la característica de resistencia al virus de la papa mediante la inserción de un gen del virus.

Del mismo modo, que la adopción de cultivos GM puede generar un alto grado de satisfacción por parte de los productores agropecuarios con respecto a los beneficios que provee la biotecnología, también puede dar lugar a riesgos para los ecosistemas agrícolas y naturales que resulta necesario analizar.

Una de las controversias planteadas en torno al uso de una agricultura que recurra a OMG, es la posibilidad de dispersión de la modificación genética en poblaciones silvestres emparentadas con el cultivo GM y que esto altere características importantes tanto en la especie receptora como en otras, alterando el equilibrio ecológico. Recordemos que el flujo génico, es base para la evolución puesto que permite el movimiento o dispersión de genes en una población o entre poblaciones de

Scanned by CamScanner

la misma especie, lo que trae aparejado el aumento de la diversidad genética. Sin embargo, el hecho de que por cruzamiento, nazcan individuos cuyos genes provengan tanto de cultivos GM como de la especie con la que se cruce, despierta ciertos temores.

Uno de ellos es la posibilidad de que los genes de resistencia a herbicidas introducidos en los cultivos puedan ser transferidos a las malezas vecinas y generar "supermalezas". Otro que especies emparentadas adquieran la resistencia a determinadas plagas, desplazando del ecosistema a la especie menos resistente.

En todos los casos, las consecuencias de los cultivos GM sobre los ecosistemas naturales o agrícolas dependerán de hasta qué punto se produzca flujo génico. Y que los genes transferidos se fijen al nivel de las poblaciones, es decir que se requiere que los descendientes sean fértiles y exista una presión selectiva suficientemente fuerte para conferirles una ventaja adaptativa.

No obstante, reconociendo que el cruzamiento sexual entre especies de plantas estrechamente relacionadas es un fenómeno conocido, ante la liberación de un cultivo GM, se tienen en cuenta cuestiones tales como el área de distribución geográfica de especies silvestres y naturalizadas emparentadas con los mismos cultivos, el modo de reproducción, los mecanismos de polinización, las distancias de dispersión del polen, entre otros factores.

En caso de ocurrir la hibridación con genes foráneos (transgenes), algunos especialistas abordan el problema como un caso de contaminación genética. Según las investigadoras argentinas Massarini y Schnek, los transgenes podrían modificar características de la especie receptora que, a su vez, constituyan nuevas presiones de selección sobre otras especies. Ello puede traer como consecuencia la reducción de poblaciones relacionadas o incluso su desaparición.

Otra de las controversias se vincula a la tendencia al monocultivo y la erosión genética. Atraídos por la alta rentabilidad de los cultivos GM, los agricultores dejan de utilizar variedades locales. Por ende, disminuye la variabilidad genética del cultivo en cuestión y, aumenta la vulnerabilidad frente a plagas, enfermedades, retos ambientales, tanto de las poblaciones naturales como las de cultivo.

Actividad

La gran hambruna de Irlanda nos interpela a pensar sobre la importancia de conservar la variabilidad genética en las poblaciones. En particular de aquellos cultivos regionales de importancia como lo es el maíz para América Latina.

Busquen información sobre la erosión genética del maíz y elaboren una presentación para sus compañeros. Les dejamos algunas pistas para iniciar la búsqueda: ¿cuál es el origen del maíz?, ¿qué tendrá que ver el *teocintle* en esta historia?, ¿conocen cuántas variedades de maíces existen?, ¿cuántos tipos de maíces han probado? Propongan hipótesis sobre el impacto de estos cambios, inducidos por el hombre, a mediano y largo plazo.

Scanned by CamScanner

El túnel del tiempo

Se conoce como la gran hambruna irlandesa de la papa, a un período de inanición, enfermedad y emigraciones masivas ocurrido en Irlanda entre los años 1845 y 1849 cuya causa principal fue la pérdida de cultivos en manos de una plaga. La ausencia de variabilidad genética fue el detonante. Más de un millón de personas fallecieron por el hambre y las enfermedades que esta provocó. Un gran número de supervivientes emigraron a Gran Bretaña, Estados Unidos, Australia y países de Sudamérica como Argentina.

En la primera mitad del siglo XIX, la población irlandesa había aumentado de forma explosiva; en su mayoría, agricultores, que habían encontrado en los cultivos de papa su medio de subsistencia, no solo como alimento, sino también como moneda de pago de alquiler de las tierras a los terratenientes. La papa se había convertido en el cultivo básico en las regiones más pobres.

Al emplear la multiplicación vegetativa como tipo de reproducción de los cultivos, las papas, en su mayoría de una sola variedad, la *Irish Lumper,* eran clones. A esta altura del viaje, sabrán reconocer que poblaciones con poca variabilidad genética son más vulnerables a los cambios en las condiciones ambientales en comparación con las poblaciones que presentan mayor variabilidad. Y así fue.

En septiembre de 1845, las hojas en las plantas de papa de repente se volvieron negras y rizadas, a continuación se pudrían. La causa era un hongo, transportado originalmente en las bodegas de los barcos que viajaban desde América del Norte a Inglaterra. Los cultivos se echaron a perder. Cientos de familias fueron desalojadas por no poder pagar el arriendo del campo. La población irlandesa quedó devastada. En poco tiempo, millones de campesinos se encontraron en la calle, sin alimentos, ni tierra, sin nada. Ni nadie que los ayudara.

Famine, las huellas de la hambruna: estatuas en Dublín, Irlanda.

Scanned by CamScanner

MODIFICACIÓN GENÉTICA EN HUMANOS ¿FICCIÓN O REALIDAD CERCANA?

INGENIERÍA GENÉTICA >

EE UU aplica la edición genética a embriones humanos por primera vez

Investigadores consiguen eliminar defectos congénitos gracias a la técnica CRISPR

Titular de la edición *online* del diario *El País*

"La edición genética en embriones humanos, cada vez más cerca", titula otra fuente. El debate sobre la posible edición de genes en embriones está a la orden del día. Y con ello se despiertan las fantasías sobre la posibilidad de intervenir en el "diseño" de los bebés y crear humanos con capacidades físicas y mentales superiores.

En el marco de las Nuevas Tecnologías Reproductivas, actualmente existe el Diagnóstico Genético Preimplantatorio (DGP), usado por algunas personas que tienen el riesgo de pasar a sus hijos problemas genéticos serios, como la fibrosis quística, la talasemia o distrofia muscular entre otras enfermedades. Esta técnica, que tiene como objetivo evitar la transmisión de alteraciones hereditarias, permite estudiar el ADN de los óvulos o de los embriones para seleccionar los que cumplen determinadas características para ser implantados y/o descartar los que tienen determinadas alteraciones hereditarias.

Pero la idea de modificar intencionalmente las características humanas no es nueva. A fines del siglo XIX, algunas interpretaciones sobre la evolución biológica fueron extrapoladas al plano social. Para esta concepción, que luego se denominaría darwinismo social, existían razas humanas "superiores" y otras razas "inferiores", y la selección natural favorecería a las primeras, lo cual conduciría a la perfección de la especie.

En ese contexto, Francis Galton (1822-1911), explorador y antropólogo británico, primo de Charles Darwin, acuñó en Inglaterra el término **eugenesia**, que significa "de buen origen", con la intención de promover la reproducción de determinados individuos o grupos humanos, aquellos considerados "mejores" –eugenesia positiva–, y a su vez, impedir la reproducción de otros grupos o individuos considerados "inferiores", –eugenesia negativa.

El movimiento eugenésico alcanzó su período de mayor esplendor a principios del siglo XX, cuando se convirtió en un programa de alcance mundial que se concretó con la implementación de políticas públicas diversas en distintos países. Se encontró en la esterilización, el control de la natalidad, las restricciones a la inmigración, entre otras prácticas, el modo de contrarrestar la fertilidad de aquellos considerados débiles mentales y la mezcla racial.

Buena parte de estos programas fueron abandonados luego de la Segunda Guerra Mundial como consecuencia de las atrocidades cometidas en la Alemania nazi. Sin embargo, las ideas eugenésicas persisten como una sombra. Sobre todo desde que existe la posibilidad de intervenir la información genética de manera muy precisa y controlada: la "edición" de rasgos hereditarios de las personas, como el cabello o el color de los ojos, o el sexo, en sí la capacidad científica de crear en el futuro los llamados "bebés de diseño", es un motivo de preocupación.

Scanned by CamScanner

El Comité Internacional de Bioética creado en 1993, constituido por 36 expertos independientes que sigue el progreso en las ciencias de la vida y de sus aplicaciones con el fin de garantizar el respeto de la dignidad humana y de la libertad, se reunió en la sede de la Unesco en París, del 29 septiembre al 1° de octubre de 2015 para debatir sobre las cuestiones éticas planteadas por los últimos avances en la genética. Determinó que las intervenciones sobre el genoma humano deben ser admitidas solo por razones preventivas, de diagnóstico o terapéuticas y sin conllevar modificaciones para los descendientes. El IBC pide una "moratoria para la edición del genoma de la línea germinal humana".

El debate está abierto. Nos lleva a preguntarnos: ¿quién o quiénes y con qué criterios o derechos podrían sostener que determinadas características fenotípicas humanas son mejores que otras?, ¿qué dilemas éticos plantea la intervención en el genoma humano con fines ajenos a evitar enfermedades hereditarias?, ¿quiénes son los actores involucrados en esta controversia y qué rol juega cada uno?, ¿correría algún riesgo la variabilidad genética de la especie humana?, ¿y el curso de nuestra evolución biológica?

Actividad

Edición genética a debate

¿Debemos usar las nuevas técnicas de edición genética para "mejorar" personas o especies?

Este interrogante u otro puede ser el disparador para organizar un juego de roles, donde organizados en grupos representen a los diversos actores involucrados en el debate sobre la edición genética en humanos: comunidad científica, empresas genéticas privadas, poder político, ciudadanos, entre otros.

En primer lugar, deberán realizar un trabajo de investigación acerca del tema a fin de conocer los diferentes aspectos y posturas de cada uno de los actores. Tengan en cuenta la confiabilidad, veracidad y objetividad de las fuentes de información que consulten.

Luego, deberán trabajar en los argumentos del grupo al cual representan en el debate. Cada integrante tiene que tener en claro cuál es su rol y cuál es su postura respecto al tema.

Finalmente, a partir de breves exposiciones de cada uno de los grupos representados, se inicia la etapa de discusiones. Acuerden la existencia de un moderador para esta instancia (puede ser el docente o algún estudiante).

Se trata de un intercambio de ideas, podrá existir el consenso o no. Lo importante es que a partir del diálogo y el reconocimiento de los diversos puntos de vista, puedan extraer sus propias conclusiones. ¿Se animan?

Scanned by CamScanner

BIBLIOGRAFÍA

Alonso, D. (2006) *El desafío del cangrejo*, Buenos Aires: Siglo XXI Editores Argentina.

Apesteguía, S.; Ares, R. (2010) *Vida en Evolución. La Historia Natural vista desde Sudamérica*, Buenos Aires: Vázquez Mazzini editores.

Arsuaga, J. (2002) "Veritas Praevalebit. El hombre y el mono Ars Medica", en *Revista de Humanidades Médicas*, 1:24-34.

Campillo Álvarez, JE. (2007) *La cadera de Eva. El protagonismo de la mujer en la evolución de la especie humana*, Barcelona: Crítica, [Drakontos, Bolsillo].

Curtis, H.; Barnes, N.; Schnek, A.; Massarini, A. (2016) *Invitación a la biología: en el contexto social*, Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.

Darwin, C. (1978) *El origen de las especies*, Barcelona: Bruguera.

— (2009) *El origen del hombre la selección natural y la sexual*. Valencia: F. Sempere y Cª, editores.

De Ambrosio, M. (2008) *El mejor amigo de la ciencia: historias con perros y científicos*, Buenos Aires: Siglo XXI Editores Argentina.

Gould, S. (1994) *El pulgar del panda*, Barcelona: Crítica.

— (1997) "Apostar por la casualidad… y sin mirar", en *Ocho cerditos*, Crítica: México.

— (2008) *La vida maravillosa*. Barcelona, España: Editorial Crítica.

Gould, S.; Lewontin, R. (1983) *La adaptación biológica. Mundo científico*, vol. 3, N° 22, pp. 134-145.

Gutiérrez, A. (2009) *Biología. La teoría de la evolución en la escuela*, Buenos Aires: Biblos.

Ho, M. (2001) "Ingeniería genética: ¿sueño o pesadilla?", en *Los orígenes del determinismo genético*, Barcelona: Gedisa.

Lewontin, R. (1994) *Genes, organismos y ambiente*, Barcelona: Gedisa, cap. 2.

Marchisio, A. y otros (2012) "La evolución biológica, actualidad y debates. INFoD: escritura", en *Ciencias* N° 6, Buenos Aires: Ministerio de Educación de la Nación.

Massarini A.; Liascovich, R. (2001) "Genética y evolución. Continuidad y cambio: las claves de una historia próspera", en Scheinsohn, V. (comp.) (2001) *La evolución y las* ciencias, Buenos Aires: Emecé.

Massarini, A.; Schnek, A. (coords.) (2015) *Ciencia entre todxs*, Buenos Aires: Paidós.

Mayr, E. (1998) *Así es la Biología*, Madrid: Debate.

Purves, W. y otros (2003) *Vida. La ciencia de la Biología*, Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.

Salgado, L.; Arcucci, A. (2016) *Teorías de la evolución. Notas desde el Sur*, Viedma: Editorial UNRN.

Southwood, R. (2003) *La Historia de la vida*, Buenos Aires: El Ateneo.

Artículos web

"Conclusión del centro de investigaciones e insecticidas del Conicet. Para matar piojos, hay que usar dosis 100 veces mayores que hace 10 años", en *Clarín*, 18/2/2009. Disponible: <https://www.clarin.com/sociedad/matar-piojos-usar-dosis-100-veces-mayores-hace-10-anos_0_rJgqc5RpFg.html>.

Da Re, V.; S. Maceri (2008) "La antropología criminal de Lombroso como puente entre el reduccionismo biológico y el derecho penal (Primera parte)", en *Límite* (Revista de Filosofía y Psicología). Vol. 3, Nº 17, 2008, pp. 99-115. Disponible: <https://es.scribd.com/document/172794166/Dialnet-LaAntropologiaCriminalDeLombrosoComoPuenteEntreElR-2701845>.

Scanned by CamScanner