



3

UNIDAD

El origen de las especies



Procesos de especiación

Como vimos en la Unidad anterior, las **especies biológicas son poblaciones o conjuntos de poblaciones que comparten un reservorio de genes en común**. Estos genes se encuentran separados de los genes de otras especies debido a que el flujo de genes está imposibilitado por mecanismos de aislamiento reproductivo.



Una primera definición de los mecanismos de aislamiento reproductivo (MARs) fue propuesta por el genetista Theodosius Dobzhansky quien señalaba que la imposibilidad de flujo genético entre poblaciones se da debido a la existencia de barreras ambientales que lo impiden. Es decir, si dos poblaciones de rumiantes habitan en lugares separados, por ejemplo, por una cadena de altas montañas, no podrán encontrarse para reproducirse (aislamiento geográfico).



Posteriormente, otra definición fue dada por el biólogo Ernst Mayr que planteó que los mecanismos de aislamiento reproductivo incluyen solamente todos los impedimentos condicionados genéticamente para el intercambio de genes entre las poblaciones.

ACTIVIDAD 45

- a :| ¿Qué diferencia encuentra entre ambas definiciones?
- b :| ¿Qué razón pudo llevar a Mayr a excluir el aislamiento geográfico de la definición?

Los mecanismos de aislamiento reproductivo abarcan una serie de situaciones diferentes. Los individuos de diferentes especies pueden no llegar a unirse por cuestiones temporales, espaciales, de conducta, entre otras, y así no se produce la cigota. Estos mecanismos se denominan justamente precigóticos.

Por otro lado, existen casos en que se producen apareamientos entre individuos de diferentes especies pero las cigotas no llegan a desarrollarse o los híbridos no llegan al estado adulto. En este caso hablamos de mecanismos postcigóticos.

Presentamos a continuación, una clasificación de los MARs para conocer con más detalle la diversidad biológica y poder empezar a comprender el origen de las especies.

Antes de la cigota

- **Aislamiento ecológico:** ocurre cuando especies emparentadas, que ocupan el mismo territorio, no se aparean porque los individuos ocupan distintos ambientes.
- **Aislamiento temporal:** las especies ocupan el mismo territorio pero no se aparean entre sí porque cada una se reproduce en una época del año diferente, en distintas estaciones.
- **Aislamiento por conducta (etológico):** los miembros de diferentes especies que ocupan el mismo territorio no se aparean porque debido a factores de conducta, no se atraen o incluso se rechazan sexualmente. Entre este tipo de mecanismos se encuentran los patrones de cortejo de muchas especies animales, y también las señales químicas (feromonas) que emiten, por ejemplo, muchos insectos para reconocerse en el momento del cruzamiento.
- **Aislamiento mecánico:** los miembros de distintas especies pueden intentar aparearse pero la transferencia de células sexuales es impedida por diferencias en la forma o en el tamaño de los órganos reproductores.
- **Aislamiento gamético:** las células sexuales de organismos de fecundación externa de diferentes especies no se unen porque poseen distintos mecanismos de atracción química.
- **Aislamiento por incompatibilidad:** los individuos de diferentes especies con fecundación interna pueden aparearse pero la fecundación es impedida porque las gametas no logran mantenerse vivas en el cuerpo de la hembra.

:| Luego de leer la descripción del siguiente experimento, intente responder a las preguntas que se formulan.

Se observó que existían plantas de diente de león en zonas de llanura con características muy diferentes de otras que crecían en las zonas montañosas.

Se quiso averiguar si la variación era de origen genético o ambiental. Para ello se tomó una planta joven de diente de león y se dividió en dos mediante un corte longitudinal. Una de las dos mitades fue transplantada a una zona de alta montaña y la otra se plantó en la llanura. Las plantas se desarrollaron en forma totalmente distinta. La de montaña era pequeña, con escasas hojas y flores diminutas. La de llanura creció con raíces bien desarrolladas, hojas grandes y gran cantidad de hojas.

Las semillas resultantes de ambas plantas, se plantaron en el mismo sitio que habían crecido las progenitoras durante varias generaciones. Se obtuvo siempre el mismo tipo de desarrollo.

ACTIVIDAD 46
 [continuación]

Finalmente, se plantaron semillas de las plantas de montaña en la llanura y viceversa. Las plantas en la llanura se desarrollaron muy bien, mientras que en la montaña fueron mucho más pequeñas.

- a :| ¿Qué cuestión principal se estuvo investigando en este experimento?
- b :| ¿Existe algún tipo de aislamiento reproductor entre las plantas de montaña y de llanura que las hace crecer tan diferentes?
- c :| ¿A qué conclusiones se puede llegar con este experimento?

Después de la cigota

- **Inviabilidad de los híbridos de la primera generación.** Los híbridos de la F1 son eliminados total o parcialmente después de la formación de la cigota (mortalidad cigótica), durante el desarrollo embrionario (mortalidad embrionaria), o en cualquier momento posterior del desarrollo antes de alcanzar la madurez sexual. Por ejemplo, los embriones híbridos de cabra y oveja mueren en las primeras etapas de su desarrollo.
- **Esterilidad genética de los híbridos.** Los híbridos alcanzan a completar su desarrollo y pueden llegar a ser adultos, pero son estériles porque los genes de las dos especies no pueden interactuar durante el desarrollo del híbrido. En la formación de las células sexuales aparecen alteraciones antes, durante o después de la meiosis. Por ejemplo, el híbrido que se forma entre el asno y caballo es la mula. Estos híbridos son viables pero estériles ya que sus gónadas no se desarrollan.
- **Esterilidad cromosómica.** Los híbridos alcanzan a completar su desarrollo y pueden llegar a la madurez pero son estériles porque las diferencias en el número y/o en la estructura de los cromosomas paternos determinan alteraciones en el apareamiento de los cromosomas durante la meiosis que producen gametos aneuploides (variación numérica en cromosomas individuales). Por ejemplo, el rábano común y la col presentan 18 cromosomas en su cariotipo, de modo que ambas plantas producen gametas $2n = 9$. Cuando se cruzan ambas plantas se obtiene un híbrido de 18 cromosomas, pero los dos genomas no son compatibles durante la meiosis y las gametas presentan un número variable de cromosomas (varían entre 6 y 12) en lugar de tener 9. Como resultado no es posible la formación de polen, ni ovocélulas y las plantas híbridas son estériles.
- **Segunda generación híbrida.** Los híbridos de la primera generación llegan a adultos fértiles, pero su descendencia directa o la descendencia producto de cruzamientos con las formas originales presenta una reducción o anulación de la viabilidad o de la fertilidad. Por ejemplo, en vegetales se han observado muchos casos de deterioro de los híbridos.

Entre tres especies de algodón, se forman híbridos viables y fértiles en la primera generación, pero en la segunda los híbridos mueren (ya sea en etapa de semilla o de plántula) o bien producen plantas muy debilitadas.

ACTIVIDAD 47

:| Analice los siguientes casos:

- 1 :| Tres especies tropicales del género *Dendrobium* florecen por un sólo día. Las flores se abren al alba y se marchitan al atardecer. La floración se desencadena frente a ciertos estímulos meteorológicos tales como una tormenta repentina o un pico de temperatura. Los mismos estímulos gatillan la floración en las tres especies, pero el período que transcurre entre el estímulo y la floración es de ocho días en una especie, de nueve en la segunda y de diez en la tercera.
 - 2 :| El grupo de mosquitos *Anopheles* incluye varias especies, algunas de las cuales están involucradas en la transmisión de la malaria. Estas especies son indistinguibles por su forma y por eso se tardó mucho en reconocerlas. Sin embargo, nunca se cruzan porque habitan en ambientes muy específicos. Una se desarrolla en aguas salobres, otra en aguas dulces y otra en pequeños charcos.
 - 3 :| Dos especies de sapos, *Bufo americano* y *Bufo fowleri*, se reproducen en primavera. Un poco antes lo hace *Bufo fowleri*, pero la temporada reproductiva se superpone algunos días. Ambas especies viven en ambientes distintos. *B. americano* vive en bosques, y *B. fowleri* vive entre los pastos. En territorios con poca alteración por la actividad humana, ambas especies nunca se cruzan. Sin embargo, la destrucción de bosques y el uso intensivo de tierras agrícolas ha producido ambientes que son tolerados por las dos especies. Así, se han establecido zonas de contacto en las que se pueden cruzar y producir algunos híbridos viables y fértiles entre ambas.
 - 4 :| *Triatoma platensis* y *Triatoma delpontei* son dos especies americanas de vinchucas. Estas dos especies nunca se cruzaban en la naturaleza. La primera parasitaba aves y la segunda solamente se encontraba en nidos de cotorras. Cuando se comenzó con la cría de aves de corral, ambas especies comenzaron a parasitar gallinas y, en este nuevo hábitat se pudieron encontrar y comenzar a producir híbridos viables y fértiles. Estos híbridos que son a su vez interfértiles, constituyen una nueva especie llamada *Triatoma infestans*, que resultó uno de los principales vectores del mal de Chagas-Mazza en seres humanos.
- :| Las especies de los casos anteriores, ¿están aisladas reproductivamente? Explique su respuesta señalando los MARs implicados.

¿Consecuencia o factor determinante?

Siguiendo la definición habitual de especie que como vimos en la Unidad anterior, presenta dificultades para aplicarse a la totalidad de los grupos de seres vivos, pudimos ver cómo se establece el aislamiento reproductor entre dos poblaciones.

En la actualidad, muchos biólogos discuten si estos MARs constituyen el factor que desencadena la aparición de nuevas especies o, por el contrario, esta aparición es una consecuencia de la diferenciación producida por la selección natural que puede ocurrir entre dos poblaciones. En esta cuestión, una de las claves es cuánto tiempo hace falta para que se origine una nueva especie. Analicemos algunos ejemplos:

a :| **Aislamiento reproductor como consecuencia.**

Cuando dos poblaciones están separadas por largo tiempo y se diferencian genéticamente, debido a los ajustes que realizan a sus entornos locales, el aislamiento reproductivo puede establecerse como una consecuencia de la divergencia (separación). Ello puede ocurrir debido a que la gran cantidad de diferencias acumuladas en los genomas de los individuos de ambas poblaciones, hacen imposible el cruzamiento y no serán compatibles ni producirán híbridos.

b :| **Aislamiento reproductor como causa.**

En poblaciones pequeñas y aisladas puede ocurrir que los cambios genéticos logren ser fijados rápidamente (proceso conocido como deriva genética). Por ejemplo, si el cambio en los genes que se ha fijado (es decir, incorporado al reservorio genético de la población) es un nuevo reordenamiento cromosómico, un nuevo patrón de apareamiento o un cambio temporal del período reproductivo, puede resultar que la población quede aislada reproductivamente de otras poblaciones de la misma especie. Por lo que en el supuesto caso de que por alguna razón se juntara en algún momento con otra población, la reproducción no sería posible.

En Biología, luego de procesos de este tipo decimos que se ha formado una nueva especie, y como consecuencia de su aislamiento genético, se inicia un proceso de diferenciación. En este caso, el mecanismo de aislamiento reproductor es el punto de partida de la divergencia, no el resultado.

ACTIVIDAD 48

- :| Comente en cuánto tiempo puede ocurrir la especiación en cada uno de los ejemplos anteriores.
- :| Organice toda la información de este punto en un resumen integrador que le permita estudiar luego y sobre todo que le permita identificar sus propias dudas y avances. Consulte con su profesor tutor.

Como vemos, existen ejemplos para las diversas posturas sobre el estudio de la naturaleza. Los biólogos, sin embargo, discuten cuál de estas modalidades es la más representativa ya que de acuerdo al tipo de especiación (gradual o rápida) es posible escribir por lo menos dos versiones de la historia de la vida. Hacia el final de la Unidad retomaremos esta cuestión.

Modelos para el origen de las especies

En Biología Evolutiva se han propuesto muchos modelos para explicar el proceso de especiación, esto es la aparición de nuevas especies. Por lo general, estos desarrollos se han elaborado a partir del estudio de casos concretos particulares. Aunque algunos de estos casos están muy bien determinados, muchas veces no resulta posible generalizar una explicación y aplicarla a otros muchos casos dada la dificultad para establecer las comparaciones.

Como verá, en Biología no hay una única respuesta. La naturaleza es compleja y por lo que sabemos, existen muchas alternativas para el surgimiento de una nueva especie.

De todos modos, contamos con algunos modelos capaces de representar algunas vías posibles que sigue el proceso de especiación.

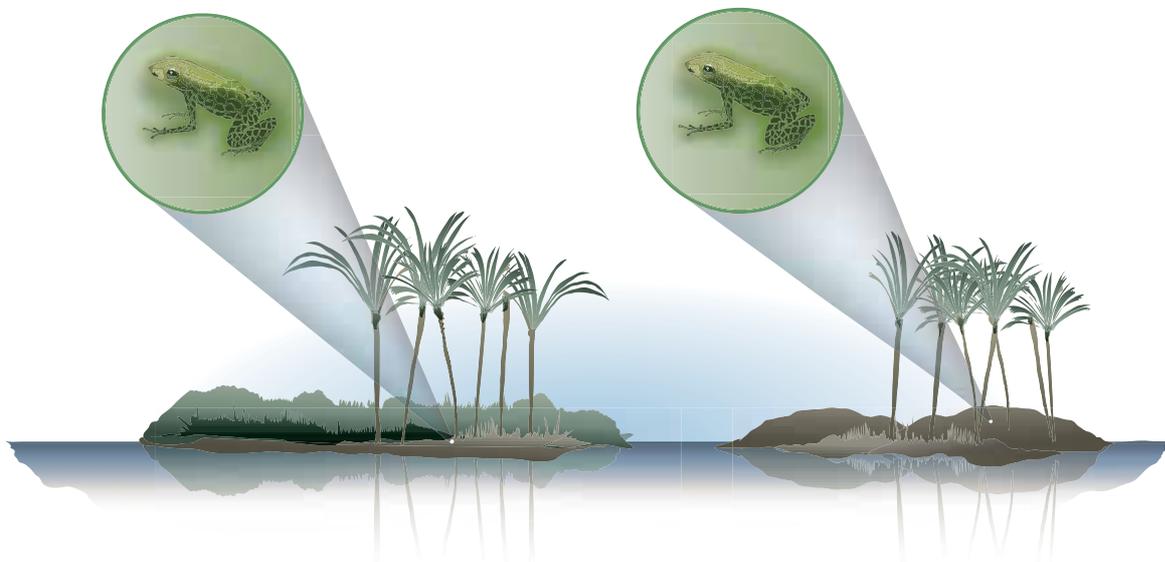
Así, de acuerdo con el modo en que se establecen los MARs, la magnitud de tiempo involucrado en la especiación y el papel de la selección natural en la divergencia, los procesos de especiación pueden ser clasificados en dos categorías centrales:

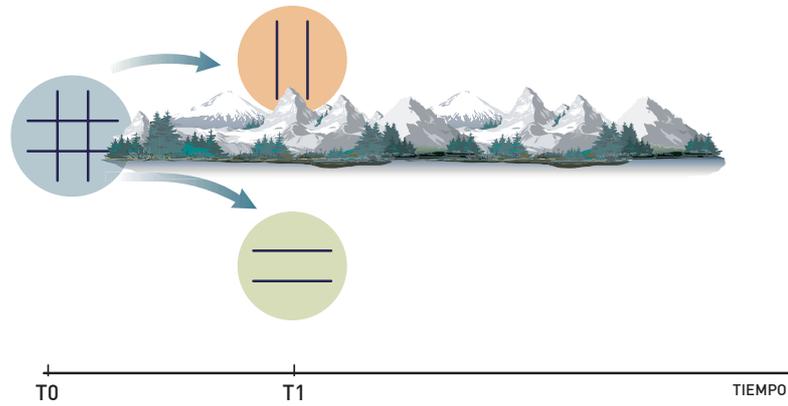
A :| **Especiación por divergencia** (se corresponde con el caso de "aislamiento reproductor como consecuencia" que hemos visto con anterioridad).

Para comprender este proceso podemos establecer en nuestros ejemplos algunas etapas que conducen al surgimiento de una nueva especie:

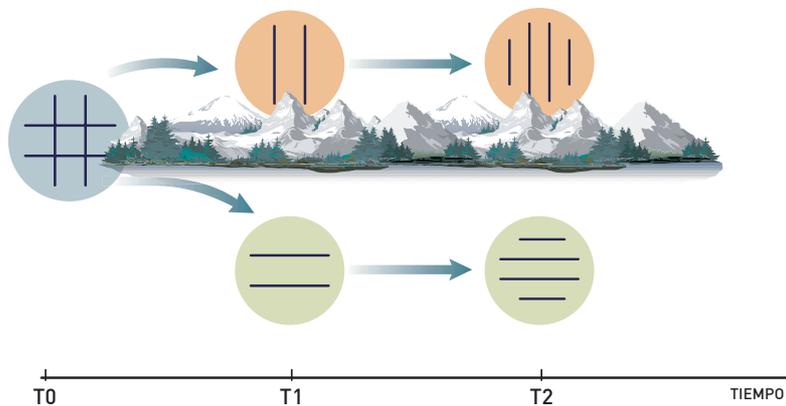
a :| Se forma una barrera geográfica que divide una población original en dos subpoblaciones.

Los individuos que viven a uno y otro lado pueden potencialmente reproducirse, pero la barrera lo impide.

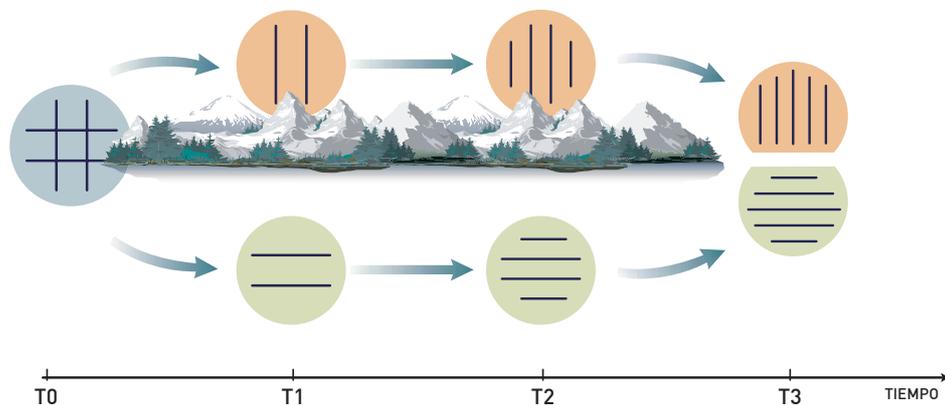




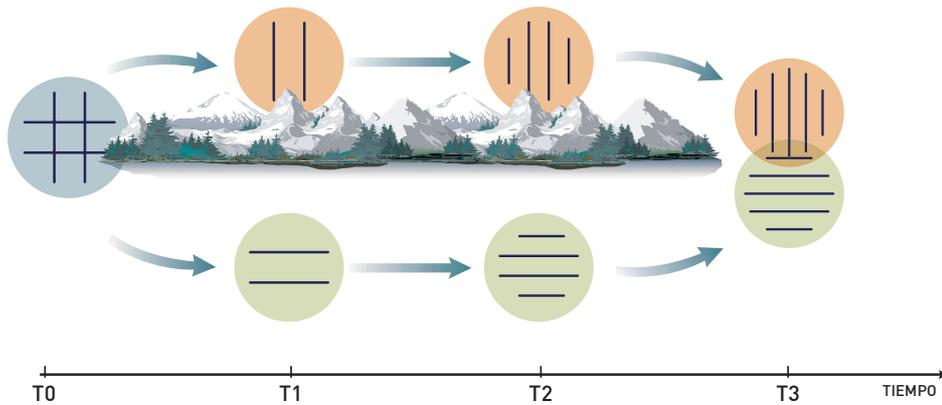
- b :| Ante la interrupción del flujo génico, puede ocurrir un proceso de diferenciación genética si los seres vivos, las condiciones y los recursos de ambas subpoblaciones, difieren al menos, ligeramente. Como consecuencia de ello, la selección natural puede actuar de modos diferentes a ambos lados de la barrera y, las subpoblaciones irán divergiendo.



- c :| Una vez que transcurre tiempo suficiente como para que las dos poblaciones sean tan diferentes que, aun cuando la barrera desapareciera, los individuos de ambas poblaciones no podrían cruzarse entre sí. En este punto, puede considerarse que las dos poblaciones son dos grupos reproductores distintos, de manera que se han formado dos nuevas especies.

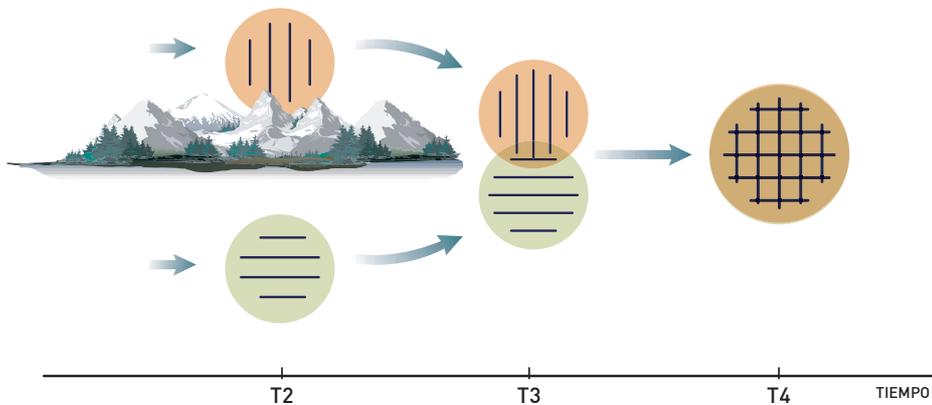


- d :| Puede ocurrir una situación alternativa a la anterior. Si al desaparecer la barrera geográfica, las poblaciones no se han diferenciado lo suficiente y al entrar en contacto producen híbridos.

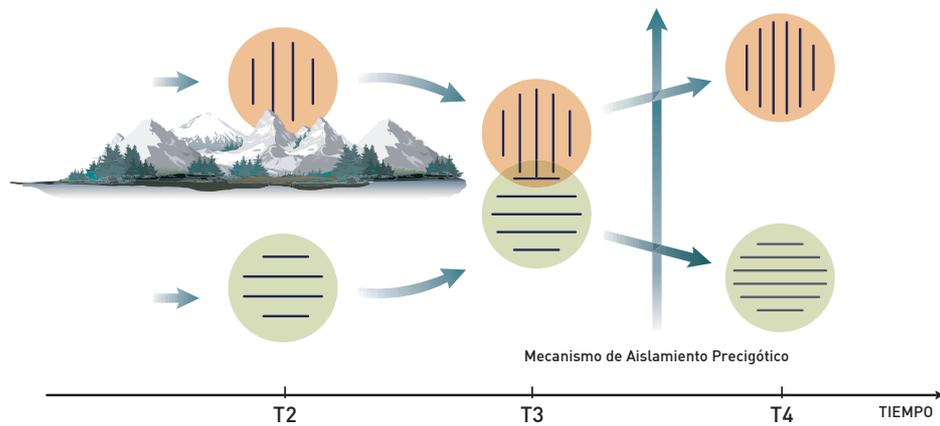


En este caso, el futuro proceso estará dado por las características de los híbridos. En esta situación pueden darse dos alternativas:

- 1 :| Que en las nuevas condiciones, los híbridos resulten más eficaces que los individuos de las poblaciones originales. En este caso, las poblaciones se pueden fusionar y se formará una nueva especie híbrida.

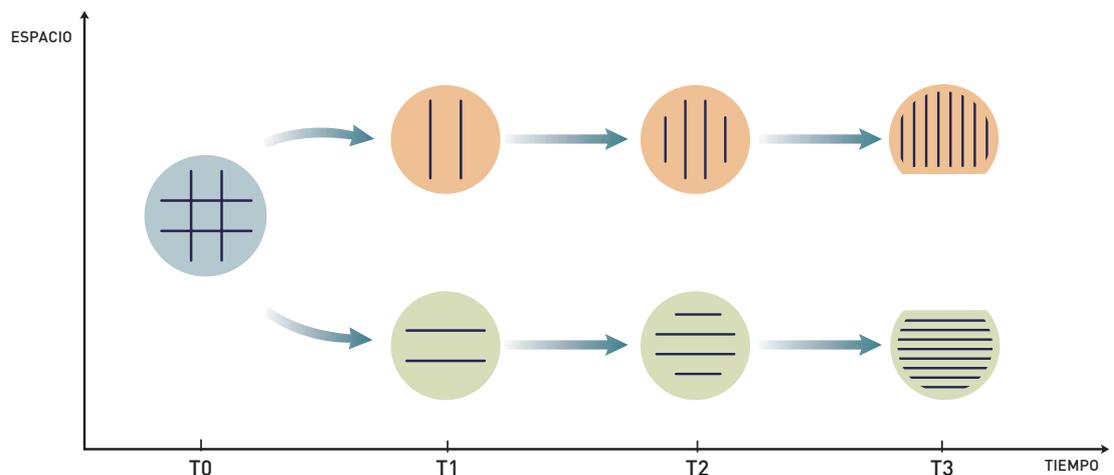


- 2 :| Que los híbridos presenten una desventaja respecto de los individuos de la población original. En este caso, se deduce que, como consecuencia de la divergencia, ya se ha establecido un mecanismo de aislamiento reproductivo postcigótico. Probablemente, la selección natural favorecerá aquellas características vinculadas con el surgimiento de un mecanismo de aislamiento precigótico que impida la formación de híbridos y el proceso de especiación se reforzará hasta completarse.

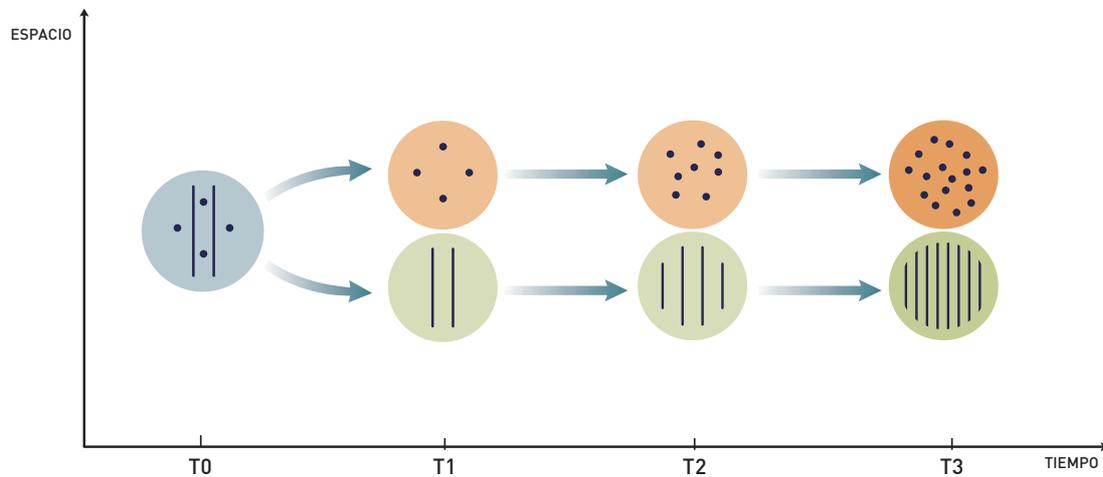


De acuerdo con la distribución geográfica y la intensidad del flujo genético entre las poblaciones involucradas, la especiación por divergencia puede ocurrir con diferentes **modalidades**:

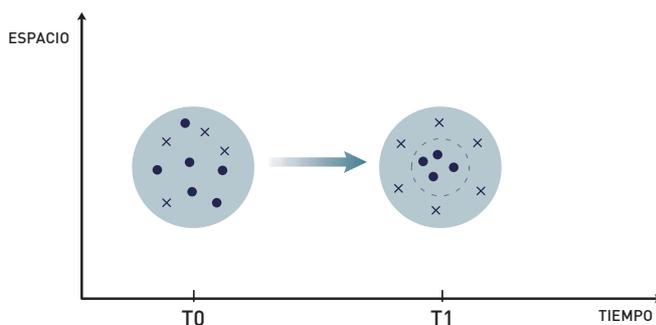
- a :| El caso más frecuente parece ser el analizado anteriormente: dos poblaciones están en territorios separados por una barrera que impide el flujo génico y van divergiendo hasta convertirse en especies diferentes. Este modelo se conoce como *especiación alopátrica*. Por ejemplo, el proceso de especiación de los pájaros pinzones en las Islas Galápagos, constituye un caso típico de especiación alopátrica. El mar es la barrera que impide el flujo genético entre las poblaciones del continente y de las diferentes islas, que se han ido diferenciando hasta constituir 13 especies distintas.



- b :| Otro caso es el de la especiación entre poblaciones vecinas que puede ocurrir sin que se establezca una barrera. La diferenciación se produce si existen diferencias marcadas entre los distintos territorios vecinos. Cuando el proceso de divergencia ocurre entre poblaciones que se encuentran ocupando ambientes contiguos, se trata de *especiación parapatrica*.



c :| También puede suceder que el proceso de especiación ocurra dentro de un mismo territorio. Esto puede darse si en una población existen dos o más formas fenotípicamente distintas para un carácter (polimorfismo). En este caso, los individuos portadores de cada una de las variantes se aparean preferentemente con individuos que también la presentan. Luego de varias generaciones, es posible que las dos formas acumulen diferencias y queden aisladas reproductivamente. Aquí, si bien no existe una barrera geográfica, existe una barrera ecológica (una diferenciación de hábitats dentro de un mismo territorio). Cuando el proceso de especiación ocurre dentro de una misma población se denomina *especiación simpátrica*.



B :| **Especiación cuántica** (que se corresponde con el caso de “aislamiento reproductor como causa”).

Este tipo de especiación ocurre de manera mucho más rápida y abrupta que la divergencia. Comentaremos dos modelos que ilustran este proceso.

a :| **Especiación peripátrica**: en este modelo ocurre que un pequeño número de individuos forma (funda) una nueva población con una particular configuración genética, diferente a la original. Esta situación se puede deber por ejemplo a una fluctuación conocida con el nombre de “cuello de botella”.

Este efecto se produce cuando se verifica una reducción drástica del tamaño de una población, debido a un cambio brusco en el ambiente (biótico o abiótico). Este proceso provoca que los pocos sobrevivientes de la población original no tengan probablemente genes representativos de toda la población. Si estos individuos no se extinguen y logran propagarse, formarán una nueva población cuya composición genética será distinta a la de la población anterior. Es muy frecuente que después de pasar por el “cuello de botella”, la variabilidad se vea muy reducida.



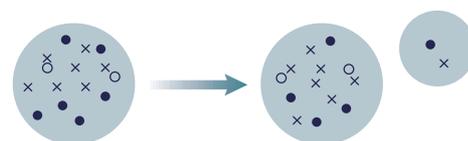
ACTIVIDAD 49

Entre 1820 y 1880, el elefante marino fue objeto de caza indiscriminada en las costas de California y estuvo a punto de extinguirse. Sobrevivieron unos 20 individuos. Un siglo después, en 1984, la especie fue protegida legalmente y llegó a más de 30.000 individuos. Parecía un resultado alentador, pero cuando se estudiaron 125 cachorros se observó que eran homocigotas. Este resultado muestra una pérdida de variabilidad.

:| ¿Qué consecuencias puede tener para la población esta pérdida de variabilidad?

También es posible que ocurra la **especiación peripátrica** si migra y queda aislada una pequeña cantidad de individuos que fundan una nueva población en un área marginal.

Las poblaciones de muchas especies que actualmente viven en islas o también en lagos, aunque hoy tengan miles de integrantes, son descendientes de muy pocos colonizadores que llegaron accidentalmente. En este proceso se funda una nueva población a partir de una pequeña muestra inicial que presenta parte de la diversidad genética original, no toda. Si permanecen aislados mucho tiempo, probablemente originen una nueva especie. Este proceso se designa con el nombre de “efecto fundador”.



Los *Amish* son un grupo religioso de Pennsylvania que vive en una comunidad cerrada, y se hicieron famosos a partir de la película "Testigo en Peligro" con Harrison Ford. En esta población, existe una frecuencia muy alta de un alelo recesivo que en estado homocigota produce una combinación de enanismo con presencia de dedos supernumerarios. Desde que este grupo fue fundado, se registraron 61 casos, casi tantos como en todo el resto de la población mundial. Se calcula que el 13% de los integrantes de la población son portadores de este alelo raro.

La colonia de Amish que desciende de pocos individuos que llegaron a Pennsylvania, tiene actualmente unos 17 mil miembros y se ha mantenido casi aislada desde su llegada.

a.) ¿Cómo se podría explicar la alta frecuencia del alelo recesivo raro? ¿Con el tiempo, los Amish podrían constituir una nueva especie, diferente al *Homo sapiens*?

Para responder estas preguntas puede basarse en alguno de los casos de especiación mencionados anteriormente.

En todos estos casos, las nuevas poblaciones son diferentes en sus frecuencias génicas a la población original. Además, por tratarse de poblaciones pequeñas, nuevas variantes génicas podrían fijarse de manera azarosa. Como vemos, un cambio importante en la composición genética puede traer aparejado el aislamiento reproductivo de la nueva población y establecer una nueva especie.

b.) **Especiación por poliploidía:** en ocasiones se puede producir una duplicación completa del genoma por unión de gametas en las que no se reduce su número cromosómico. De este modo se forman individuos poliploides ($3n$, $4n$, etc.). En estos casos se puede originar una nueva especie ya que los individuos no pueden cruzarse con las poblaciones parentales. Este proceso es un tipo de especiación instantánea que ocurre a partir de un evento único.

En animales, la especiación por poliploidía es rara debido a que se modifica la cantidad de cromosomas que determinan el sexo. Pero existen algunos ejemplos en especies hermafroditas como caracoles, lombrices de tierra y planarias. También en animales con hembras partenogénicas (capaces de producir descendencia viable sin previa fecundación), como ocurre en algunos escarabajos, peces y salamandras.

En plantas, este tipo de especiación parece bastante frecuente. Aparentemente el 50 por ciento de las plantas con flor (angiospermas) son poliploides. En muchos casos, los poliploides difieren fisiológicamente de las especies originales y pueden, por ello, colonizar ambientes con nuevas condiciones y recursos.

ACTIVIDAD 51

La cantidad de nuevas especies que se producen en una determinada unidad de tiempo dentro de un linaje, es decir, la tasa de *especiación* varía mucho entre diferentes grupos de organismos. También varía el tiempo requerido para que ocurra este proceso. Desde un momento (como en la poliploidía) hasta millones de años en procesos de divergencia lenta.

Los factores que se relacionan con una alta tasa de especiación son:

- El ambiente heterogéneo con múltiples barreras.
- Alta capacidad de dispersión de la especie que le permite colonizar amplios territorios.
- Especialización ecológica.
- Fluctuaciones importantes del tamaño de la población.

a :| Elabore una explicación acerca de por qué cada uno de estos factores influye en una especiación intensa.

b :| Si comparamos la aparición de dos especies resultantes, una por especiación divergente y la otra por especiación cuántica, ¿qué semejanzas y qué diferencias podemos encontrar?

¿Dónde va la evolución de las especies?

Un análisis sobre los modos en que vemos la naturaleza

A lo largo de los siglos, las personas inclinadas al conocimiento de la naturaleza han intentado describir y clasificar el medio natural. Los primeros sistemas de clasificación u ordenación reflejaban ideas con fuertes influencias providencialistas. Un elemento característico de esta visión está relacionado con la dirección que presentan los acontecimientos de la historia del Universo. La concepción bíblica de la historia supone un sentido y una orientación: hubo una creación y habrá un fin para todas las cosas, pero además el proceso tiene un carácter necesario por reflejar el plan divino.

A fines del siglo XVII y principios del XVIII se empezó a sospechar sobre la posibilidad de que la Tierra no constituyera un medio uniformemente estable. Se introdujo el moderno sistema de clasificación de las especies formando grupos por su "afinidad". Pero rara vez se pensó que tal afinidad implicara descendencia de un ancestro común. Es decir, el proyecto partió del supuesto de que las especies son eternamente fijas y el modelo desarrollado mostraba relaciones inmutables. No era posible pensar en un mundo cambiante.

Cuando los naturalistas del siglo XVIII se enfrentaron a la posibilidad de que las cosas cambiaran con el paso del tiempo, con frecuencia redujeron al mínimo estas

inquietantes consecuencias. A pesar de las clasificaciones en marcha, se consideró que la naturaleza presentaba una continuidad absoluta entre las formas vivas. El principio de continuidad utilizado estaba asociado a la concepción aristotélica de la “gran cadena del ser” e implicaba que no había una división nítida entre los minerales y los seres vivos más simples. El pensamiento mecanicista de entonces, apoyaba esta noción al considerar a plantas y animales como “montajes” complejos de partes materiales. Por lo tanto los animales y las plantas podían ser clasificados de la misma manera que las piedras.

Hasta principios del siglo XX se clasificaban los elementos de la naturaleza en tres reinos: animal, vegetal y mineral. En la actualidad, como vimos, hay consenso en considerar cinco reinos para clasificar la biodiversidad.

Esta visión estática del mundo de fines del siglo XVII y principios del XVIII fue cada vez más cuestionada a medida que se consolidaba el desarrollo de la ciencia.

La naturaleza y los métodos

La *Escala de la Naturaleza* fue mayoritariamente aceptada hasta mediados del siglo XVIII. Podemos decir que con la llegada de Carl von Linné (1707-1778) un célebre naturalista sueco, esta situación comenzó a cambiar. Mediante la paciente tarea realizada en la confección de su monumental obra llamada el “Sistema Natural” consiguió aclarar algunas incógnitas al clasificar en base a semejanzas la realidad natural. Darwin aclararía algunas otras al establecer la base explicativa del orden natural en una teoría de la transformación evolutiva.



↑ Carl von Linné (1707-1778).

Linné desarrolló un sistema de clasificación para todos los organismos (conocido como sistema de nomenclatura binomial, todavía en uso). Entre los nombres que propuso para los seres vivos, podemos destacar al de nuestra propia especie *Homo sapiens* (“Hombre sabio”) que parece referir más a un desafío que a una descripción.

Ahora bien, si Linné hubiera simplemente reunido y codificado toda la información desorganizada que hacia tiempo se iba acumulando, entonces podríamos decir: ¿y con eso qué?, alguien tenía que acabar haciéndolo. Linné vivió en el momento oportuno, y tuvo la suerte de poseer la combinación adecuada de rigor y sentido del orden. Pero Linné no sólo codificó, desenmascaró. Su sistema no sólo reunía, sino que sustituía a un principio de organización (criterio de clasificación) que, hasta entonces se había escapado a la vista.

Linneo produjo conocimiento de la naturaleza a dos niveles:

- En primer lugar, porque designó las especies como unidades básicas y estableció principios para su definición y nomenclatura uniformes y,
- en segundo lugar, porque organizó las especies en un sistema de clasificación más amplio basado más en la búsqueda de “orden natural” que en la preferencia o conveniencia humanas.

El método binomial de Linneo se ha utilizado, desde su *Systema Naturae* (primera edición publicada en 1735, edición definitiva de la taxonomía animal en 1758), como la base oficial para dar nombre a los organismos. Linneo confirió a cada especie un nombre de dos palabras (por ello binomial), que es el identificador único y distintivo de una especie. El primer nombre (que se escribe con mayúscula) representa el género, y puede estar compartido con otras especies estrechamente emparentadas, y el segundo (llamado nombre específico, trivial o común, que empieza con minúscula), es el identificador único y distintivo de una especie. Por ejemplo, perros y lobos residen en el género *Canis*, pero cada uno de ellos ha de tener un nombre trivial distinto para designar a la especie: *Canis familiaris* y *Canis lupus*, respectivamente.

El nombre linneano de las especies no es una descripción, sino un identificador, para seguir la pista y conferir un nombre distintivo a cada entidad natural. Cualquier sistema general basado en millones de objetos únicos ha de utilizar un mecanismo de este tipo, Linneo comprendió finalmente que había producido un principio necesario y fundamental de nomenclatura. Pero fue la definición de las especies que hizo Linneo, y no su mecanismo para darles nombre, lo que produjo el cambio que desenmascaró a la naturaleza. Porque la definición de Linneo rompió el artificio de los sistemas basados en las necesidades de los seres humanos con unidades básicas.

En la práctica, Linneo clasificó sus plantas por la forma, el número y disposición de sus órganos de fructificación (androceo y gineceo). Durante toda su vida, Linneo buscó un *methodus naturalis*, o “método natural”, que captara la disposición natural de los seres vivos en su jerarquía de nombres. Hoy sabemos que no lo consiguió.

Las clasificaciones que estuvimos estudiando hasta ahora son conocidas con el nombre de *hacia abajo* y fue el método de clasificación predominante en los tiempos de apogeo de la botánica medicinal, durante y después del Renacimiento. Su principal propósito era la identificación de diferentes tipos de plantas y animales. En aquella época, el conocimiento de las especies botánicas y zoológicas se encontraba aun en una fase inicial, a pesar de lo cual, ese saber, era imprescindible para identificar correctamente la planta que poseía las propiedades curativas conocidas.

La clasificación hacia abajo, como vemos, procede dividiendo grupos grandes en subgrupos, mediante un método de división utilizado ya por Aristóteles. Los animales pueden tener sangre caliente o no; con esto se obtienen dos clases. A su vez, los animales de sangre caliente pueden tener pelos o plumas, y cada una de

las clases resultantes (mamíferos y aves) se puede subdividir a su vez por el mismo proceso de dicotomía, hasta llegar a la especie concreta a la que pertenece el ejemplar que se quiere clasificar.

- a :| Sintetice los aportes realizados por Linneo.
- b :| A qué se refiere el texto cuando se habla de desenmascarar.
- c :| Trate de establecer semejanzas y diferencias de la propuesta de Linneo con las clasificaciones que se venían desarrollando hasta el momento.

ACTIVIDAD 52

- :| Tome los organismos de la Actividad 24 de la Unidad 2 y realice una clasificación *hacia abajo*, definiendo diferentes criterios.

ACTIVIDAD 53

El principio de clasificación hacia abajo dominó la clasificación hasta finales del siglo XVIII, y se refleja en las claves y clasificaciones propuestas por Linneo. Todavía se utiliza este método en guías de campo y en las claves de muchos estudios, aunque ya no se lo llama “clasificación” sino identificación.

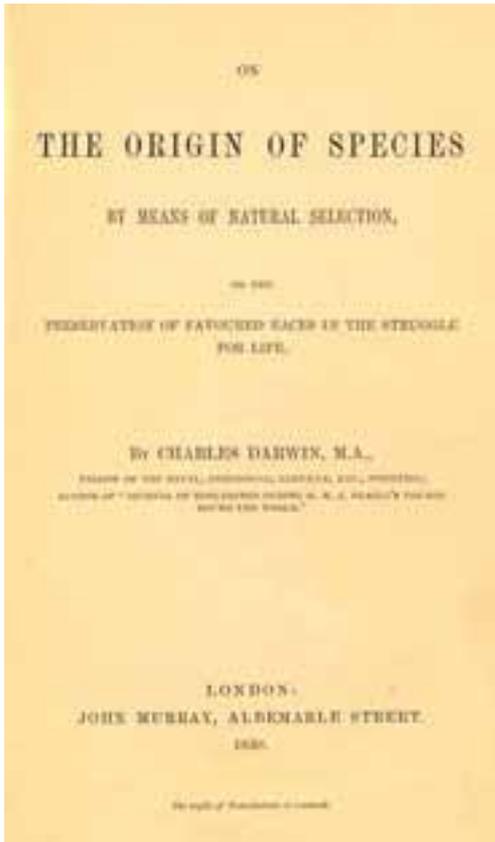
Como es natural, la gente reconocía desde siempre grupos naturales como los peces, los reptiles, los helechos, los musgos y las coníferas. A finales del siglo XVIII hubo algunos intentos de sustituir el sistema de Linneo, por un sistema “más” natural, basado en similitudes y relaciones observadas en los organismos. Pero no se sabía a ciencia cierta cómo determinar dichos criterios.

Con el tiempo, el método de clasificación hacia abajo cayó en desuso. A principios del siglo XIX reaparece una variante: las llamadas clasificaciones con propósito especial. Estas clasificaciones no se basaban en la totalidad de los caracteres de los seres vivos, sino que, en función de su propósito especial, se basaban sólo en unos pocos caracteres, a veces sólo uno. Por ejemplo, atendiendo a su utilidad culinaria, los hongos se podían clasificar en comestibles y no comestibles (o venenosos).

En Ecología todavía se utilizan clasificaciones con propósito especial: por ejemplo, un limnólogo (especialista que estudia ambientes de agua dulce) puede dividir los organismos del plancton en autótrofos, herbívoros, depredadores y detritívoros. Todos estos sistemas tienen un contenido de información mucho menor que el de un sistema de clasificación darwiniano.

Una solución a las dificultades de las clasificaciones linneanas como la cuestión de las relaciones entre los seres vivos y la inclusión de los organismos fósiles, llegaría después. Los lazos naturales entre las especies son conexiones genealógicas (es decir evolutivas) a lo largo de la historia.

Los métodos cambian



En el libro que cambiaría la historia de las Ciencias Naturales, “El origen de las especies”, Darwin demostró que un sistema de clasificación sólido tiene que basarse en dos criterios: la genealogía (la ascendencia común) y el grado de similitud (la cantidad de cambios evolutivos). A las clasificaciones basadas en estos dos criterios se las llama **sistemas de clasificación evolutivos o darwinianos**.

Los filósofos y clasificadores prácticos sabían desde hacía mucho que si existen teorías explicativas (causales) para el agrupamiento de objetos, dichas explicaciones deben tenerse en cuenta al delimitar los grupos. Así por ejemplo, las clasificaciones de las enfermedades humanas utilizadas en el siglo XVIII fueron sustituidas en los siglos XIX y XX por sistemas basados en la etiología (causas) de dichas enfermedades. Y así, las enfermedades se clasificaron en causadas por agentes infecciosos, por defectos genéticos, por el envejecimiento, por falta de cuidados, por sustancias tóxicas o radiaciones nocivas, etc.

Toda clasificación que tiene en cuenta las causas está sometida a estrictas limitaciones que impiden que se transforme en un sistema puramente artificial.

En cuanto Darwin desarrolló su teoría de la ascendencia común, se dio cuenta de que cada grupo natural (o grupo diferenciado de organismos) estaba formado por los descendientes del antepasado común más próximo. Para Darwin, el criterio de la ascendencia no sustituía al criterio de la similitud, sino que más bien ponía limitaciones a los tipos de similitud que se podían aceptar como evidencia de parentesco. En otras palabras, una clasificación darwiniana sólida tiene que basarse en la consideración equilibrada de la genealogía y la similitud (grado de diferencia entre las especies).

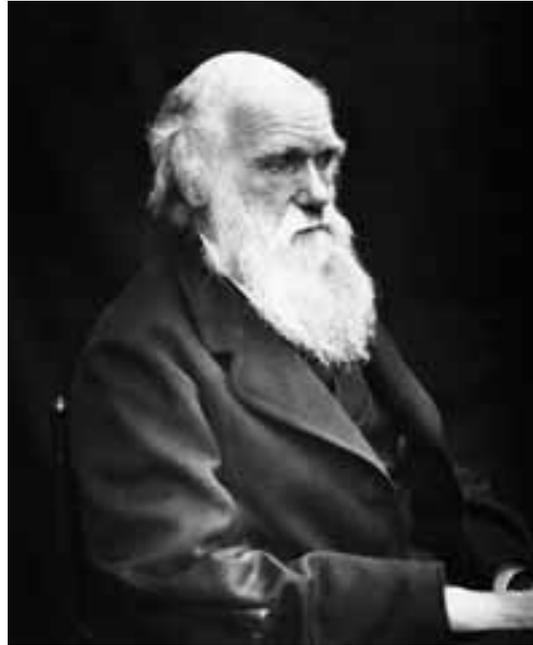
Para entender el papel de la similitud en una clasificación darwiniana, hay que entender el concepto de homología.

La existencia de caracteres homólogos es indicio de parentesco entre especies y grupos superiores. Se consideran homólogas las características de dos o más grupos que derivan del mismo carácter (o de un carácter equivalente) de su antepasado común más próximo.

Ahora bien, no todas las similitudes entre organismos se deben a la homología. Un tipo de cambio evolutivo que puede dar resultados similares es la denominada **convergencia**. Se trata de la adquisición independiente del mismo carácter por linajes sin parentesco evolutivo, como la adquisición de alas por las aves y por los murciélagos.

Hasta 1965, la clasificación darwiniana era el sistema de uso casi universal, y todavía se sigue utilizando mucho. El primer paso del proceso es la delimitación y agrupamiento de especies emparentadas, basándose en la similitud; el segundo paso es la comprobación del origen de dichos grupos y su ordenación genealógica. Este es el único modo de satisfacer los dos criterios de Darwin para una buena clasificación de los organismos.

Como imaginará, estamos lejos de lograr una clasificación “natural” y definitiva. Sospechamos y creemos que a esta altura usted acuerda con nosotros, que ello no es posible. Las clasificaciones, a pesar de Darwin, siguen dependiendo de los criterios que utilicemos y esta cuestión parece lejos de estar superada.



↑ Charles Robert Darwin (1809-1882).

Así, según el criterio elegido se pueden obtener clasificaciones de insectos totalmente diferentes, por ejemplo, basándonos en los caracteres de diferentes fases del ciclo vital (los caracteres de la larva o los del adulto). Al estudiar un grupo de abejas, un equipo de investigadores obtuvo cuatro clasificaciones diferentes ordenando las especies en clases de similitud basadas en los caracteres de 1) las larvas, 2) las pupas, 3) la morfología externa de los adultos y 4) los genitales masculinos. Es decir, invariablemente, cuando un investigador utiliza un nuevo conjunto de caracteres, obtiene una nueva delimitación de grupos o un cambio de nivel.

Muchos grupos están muy bien delimitados y se pueden describir sin ambigüedades y con gran precisión (por ejemplo, las aves o los pingüinos), pero la categoría en la que se sitúan es muchas veces subjetiva y depende del criterio del científico.

Asimismo, la clasificación de los grupos fósiles plantea numerosos problemas y todavía no se ha llegado a un acuerdo al respecto. ¿Cómo deberían tratarse los grupos fósiles que son formas intermedias entre dos grupos vivos?

Esta situación se complica también porque el registro fósil es, en general, demasiado incompleto y no aporta evidencias de la “especie ancestral” de la que derivó un nuevo grupo.

La clasificación darwiniana basada en dos criterios -la genealogía y la similitud- se aceptó de manera casi general desde 1859 hasta mediados del siglo XX. En la actualidad, se han desarrollado algunas alternativas como las clasificaciones llamadas fenética y cladística, basadas en muchos casos en evidencias moleculares, pero tampoco han alcanzado un gran consenso entre los investigadores y siguen siendo fuente de polémicas y discusiones. Por las características que presenta la enseñanza de las clasificaciones naturales en el nivel inicial, estas clasificaciones no serán desarrolladas en el presente curso.

ACTIVIDAD 54

- :| Elabore un resumen de las ideas de Darwin.
- :| Compare las ideas de Darwin con las de Linneo.

Los reyes de la clasificación

Aproximadamente hasta mediados del siglo XIX, los organismos se clasificaban en animales y vegetales (y la naturaleza en general, se ordenaba en tres “reinos” -término que como vemos no resulta muy “natural”-). Todo lo que no fuera claramente un animal se incluía entre los vegetales (el resto de los elementos se incluía en el llamado reino mineral, que posteriormente fue eliminado ya que se busca solamente organizar la diversidad biológica).

Sin embargo, el estudio detallado de los hongos y los microorganismos dejó claro que no tenían mucho que ver con las plantas y que habría que considerarlos como grupos superiores independientes.

La reforma más drástica de la clasificación de los organismos se produjo en los años 30, cuando se comprendió que los monera (procariotas), formados por las bacterias y sus parientes, eran completamente diferentes de todos los demás organismos (eucariotas), que tienen células con núcleo.

Existen varias maneras posibles de clasificar a los eucariontes. Hasta hace poco, por razones de comodidad, se solían combinar todos los eucariontes unicelulares en un solo grupo, los protistas (protista). Aunque los científicos sabían que algunos protistas (los protozoos) se parecían más a los animales, que otros se parecían más a las plantas, y que aún existían otros más parecidos a los hongos, los criterios tradicionales de diagnóstico de animales y plantas (posesión de clorofila, movilidad) no resultaban muy aplicables a este nivel, existía demasiada incertidumbre acerca del parentesco como para mantener la cómoda etiqueta de “protistas”.

Es decir, la diversidad biológica se organiza como vimos en la Unidad 1 en cinco reinos: monera, protista, hongos, vegetales y animales.

Pero las cosas parecen haberse aclarado algo más gracias a nuevas investigaciones, en especial cuando se puso la atención en caracteres que antes se habían pasado por alto (por ejemplo, la presencia de ciertas membranas en las células) y en características moleculares.

Aunque todavía puede resultar cómodo llamar protistas a los eucariontes unicelulares, comentamos que ya no se puede defender el mantenimiento de un grupo oficial llamado protista. Los científicos siguen debatiendo si los “protistas” se deben dividir en tres, cinco o siete reinos.

A modo de cierre (siempre parcial) del estado de la cuestión mostramos el que parece ser el modelo aceptado a comienzos del nuevo milenio. Se trata de un sistema en el cual los organismos se dividen en dos imperios, con sus correspondientes reinos:

Imperio procariontes (moneras)

- reino eubacterias
- reino arqueobacterias

Imperio eucariontes

- reino arqueozoos
- reino protozoos
- reino cromistas
- reino metafitas (plantas)
- reino fungi (hongos)
- reino metazoos (animales)

Los llamados *Reinos de la Naturaleza* una vez fueron tres, ya en este siglo fueron cinco, hoy parece que son ocho y una pregunta inquietante puede surgir a estas alturas: ¿se han acabado las máscaras en la naturaleza? ¿cuántas quedan aún? ¿o deberemos pensar que debajo de un disfraz se oculta otro y así sucesivamente?

Como tema final para la Unidad le proponemos un trabajo sobre los cambios ocurridos en una especie que parece tener como característica central su conciencia sobre sí misma.

La evolución del hombre

Vimos que el pionero del sistema moderno de clasificación de plantas y animales fue el botánico sueco Karl Linné, recordado en todos los libros como Linneo. En la décima y fundamental edición de su obra clásica *Systema Naturae*, publicada en 1758, enumeró los diversos órdenes que componen la clase mamíferos.

Como buen naturalista del siglo XVIII suponía que los seres humanos debían pertenecer a un orden más alto, de modo que los llamó Primates, término derivado del latín medieval que significa “primero en la lista”.

¿De dónde viene el hombre? ¿Es un animal más? ¿Debe ser considerado, desde el punto de vista biológico, separado del resto de los seres vivos?

¿Cómo ha llegado la especie humana a lo que es actualmente? ¿Desde qué momento de la historia de la Tierra, es posible hablar de la existencia de seres humanos? ¿Qué recorrido evolutivo ha seguido el hombre?

Quizá por influencia de la tradición, los esquemas habituales de la evolución van todos dirigidos (a veces sutilmente, en otros casos en forma grotesca) a reforzar una visión confortable para nosotros: la inevitable superioridad del hombre.

Existen concepciones que muestran cadenas de seres en progreso lineal. A fines del siglo XVIII un médico inglés Charles White en su *Regular Gradation in Man*, articuló toda la diversidad de la vida de los vertebrados en una única secuencia que va desde las aves, pasando por los cocodrilos y perros y más allá de los monos, y asciende por la escala convencional racista de los grupos humanos hasta el modelo caucásico europeo.

Con la aparición de la teoría evolutiva se cuestionaron estas imágenes y se afianzó la idea del origen del hombre a partir de un único grupo primate.



↑ Secuencia habitual y falsa que intenta describir la ocurrencia de evolución progresiva en la historia de la vida.

ACTIVIDAD

55

:| Le proponemos que elabore un texto breve que incluya:

... Su punto de vista sobre las razas.

... ¿Existe racismo en la Argentina?

Razas y ciencia

Las razas humanas no son especies separadas ni divisiones antiguas dentro de una teoría general de la evolución. Para algunos científicos, son subpoblaciones recientes, escasamente diferenciadas, de nuestra especie actual *Homo sapiens*; para otros es una categoría que se utiliza políticamente pero que no tiene realidad biológica alguna.

De todos modos, si se quisiera medir la diferencia genética entre grupos humanos, sería necesario realizar muestras de genes al azar. Algunos estudios realizados, revelan que probablemente más del 90 por ciento de los genes humanos sean comunes a todo el mundo.

Hasta la fecha, y se cree que no será posible (porque muchos investigadores sostienen que el planteo de la existencia de razas es erróneo), no se ha podido detectar ni un solo gen de raza, es decir, un gen que solamente esté presente en un grupo humano y no en otro.

El biólogo Richard Lewontin (el autor del texto del comienzo del Módulo) estudió la variación genética humana y concluyó lo siguiente: “*Si (Dios no lo permitiera) se produce un holocausto masivo y sólo el pueblo Xhosa del extremo sur de África sobreviviera, la especie humana conservaría más del 80 por ciento de su variación genética*”.

¿Qué pasa entonces? Pasa que los grupos humanos varían espectacularmente en unos cuantos caracteres llamativos (color de la piel, forma del cabello, tipo de ojos, etc.) pero estas diferencias externas nos engañan y nos pueden llevar a pensar que las diferencias en todo el genoma es muy grande. Hoy se sabe que tales diferencias son superficiales.



↑ A pesar de las diferencias observables, la variación genética es mínima entre diferentes grupos humanos.

Las razas pueden variar poco en los caracteres pero los individuos pueden variar mucho entre sí. No podemos menos que imaginar un mundo que trate como seres humanos completos en todos los aspectos absolutamente a todos, hasta a los retrasados mentales más profundos, a pesar de sus evidentes y amplias limitaciones.

ACTIVIDAD 55

[continuación]

:| Confronte el texto que elaboró en la actividad anterior, y elabore una conclusión sobre la existencia o no de alguna supuesta raza superior dentro de los seres humanos.

ACTIVIDAD 56

Ahora bien, también nos podríamos preguntar: ¿si los humanos han descendido de un grupo ancestral de primates, cómo es posible que siga habiendo monos en la actualidad?

Vimos que la evolución no es una escalera de progreso de grupos biológicos en la que cada peldaño desaparece al transformarse de cuerpo entero en la siguiente etapa. Es un arbusto y los grupos ancestrales normalmente sobreviven a sus descendientes una vez que éstos se han separado.

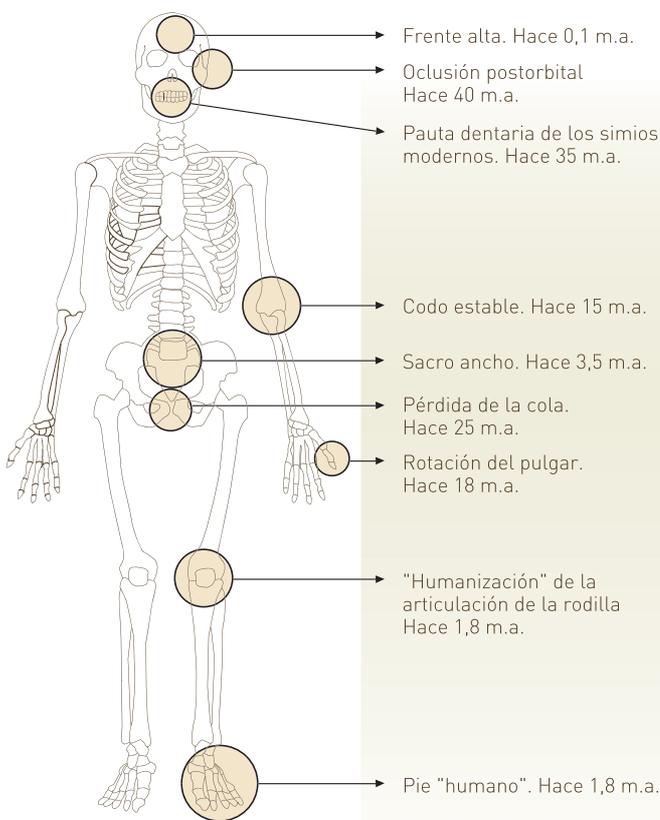
Hay simios de muchas formas y tamaños, sólo una de las líneas lleva a los humanos. Una de las poblaciones de *Australopitecus* se convirtió en *Homo habilis*, otras varias sobrevivieron. Una especie, *Australopitecus robustus*, murió hace menos de un millón de años y vivió en África.



↑ Diferentes cráneos de homínidos anteriores al hombre.

Es decir, la expresión habitual “*el hombre desciende del mono*” resulta una simplificación errónea. La especie humana actual tiene un vínculo bastante lejano con un grupo primate ancestral que originó tanto a los chimpancés como a los gorilas actuales. Y sabemos que las relaciones de parentesco no suponen relaciones de descendencia.

En la actualidad, no existen dudas sobre el hecho de la evolución. Sin embargo, mucha gente, se pregunta si la evolución sigue ocurriendo o se trata de un proceso que ya ha culminado con la aparición del hombre.



Para probar que seguimos evolucionando biológicamente bastaría con mostrar que las condiciones necesarias y suficientes para que ocurra evolución biológica siguen presentes en la especie humana: existe variabilidad genética y actúa la selección natural, pero también actúa la sociedad y la cultura. Si bien en la actualidad las deficiencias hereditarias que pueden ser curadas son muy pocas, algunos científicos sostienen que en el futuro será posible mejorar la constitución genética de la especie humana. Probablemente la evolución humana haya entrado en una etapa donde la influencia de la sociedad, con sus principios éticos, religiosos, la educación y las costumbres, entre otros factores, repercutan e influyan sobre la reproducción diferencial de los seres humanos.

ACTIVIDAD 57

:| Como actividad final, de autoevaluación, le proponemos que elabore un texto argumentativo respondiendo a la siguiente problemática:

a :| ¿Hasta qué punto los avances culturales (especialmente en medicina) influyen en la acción de la selección natural sobre la especie humana?

b :| Recorra a sus notas y a sus lecturas para poder realizarlo.

 Bibliografía

A continuación le damos los nombres de algunos libros que podrá consultar en la biblioteca de su escuela, de su centro o de su barrio. Le serán útiles a lo largo de su trabajo con el Módulo para aclarar algunas dudas, realizar otras lecturas, ampliar sus saberes y enriquecer las actividades propuestas. Recorra a su docente tutor o al bibliotecario para que lo ayude en la búsqueda del material que le interese.

-] Cabello, M. y Lope, S. *Evolución*. Madrid, Biblioteca de Recursos Didácticos Alambra, 1986.
-] Eldredge, N. *La vida en la cuerda floja*. Barcelona, Tusquets. 2001.
-] Gould, S.J. *El libro de la vida*. Barcelona, Crítica. 1993.
-] Lewontin, R. *Genes, organismos y ambiente*. Barcelona, Gedisa. 2000.
-] Lewin, R. *Evolución humana*. Barcelona, Salvat. 1994.
-] Patterson, C. *Evolución: la teoría de Darwin hoy*. Barcelona, Fontalba. 1985.
-] Ricklefs, R. E. *Invitación a la ecología*. Buenos Aires, Editorial Médica. 1998.

Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la Nación

EQUIPO DE EDUCACIÓN DE JÓVENES Y ADULTOS

RESPONSABLE DE LA ARTICULACIÓN DEL PROYECTO	Mirta Leon
LECTURA DE LOS MATERIALES	Pablo Courreges
	Herminia Ferrata
	Mirta Leon
	Esther Levy
	Gabriela Miasnik
	Heliana Rodríguez
	José Romero
	Alejandra Santos

EQUIPO DE PRODUCCIÓN EDITORIAL -DNPC-

COORDINACIÓN GENERAL	Laura Gonzalez
SUB COORDINACIÓN	Verónica Gonzalez
ASISTENCIA DE PRODUCCIÓN	Silvia Corral
DISEÑO DE COLECCIÓN	Clara Batista
ASISTENCIA EN DISEÑO	Mariana Velázquez
	Fernando García Guerra

Biología

COORDINACIÓN	Silvia Corral
ARMADO	Mercedes Mayans
ILUSTRACIONES	Diego Vaisberg
FOTOGRAFÍAS	Charlie Lorenz

El presente material fue elaborado por los Equipos
Técnicos de la Dirección de Educación de Adultos y Formación Profesional
de la Dirección General de Cultura y Educación
de la Provincia de Buenos Aires.

El Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social
brindó apoyo financiero para la elaboración de este material
en el marco del Convenio Más y Mejor Trabajo
celebrado con el Gobierno de la Provincia de Buenos Aires

Dirección de Educación de Adultos y
Formación Profesional de la Provincia de Buenos Aires

EQUIPO DE PRODUCCIÓN PEDAGÓGICA

COORDINACIÓN GENERAL	Gerardo Bacalini
COORDINACIÓN DEL PROYECTO	Marta Ester Fierro
COORDINACIÓN DE PRODUCCIÓN DE MATERIALES	
1RA. ETAPA	Verónica Nespereira
2DA. ETAPA	Beatriz Alen
AUTOR	Antonio Gutierrez
PROCESAMIENTO DIDÁCTICO	Alicia Santana
ASISTENCIA DE PRODUCCIÓN	Florencia Sgandurra
CORRECCIÓN DE ESTILO	Carmen Gargiulo
GESTIÓN	Claudia Schadlein
	Marta Manese
	Cecilia Chavez
	María Teresa Lozada
	Juan Carlos Manoukian

Se agradece la colaboración de los docentes y directivos
de los Centros Educativos de Nivel Secundario de la provincia de Buenos Aires
que revisaron y realizaron aportes a las versiones preliminares de los materiales.



Material de distribución gratuita



MINISTERIO de
EDUCACIÓN
CIENCIA y TECNOLOGÍA
PRESIDENCIA de la NACIÓN



Organización
de Estados
Iberoamericanos

Para la Educación,
la Ciencia
y la Cultura