

UNIDAD N°1 “EL ORIGEN DE LA VIDA Y LA EVOLUCIÓN CELULAR”

Docente: Lorena Videla

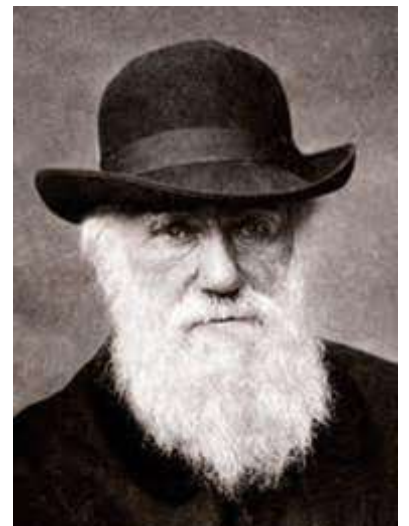
2023



“No es la especie más fuerte la que sobrevive, ni la más inteligente, sino la que se adapta mejor al cambio”

Charles Darwin.

Toshiba





Docente: Lorena Videla

Curso: 2 "B"

UNIDAD N°1 "EL ORIGEN DE LA VIDA Y LA EVOLUCIÓN CELULAR"

Temas: Los seres vivos: Características generales. La biodiversidad. El origen de la biodiversidad. Teorías que explican el origen de la vida y su relación con las funciones vitales, como expresión de la unidad de los seres vivos. Los primeros seres vivos. Teorías de la evolución de los seres vivos: desarrollo histórico de las teorías científicas que explican la evolución de los seres vivos. Interpretación de la idea de selección natural propuesta por Darwin. Introducción a la genética, para explicar la evolución de las especies. Teoría de la selección natural. Adaptaciones de las poblaciones a su ambiente. Variabilidad, cambios ambientales. Mecanismos de respuesta en el nivel organismo.

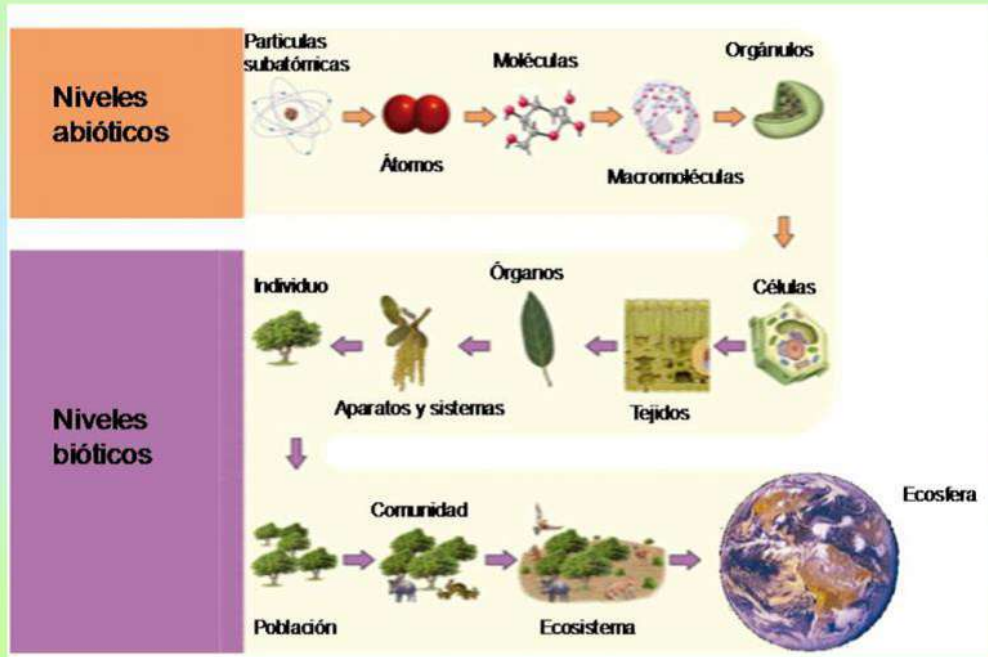
Introducción

La naturaleza puede considerarse una red compleja de interrelaciones entre una enorme cantidad y diversidad de estructuras que van, desde la más delicada y pequeña 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.

La materia viva tiene una forma de organización que es jerárquica, es decir, se suceden distintos niveles de organización que aumentan su grado de complejidad y desarrollan funciones que los niveles anteriores no pueden realizar. Esta organización comienza desde el nivel más elemental, que es el atómico. Cada nivel tiene sus correspondientes propiedades emergentes. Los niveles emergentes son aquellas categorías de organización de la materia, en las cuales hay propiedades o características que no se expresan por la simple adición de los elementos que la constituyen. Es así, por ejemplo, como una población que es un nivel de organización ecológico, representa algo más que la superposición de los individuos.

NIVELES DE ORGANIZACIÓN



• • • La vida modifica el planeta

Según los últimos registros de los científicos, la vida sobre la Tierra existe desde hace aproximadamente 3.900 millones de años. Si consideramos que la Tierra tiene una edad de 4.500 millones de años, podemos darnos cuenta de que los seres vivos tardaron en aparecer. Lo hicieron sólo cuando las condiciones ambientales fueron favorables para su desarrollo.

Desde el momento en que aparecen los seres vivos en el planeta, tanto ellos mismos como el medio fisicoquímico —es decir, el aire, el agua y la tierra— están cambiando lenta pero constantemente. Durante los primeros 600 millones de años, los cambios de la Tierra se produjeron sin la participación de los seres vivos; pero desde que apareció la vida, se produjeron cambios importantes por la interacción de los organismos con su ambiente.

Por ejemplo, la aparición de las primeras formas de vida, las bacterias, provocó una gran liberación de oxígeno a la atmósfera. Hasta ese momento, la atmósfera no tenía en su composición una cantidad significativa de ese gas. El aumento de la proporción de oxígeno en el aire permitió el crecimiento de seres vivos unicelulares más complejos que, en comparación con las bacterias, necesitaron grandes cantidades de ese gas para mantenerse vivos.

Otro ejemplo de la importante relación entre organismos y medio se dio cuando aparecieron las plantas terrestres. Cuando los primeros tipos de vegetales verdes pudieron sobrevivir en la superficie de los continentes, estuvieron dadas las condiciones para que algunos tipos de animales se alimentaran de ellos. Así comenzaron a ser ventajosas las condiciones del medio aeroterrestre para la vida animal y se diversificaron las especies animales que pudieron habitar sobre los continentes.

Como las primeras plantas, los escorpiones primitivos, primeros animales terrestres del tipo de los llamados *Acarinas*, también fueron modificando el ambiente. Por ejemplo, fertilizando el suelo con sus restos y excrementos o transformándolo con sus pisadas. De este modo, ellos también crearon condiciones que permitieron la aparición de otras especies, y así continuó, y continúa, cambiando la historia de la biosfera en todos los ambientes del planeta.

La **evolución biológica** o **de la biosfera** es el conjunto de cambios de los seres vivos a lo largo del tiempo. Tanto los seres vivos como el ambiente del cual son parte evolucionan en forma conjunta y se condicionan mutuamente.

LOS SERES VIVOS

Cuando hablamos de seres vivos o seres vivientes nos referimos a **las diversas formas que la vida asume a lo largo de su historia**, desde los seres más simples y microscópicos hasta las formas de vida compleja entre las que figuran los propios seres humanos.

Los seres vivos **son tremendamente diversos en complejidad, tamaño, inteligencia y otras características** diferenciadoras, que les permiten adaptarse a diversos entornos y competir con otros seres vivos por el acceso a los recursos necesarios para continuar viviendo y reproducir su especie, transmitiéndole a su descendencia esas características, anatómicas o de conducta. En esto consisten la adaptación y la evolución de las especies.

No se sabe muy bien cómo se originó la vida, y esto es materia de debate, dado que los cuerpos de los seres vivos **están compuestos de exactamente los mismos elementos que la materia inanimada**, aunque dispuesta de modos enteramente distintos. De hecho, en el cuerpo de los seres vivos es posible hallar diversas dosis de metales y elementos inorgánicos.

Aun así, los seres vivos se distinguen de la materia inerte en que éstos intentan por todos los medios mantener su estructura química y biológica equilibrada, es decir, mantenerse con vida, y al mismo tiempo perpetuar la especie.

Si fallan en mantener su equilibrio interno, los seres vivos mueren, y sus cuerpos se descomponen hasta sus elementos constitutivos.

Características de los seres vivos

Los seres vivos interactúan con su entorno y son capaces de modificarlo. Los seres vivos comparten, dentro de su inmensa variedad, las siguientes características elementales:

Mantienen su homeostasis. Este término quiere decir el balance interno de materia y energía, indispensable para que el organismo opere de manera coordinada y no caótica.

Son mortales y se reproducen. Todas las formas de vida que existen mueren, eventualmente, ya que al final el desorden (la entropía) se impone en el sistema pasado suficiente tiempo, o cuando acontecen accidentes y cambios repentinos que no le permiten adaptarse a tiempo. La respuesta de la vida ante esta realidad inevitable es reproducirse: crear nuevos seres vivos que perpetúen la especie y contengan la información genética de sus padres.

Consumen energía. La vida requiere de un gasto energético para operar, y dicha energía se obtiene del medio ambiente a partir de diversos mecanismos, que introducen al cuerpo materia y la someten a reacciones químicas.

Reaccionan a su entorno. Una de las características de los seres vivos es que no existen aparte de su entorno y responden a las condiciones de éste, es decir, interactúan con él de diferentes maneras, y en consecuencia también lo modifican.

Funciones vitales

Los seres vivos necesitan nutrirse para tener energía y mantenerse vivos.

Los seres vivientes cumplen a lo largo de sus ciclos vitales con tres funciones vitales mínimas, que son:

Nutrición. La nutrición consiste en la obtención de materia y energía para mantenerse vivo, reparar el organismo y hacerlo crecer. Según ello hay dos tipos de seres vivos: autótrofos (fabrican su propio alimento) y heterótrofos (se alimentan del entorno).

Relación. Los seres vivos se relacionan con el entorno y con otros seres vivos, pudiendo huir de los peligros y alimentarse.

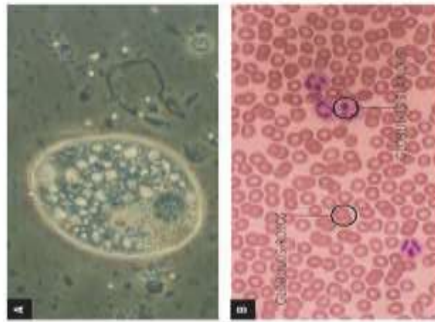
Reproducción. Una vez alcanzado cierto bienestar, los seres vivos proceden a reproducirse y perpetuar la especie.

Los seres vivos

La Tierra comenzó a poblarse hace unos 3500 millones de años como resultado de un largo proceso que dio origen a lo que se denomina seres vivos. Para comprender el proceso que dio origen a la vida y que le permitió perpetuarse, resulta imprescindible aclarar qué es lo que se conoce como vida. Desde el punto de vista de la biología, es posible concebir la vida a partir de las características que identifican a los seres vivos. Sin embargo, la tarea no es sencilla, ya que existe una enorme diversidad de seres vivos, algunos de los cuales no muestran, en apariencia, características en común. Por ejemplo, ¿qué es lo que comparten una bacteria, un árbol y un ser humano? A pesar de sus diferencias, todos los organismos poseen atributos que permiten reunirlos dentro del grupo de los seres vivos y diferenciarlos de aquello que no tiene vida. Estas características se explican a continuación:

Cada célula es una unidad microscópica que tiene vida, es decir, que cumple con las mismas funciones vitales que un organismo; por ejemplo, intercambia sustancias con el entorno celular, respira y se multiplica. Los organismos llamados unicelulares están constituidos por una única célula. Otros se denominan pluricelulares, porque están integrados por muchas células inmersas dentro del medio intercelular que las rodea. Además de cumplir con las funciones vitales, las células de los seres pluricelulares se especializan en diferentes actividades y actúan de manera coordinada unas con otras.

ESTÁN FORMADOS POR CÉLULAS

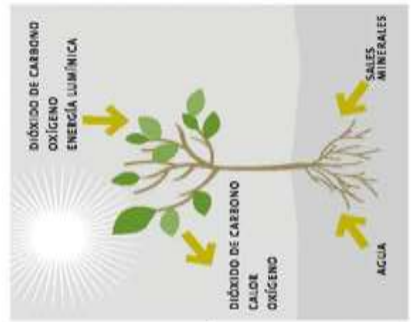


A. *Amoeba* visto al microscopio. Es un organismo unicelular que vive en el medio acuático. La célula que lo constituye realiza todos las funciones vitales (foto x).

B. Los glóbulos rojos y los blancos son diferentes tipos de células del cuerpo humano. Junto con el plasma (medio líquido donde están inmersos), integran la sangre. Los glóbulos rojos transportan oxígeno y dióxido de carbono por el cuerpo, y los glóbulos blancos intervienen en la defensa del organismo contra agentes extraños (foto x).

Para realizar sus actividades, los organismos necesitan células, crecer y multiplicarse. Los seres vivos necesitan materia (sustancias) y energía que obtienen del ambiente que los rodea. Dentro de las células, las sustancias y la energía sufren transformaciones, de manera que el organismo utiliza una parte, almacena otra y el resto vuelve al ambiente. El tipo de sustancias y la forma de energía que incorporan los seres vivos varían según el tipo de organismos de que se trate.

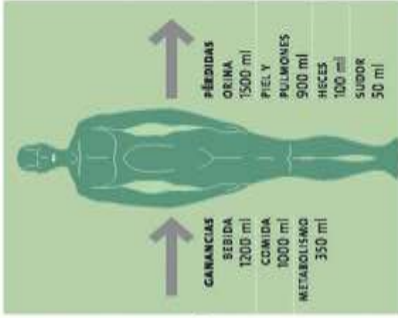
INTERCAMBIAN MATERIA Y ENERGÍA



Las plantas incorporan sustancias simples, como dióxido de carbono y agua, y energía lumínica del Sol, con lo que fabrican sus alimentos. Además, incorporan oxígeno gaseoso del ambiente a través de la respiración. Los alimentos, junto con el calor, aportan materia y energía. Las sustancias que se liberan son reutilizadas por los seres vivos. Parte de la energía se libera en forma de calor.

A esta propiedad se la denomina homeostasis y consiste en conservar las condiciones internas del organismo, como la concentración de sales, la proporción de agua y la temperatura, relativamente constantes; independientemente de los cambios que ocurren en el entorno. La homeostasis es una condición fundamental para el funcionamiento del organismo. A su vez, el funcionamiento integral del organismo hace posible que se mantenga la condición de homeostasis.

MANTIENEN ESTABLE SU MEDIO INTERNO



Mantener constante la proporción de agua dentro del organismo es un ejemplo de homeostasis. Esto se consigue si se incorpora al organismo la misma cantidad de agua que se elimina.

Los organismos poseen características que aumentan sus posibilidades de sobrevivir en las condiciones del medio que habitan. Por ejemplo, el pelaje abundante y la gruesa capa de grasa que cubren al oso polar son adaptaciones que le permiten sobrevivir en las zonas heladas donde habita. Estas características son el resultado de un largo proceso que comprende cambios ocurridos a lo largo de muchas generaciones. Los organismos que poseen estas características logran sobrevivir, reproducirse y transmitir estos rasgos favorables a sus descendientes.

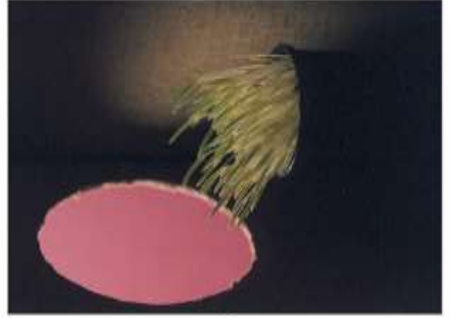
ESTÁN ADAPTADOS A SU AMBIENTE



Algunos insectos tienen un aspecto que los hace casi imperceptibles en el paisaje. Esta adaptación les permite pasar desapercibidos frente a sus depredadores y, en consecuencia, aumenta sus posibilidades de supervivencia y de continuidad de la especie.

Se denomina estímulo a un cambio que ocurre dentro o fuera del organismo. Por ejemplo, la luz y el sonido son estímulos externos. Los estímulos internos pueden ser el dolor y el hambre, entre otros. El organismo tiene receptores sensibles capaces de detectar estos cambios y responde rápidamente a ellos. Por ejemplo, el parpadeo es una respuesta frente a un estímulo como una luz potente. Esta capacidad de responder a los estímulos recibe el nombre de irritabilidad y les permite a los seres vivos protegerse y conservar las condiciones internas de su organismo.

RESPONDE A ESTÍMULOS



El tallo de la planta crece hacia la dirección de donde proviene el estímulo de luz. Esta respuesta favorece la captación de la energía lumínica que la planta utiliza en la producción de sus alimentos durante la fotosíntesis.

La biodiversidad

En el planeta Tierra existe una gran variedad de seres vivos denominada biodiversidad. Este término contempla la diversidad genética, es decir las variaciones heredables entre los seres vivos de una misma especie, la diversidad específica o variabilidad existente entre las distintas especies, y la diversidad ecosistémica que agrupa a los diferentes tipos de ecosistemas presentes en un territorio. Veamos...

Definición de diversidad biológica

La **diversidad biológica** o **biodiversidad** es el conjunto de seres vivos que habita el planeta Tierra.

La **biodiversidad** contempla la **variabilidad** de individuos dentro de una misma especie (nivel genético), la **variedad** de especies (nivel específico) y de ecosistemas (nivel de ecosistemas). La biodiversidad es consecuencia de 3.800 millones de años de **evolución** desde la aparición de los primeros seres vivos.

Diversidad genética

La **diversidad genética** se asocia a la **variabilidad** entre organismos de una misma especie. Se origina en el **material genético** o **ADN** y contiene la información hereditaria necesaria para el desarrollo de todas las características de un ser vivo. La capacidad de adaptarse y sobrevivir a cambios en el ambiente se relaciona con la variabilidad genética de las especies. La **diversidad de genes*** depende del **número de individuos** que conforman la población y de las posibilidades de reproducirse entre ellos.

Diversidad específica

Las **especies** son grupos de seres vivos que **comparten caracteres externos** y que **al reproducirse generan descendientes fértiles**. Por ejemplo, si se cruzan dos razas de perros (caniche y pastor alemán) se obtendrá otro individuo de la misma especie *Canis lupus familiaris*, que será fértil y dejará descendencia.

En algunos casos, distintas especies pueden aparearse y dar lugar a **híbridos**, individuos que no son fértiles y por lo tanto no dejan descendencia. Por ejemplo el **ligre [FIG. 1]** es un híbrido, producto del cruzamiento entre una tigresa y un león.

[FIG. 1]

El ligre puede medir hasta 4 metros y pesar hasta 500 kg.



La mula también es un organismo híbrido estéril, que resulta de la cruce entre una yegua y un burro [FIG. 2].

El término **diversidad específica**, empleado en ecología, tiene en cuenta dos variables.

- **Riqueza de especies.** Corresponde al número de especies presentes en un determinado lugar.
- **Abundancia relativa entre las especies.** Es la cantidad de individuos pertenecientes a cada especie.

Una comunidad es más diversa cuantas más especies tenga y cuanto más equitativamente repartidos estén los individuos de las distintas especies.

[FIG. 2]

La mula emite un sonido similar al del burro (rebucho), pero en algunos momentos puede parecerse al relincho de un caballo.



Diversidad de ecosistemas

El término **diversidad de ecosistemas** se refiere a la cantidad de **ecosistemas*** presentes en un ambiente dado.

Para los científicos este tipo de diversidad es el más difícil de determinar, debido a las dificultades para definir los límites o fronteras entre los ecosistemas.

En la zona de transición, denominada **ecotono**, coexisten especies de ambos ecosistemas y generalmente allí suele haber mayor riqueza de especies.

gen. Porción de ADN que contiene la información para la expresión de una característica.

ecosistema. Unidad organizada en el espacio y el tiempo, formada por componentes bióticos y abióticos interrelacionados, a través de los cuales fluyen energía y materia.



Guía de estudio

1. Escriban un texto en el que relacionen los siguientes términos: biodiversidad, diversidad genética, ecotono, variabilidad y especie.
2. ¿Qué son los organismos híbridos? ¿Por qué son infértiles?

Las teorías sobre el origen de la vida

A lo largo del tiempo el ser humano propuso diferentes teorías acerca del origen de la vida en el planeta. Las hipótesis que tuvieron mayor peso fueron la generación espontánea, el creacionismo, la panspermia y, la más aceptada actualmente, la quimiosintética. Esta última teoría propone que la vida se originó por medio de la evolución de moléculas químicas. Veamos...

Inicio de la vida: diversas hipótesis

A través de la historia de la humanidad han existido diversas concepciones o teorías acerca de cómo se originó la vida en el planeta Tierra.

Antes del descubrimiento del mecanismo de reproducción entre los organismos la teoría más influyente, importante y con mayor número de defensores era la **teoría de la generación espontánea**. Esta teoría se basó en creencias populares y postulaba que *ciertos seres vivos como los insectos, los gusanos y los microorganismos podían formarse a partir de la materia inerte o inanimada, sin la intervención de ningún organismo progenitor*. A partir de la observación directa de fenómenos como la presencia de moscas en la carne, en el barro o en el agua estancada, se elaboraron las ideas que respaldaban la generación espontánea.

Aristóteles (384-322 a. C.) fue uno de los primeros en realizar las descripciones de este proceso publicadas en dos de sus libros [FIG. 50].



[FIG. 50]
El filósofo griego Aristóteles propuso hace 2.500 años la teoría de la generación espontánea.

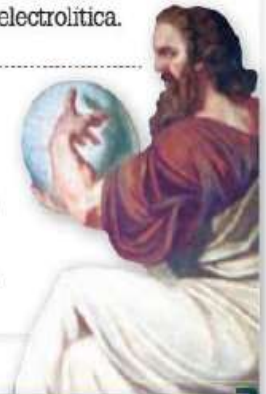
El **creacionismo** es un sistema de creencias surgido durante la Edad Media. Se basaba en doctrinas religiosas, principalmente la judeocristiana, y establecía que *el universo, los cuerpos celestes y todos los seres vivos que habitan el planeta Tierra fueron creados por un ser superior o inteligente*.

El químico sueco Svante Arrhenius [FIG. 51] postuló en 1908 la hipótesis conocida como **panspermia**, que tiene un antecedente en el siglo V con el filósofo griego Anaxágoras [FIG. 52]. Esta teoría sostiene la existencia de *esporas o "semillas de la vida" que se trasladaban en el espacio exterior impulsadas con la energía emitida por las estrellas*. Estas esporas "sembraban vida" en los sitios que presentaban condiciones propicias para ello. La hipótesis de la panspermia se sostuvo hasta la mitad del siglo XX, principalmente por la comunidad de astrónomos y biólogos. Uno de los puntos débiles de la panspermia es que no explica cómo se formaron estas "semillas de la vida" en el espacio exterior. Si bien en la actualidad se considera una alternativa posible, la hipótesis resulta muy controversial dentro de la comunidad científica.

En la actualidad, la teoría más aceptada es la hipótesis **quimiosintética**, que sostiene que *la vida se originó por medio de una evolución química, mediante un proceso denominado síntesis prebiótica*.



[FIG. 51]
El científico sueco Svante Arrhenius (1859-1927) era originalmente físico y luego se formó en el área de la química. En el año 1903 ganó el Premio Nobel de Química por sus aportes en el campo de la disociación electrolítica.



[FIG. 52]
El filósofo griego Anaxágoras nació en Calzómenas, actual Turquía, y después se trasladó a Atenas. Fue maestro de figuras célebres como Pericles, Pitágoras y Sócrates.

Guía de estudio

1. ¿Qué diferencia existe entre la teoría de la generación espontánea y el creacionismo?
2. Expliquen el principal punto débil de la hipótesis de la panspermia.
3. ¿Cuál es la hipótesis más aceptada actualmente y qué postula?

La Tierra primitiva y la evolución prebiótica

La Tierra se originó por la condensación de polvo y gas remanentes de la formación del Sol. Millones de años después, modificaciones de temperatura y de concentración de gases llevaron a la formación de los océanos. Las primeras formas de vida provendrían de una evolución química. Veamos...

Orígenes de la Tierra

Durante siglos, el origen de la vida ha sido uno de los enigmas que más ha intrigado al hombre. Por mucho tiempo se ha intentado dilucidar cómo se produjeron los distintos cambios en la Tierra, y cómo esas modificaciones permitieron el desarrollo de la vida.

Según la teoría actual, el universo surgió luego de una gran explosión conocida como **Big Bang**. Posteriormente se liberó toda la energía y las partículas contenidas se alejaron de forma violenta. El modelo sostiene que a medida que el universo se expandía y se enfriaba, gradualmente se fue formando la materia.

A partir de estos átomos, desintegrados y vueltos a formar durante varios miles de millones de años, comenzaron a formarse los planetas del universo.

Hace aproximadamente 5.000 millones de años, nació la única estrella del Sistema Solar, el Sol, a partir de partículas de polvo y gases de hidrógeno y helio.

En la actualidad, se supone que la Tierra se formó hace 4.500 millones de años, cuando la *atracción gravitacional condensó el polvo cósmico y los gases remanentes de la formación del Sol*.

En sus comienzos, la Tierra era un planeta frío y con condiciones homogéneas. Con el paso del tiempo, la *continua contracción de los materiales y la radiactividad de los elementos más pesados* convirtieron a la Tierra en una *esfera caliente de roca fundida carente de atmósfera*, condiciones que la caracterizaban como un lugar hostil e inhóspito. Bajo estas circunstancias resultó imposible, en ese entonces, el desarrollo de la vida.

Los elementos químicos más pesados, como el hierro y el níquel, se hundieron en el núcleo terrestre mientras que los más livianos, como el silicio, el magnesio, el oxígeno y el aluminio, se combinaron y formaron estructuras rocosas en la superficie. Al mismo tiempo, las erupciones volcánicas provocaron la salida de vapores y gases volátiles. Algunos quedaron "atrapados" alrededor de la Tierra como consecuencia de su fuerza gravitatoria y conformaron la **atmósfera primitiva**, mientras que el *vapor de agua condensado formó los primeros océanos*.

Atmósfera primitiva

La ausencia de atmósfera llevó a que los meteoritos impactaran sobre la superficie terrestre. Sin embargo, la progresiva formación de la atmósfera condujo a que estos se desintegraran al atravesarla [FIG. 53].



[FIG. 53]

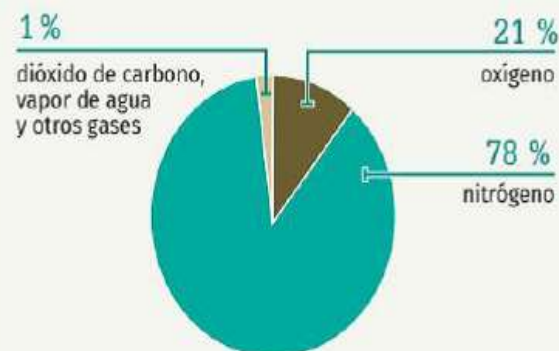
Los impactos de los meteoritos en la Tierra generaron depresiones llamadas cráteres.

La composición de la **atmósfera primitiva** era distinta a la actual, aunque si bien compartían varios elementos: hidrógeno, dióxido de carbono, helio y vapor de agua, la primitiva contenía además *amoníaco, sulfuro de hidrógeno y metano*, gases que hoy en día son considerados tóxicos para la mayoría de los seres vivos.

A su vez, la atmósfera primitiva carecía de dos componentes muy importantes presentes en la actualidad: el **oxígeno** y el **ozono**. A pesar de la ausencia de oxígeno, en estas condiciones fue posible el desarrollo de la vida, ya que los primeros seres vivos no requerían de oxígeno para su supervivencia. El ozono se formó a partir del oxígeno y resultó indispensable al actuar como "escudo" frente a las radiaciones de alta energía que llegaban a la Tierra. En la actualidad, la **atmósfera terrestre** está formada por **nitrógeno, oxígeno, dióxido de carbono, vapor de agua y ozono** [FIG. 54]. Esta capa gaseosa que rodea al planeta retiene parte del calor que emite la superficie terrestre. La presencia de la atmósfera permite que la temperatura terrestre se mantenga en un rango de valores acotado y propicio para el desarrollo de la vida.

[FIG. 54]

Composición actual de la atmósfera terrestre.



Hipótesis de Oparin y Haldane

A lo largo de la historia, los científicos han intentado explicar cómo se originó la vida bajo las condiciones desfavorables de la atmósfera primitiva.

La **síntesis prebiótica**, también llamada **evolución química**, es la hipótesis que presenta en la actualidad mayor aceptación entre la comunidad científica. Fue propuesta alrededor de 1924 de manera independiente por el bioquímico ruso *Aleksander Oparin* [FIG. 55] y el biólogo inglés *John Haldane*.



[FIG. 55]

En su teoría Oparin (1894-1980) aplicó sus conocimientos previos sobre geología.

Esta hipótesis postula que hace aproximadamente 4.000 millones de años ocurrió una **evolución química** que dio origen a las primeras formas de vida. En ese entonces el ozono no estaba presente en la atmósfera, esto permitía que los rayos solares cargados de energía llegaran directamente a la superficie terrestre.

Por medio de la energía proveniente del Sol y de las descargas eléctricas de las tormentas, los compuestos en el planeta Tierra comenzaron a reaccionar químicamente y dieron origen a moléculas orgánicas sencillas.

Con el paso de los años la temperatura descendió, el vapor de agua y otros gases atmosféricos se condensaron y formaron grandes masas de **agua**. De este modo, las primeras moléculas orgánicas habrían sido arrastradas por las lluvias hacia estas masas de agua y conformaron así el **caldo primitivo**. En este medio, las moléculas reaccionaron entre sí y generaron compuestos más complejos. Algunas moléculas lograron agruparse y formar esferas que en su interior presentaban ácidos nucleicos (ácido ribonucleico, o ARN, y ácido desoxirribonucleico, o ADN, presentes hoy en todos los seres vivos).

Estas estructuras denominadas **coacervados** serían las antecesoras de las células, e intercambiaban materia y energía con el ambiente. Además, presentaban límites definidos, y se asociaron hasta que solo permanecieron aquellos conjuntos que resultaron más estables.

De este modo, hace 3.800 millones de años aparecieron las primeras células vivas, semejantes a las bacterias actuales. A partir de ese momento, comenzó la evolución biológica que dio origen a los seres vivos que habitaron y habitan el planeta Tierra.

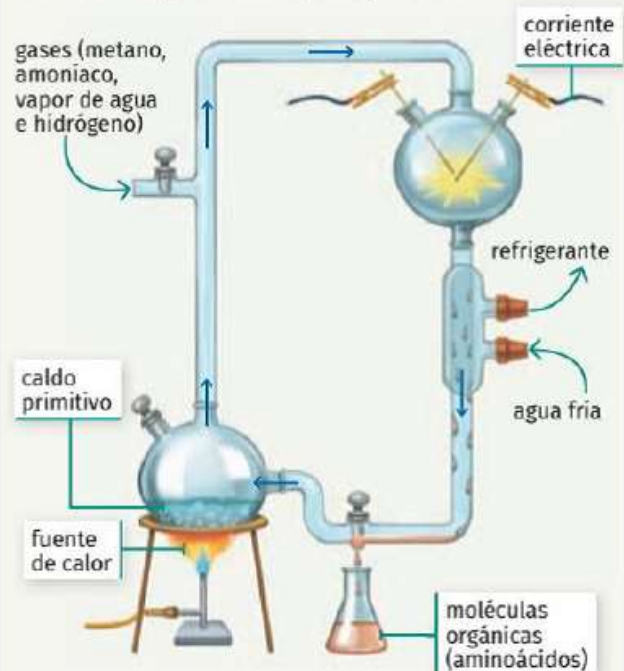
Experimento de Miller y Urey

En 1953, *Stanley Miller* y *Harold Urey* pusieron a prueba la hipótesis postulada por Oparin y Haldane.

El dispositivo constaba de un recipiente esférico con agua hirviendo que representaba el caldo primitivo. El vapor producido ascendía por un tubo hasta llegar a otro recipiente. Este representaba la atmósfera primitiva ya que contenía amoníaco, vapor de agua, nitrógeno y metano. Además, tenía conectados unos electrodos que producían descargas de corriente eléctrica, que simulaban las descargas que había en la atmósfera. La mezcla resultante se refrigeraba para simular el descenso de la temperatura del planeta. Al analizar el líquido obtenido, los científicos encontraron **aminoácidos**. Este experimento comprobó que era posible sintetizar moléculas orgánicas a partir de reacciones químicas [FIG. 56].

[FIG. 56]

Dispositivo que Miller y Urey inventaron para verificar la hipótesis de Oparin y Haldane.



Guía de estudio

1. Comparen la composición química de la atmósfera terrestre actual y primitiva. ¿Qué diferencias existen?
2. Expliquen de qué manera el experimento de Miller y Urey comprueba la hipótesis planteada por Oparin y Haldane.

Los primeros seres vivos

Los coacervados adquirieron pequeñas moléculas del ambiente que incorporaron a su estructura. Las reacciones químicas y las nuevas sustancias resultantes de ellas condujeron a la aparición de las protocélulas, y posteriormente de las células. Los primeros organismos fueron células procariotas y podrían haber sido heterótrofos, autótrofos o quimiolitótrofos. Veamos...

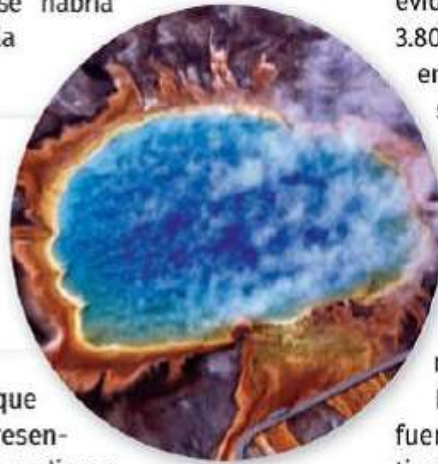
De los coacervados a los seres vivos

Conocer cómo y cuando se inició la vida sobre la Tierra es uno de los desafíos más grandes para la ciencia, ya que ocurrió hace miles de millones de años y no quedó ningún testigo o evidencia clara del hecho.

Los científicos plantearon diversas hipótesis acerca de qué podría haber ocurrido para que unos simples coacervados dieran origen a los primeros seres vivos. Oparin y Haldane en su hipótesis utilizaron el término **caldo primitivo**, que hace referencia a una sustancia líquida rica en moléculas orgánicas; allí se habría llevado a cabo el origen de la vida [FIG. 57].

[FIG. 57]

Las condiciones ambientales del parque Yellowstone serían semejantes a las primitivas.



Los científicos suponen que las sustancias orgánicas, presentes en el caldo primitivo, se pudieron acumular en grandes cantidades por dos factores principales. Uno de ellos fue la *ausencia de seres vivos* que utilizaran a las moléculas orgánicas como alimento.

El otro factor que favoreció la acumulación de estos compuestos fue la *ausencia de oxígeno*, lo que impedía que no reaccionaran ni se degradaran ya que no había moléculas de oxígeno en la atmósfera.

En esta solución se formaron los **coacervados**, algunos de los cuales resultaron poco estables, razón por la cual se disolvieron con rapidez. Otros, en cambio, fueron más estables y se mantuvieron en el tiempo. Estos adquirieron moléculas pequeñas del medio, como *agua, glucosa y algunos aminoácidos*, que atravesaron sin problemas las membranas de los coacervados.

De esta manera, se llevaron a cabo nuevas reacciones químicas y se generaron nuevas sustancias: este fue el inicio del **metabolismo primitivo**. Las reacciones internas liberaban energía, y de este modo se habría iniciado el intercambio de energía y materia entre los coacervados y el ambiente.

Algunas de estas sustancias incorporadas fueron retenidas y pasaron a formar parte de la estructura propia de los coacervados, mientras que otras fueron desechadas al medio.

Protocélula

El enigma acerca de cuándo aparecieron las primeras células es uno de los grandes interrogantes de la comunidad científica.

En Australia los científicos han registrado células fósiles de más de 3.500 millones de años de antigüedad, sin embargo esto no implica que hayan sido las primeras en generarse. Además, en Groenlandia se han encontrado evidencias de actividad química en rocas que datan de 3.800 millones de años. Si bien en estos sedimentos no se encontraron los microorganismos correspondientes, se supone que habrían sido responsables de las reacciones químicas registradas.

Los **coacervados** no se consideran seres vivos pero fueron los *primeros heterótrofos*, ya que incorporaron moléculas del exterior [FIG. 58]. Estos se dividieron, aunque no simétricamente, y se conservaron solo aquellas estructuras que recibieron el material favorable.

En un proceso lento y paulatino los coacervados se fueron perfeccionando y dieron lugar a las células primitivas o **protocélulas**: *sistemas autorreplicables con ARN englobados en una membrana protectora*.

Las protocélulas continuaron desarrollándose y dieron lugar a las **primeras células**. Por ello, se supone que el ADN de las células se formó a partir del ARN presente en estas protocélulas que, además de autorreplicarse, tenían la *capacidad de autorregularse* mediante una serie de reacciones químicas. Además, este primitivo material genético podía *autoconservarse* al presentar la capacidad de obtener y transformar energía.

[FIG. 58]

Observación de coacervados.



Primeras células

Los fósiles de los seres vivos más antiguos que se conocen en la actualidad son los **estromatolitos**. Estos son estructuras similares a rocas que se forman por la agrupación de *cianobacterias* que habitan en aguas marinas poco profundas y llevan a cabo la fotosíntesis.

Por medio de la *fotosíntesis* estos organismos toman de la atmósfera grandes cantidades de dióxido de carbono, liberan oxígeno y generan carbonatos. Las cianobacterias se disponen formando una capa continua y pasivamente facilitan la precipitación de carbonatos. Cuando se mueren las cianobacterias se genera otra capa de células vivas sobre la anterior, que se encuentra solidificada. Así, con el tiempo se forman distintas capas superpuestas, de las cuales solo la superficial está formada por los organismos vivos [FIG. 59].



[FIG. 59]

Estromatolitos actuales en la Bahía Shark, Australia.

En el año 2009, la científica argentina *Eugenia Farías* descubrió en la provincia de Salta estromatolitos a 3.000 metros de altura, en ambientes extremos sometidos a alta radiación ultravioleta y altas concentraciones de sal y arsénico. Los estromatolitos fósiles más antiguos tienen aproximadamente 3.500 millones de años. Esto permite inferir que los primeros seres vivos debieron aparecer antes en la historia de la Tierra. En la actualidad, los científicos proponen que *la vida se originó hace 3.800 millones de años* y, según la observación del registro fósil, se estima que los *primeros organismos* fueron **bacterias** (células procariotas). Estas células se caracterizan por *no tener núcleo* y por presentar la *capacidad de autorreplicarse, autorregularse y autoconservarse*.

En cuanto al modo de alimentación de las primeras bacterias, se cree que eran **heterótrofas** ya que no producían sustancias orgánicas utilizadas como alimento, sino que incorporaban los compuestos orgánicos presentes en el caldo primitivo.



<http://goo.gl/ewZ0GA>

Escaneen el código QR para aprender un poco más sobre el origen de la vida en la Tierra.

Como la atmósfera primitiva carecía de oxígeno, se especula que habrían sido **anaeróbicas**, es decir que no incorporaban oxígeno para obtener la energía a partir del alimento.

De este modo, con el paso del tiempo se incrementó la cantidad de estos organismos en el caldo primitivo, por lo que la disponibilidad de alimento habría disminuido. Por ello, los científicos propusieron una hipótesis alternativa que sostiene que los primeros organismos eran **autótrofos**, es decir que producían las sustancias orgánicas que utilizaban.

Los seres vivos tuvieron un *rol fundamental en la aparición del oxígeno gaseoso*, que comenzó a acumularse en la atmósfera y en los mares, 1.000 millones de años después del origen de la vida. Este incremento no solo permitió el desarrollo de formas de vida que requerían del oxígeno para cumplir con sus funciones vitales sino que también contribuyó a la formación de la *capa de ozono*. En la actualidad, la presencia de esta capa es fundamental para el desarrollo de la vida, ya que impide el paso de la radiación ultravioleta proveniente de los rayos del Sol, que resulta nociva para los seres vivos.

Independientemente del modo de alimentación y de la dependencia o no del oxígeno, todas las teorías propuestas por los científicos en referencia al origen de la vida coinciden en que los primeros *organismos habitaban los mares y océanos primitivos*.

A modo comparativo, los científicos han propuesto que estos ambientes se asemejaban a las actuales chimeneas submarinas denominadas *fumarolas*, ya que a partir de ellas emergía agua a elevadas temperaturas [FIG. 60].



[FIG. 60]

Las fumarolas submarinas generalmente se encuentran vinculadas con las zonas de volcanes activos.

Guía de estudio

1. ¿Qué diferencias existen entre un organismo heterótrofo y un autótrofo?
2. ¿En qué se distingue un coacervado de una protocélula?
3. Los estromatolitos contribuyeron a la presencia de oxígeno en la atmósfera. ¿Qué efectos tuvo este fenómeno?

La generación espontánea

Durante el siglo XVII, la teoría de la generación espontánea se encontraba ampliamente aceptada y sostenía que los seres vivos se originan espontáneamente a partir de materia inerte. Un médico italiano llamado Francesco Redi (1626-1697) decidió poner a prueba esta teoría. A continuación, les proponemos una experiencia con la cual podrán recrear el experimento que llevó a cabo Redi.



Materiales

- Tres recipientes transparentes
- 3 trozos de carne de 5 cm de lado
- Un cuadrado de tela de mosquitero de 5 cm de lado
- Hilo para atar



Procedimiento

- Coloquen tres trozos de carne en los frascos. Es muy importante que la cantidad y el tipo de carne sean iguales en todos frascos.
- Dejen un frasco destapado, tapen el segundo y cubran el tercero con la tela de mosquitero (usen el hilo para sujetarla).
- Ubiquen los frascos a la intemperie, en zonas protegidas de las lluvias.
- Observen el contenido de los frascos durante unos días.

Observaciones y conclusiones

- ¿Qué observaron en cada frasco?
- ¿A qué se deben las diferencias observadas entre los frascos?
- Investiguen sobre los experimentos de Redi y comparen los resultados que el médico italiano obtuvo en su época con los que ustedes alcanzaron.
- ¿Se comprobó la teoría de la generación espontánea?
- Para que un experimento tenga credibilidad, se debe tratar de controlar el mayor número de variables, y alterar solo una de ellas. ¿Por qué creen que es importante que la cantidad y el tipo de carne sean iguales para cada frasco?

Las teorías evolutivas

Desde la antigua Grecia, se propusieron distintas teorías sobre los cambios experimentados por los seres vivos con el paso del tiempo. Sin embargo, el primer concepto de transformación fue planteado recién en 1801 por Lamarck. Actualmente, esta teoría no se encuentra vigente, ya que el mecanismo evolutivo propuesto no es posible. Veamos...

Primeras concepciones sobre la evolución

A lo largo del tiempo, el ser humano se ha interrogado sobre la historia de los seres vivos en la Tierra y muchas de esas respuestas se obtuvieron a partir de observaciones. Un ejemplo de ello es el viaje realizado por Charles Darwin a bordo del *HSM Beagle*, que marcó un antes y un después en la historia de la ciencia y en la forma de interpretar al ser humano en relación con el resto de los seres vivos. Dos décadas más tarde, la teoría planteada por Darwin sobre la evolución se convirtió en una de las bases más importantes para comprender este fenómeno.

El término **evolución** suele asociarse directamente con Darwin. Sin embargo, el naturalista inglés no fue pionero en proponer que los seres vivos cambian a lo largo del tiempo. Uno de los primeros registros o hipótesis acerca del origen y de la transformación de las especies se atribuye al filósofo Anaximandro (611-547 a. C.), quien concluyó que los cambios en las especies eran el resultado de un conjunto de procesos naturales.

Posteriormente, Aristóteles (384-322 a. C.) clasificó a los seres vivos de acuerdo con sus similitudes y diferencias en estructura y apariencia. El filósofo y naturalista griego es reconocido por ser uno de los primeros en considerar que el conocimiento puede ser ordenado y clasificado, y formuló un lenguaje lógico para nombrar a los seres vivos.



[FIG. 24] Representación de las distintas jerarquías de los seres vivos realizada por Aristóteles.

Aristóteles propuso un ordenamiento de los seres vivos en jerarquías crecientes: las criaturas más simples como los gusanos se encontraban en los escalones inferiores; el hombre, en el extremo opuesto, y en los escalones intermedios se ubicaba el resto de los organismos, como las aves y reptiles [FIG. 24].

En el siglo XVIII, el naturalista Georges-Louis Leclerc (1707-1788) propuso que las especies podían sufrir cambios con el transcurso del tiempo, aunque su hipótesis no explicaba cómo ocurrían esas transformaciones.

El abuelo de Charles Darwin, Erasmus Darwin [FIG. 25], se encontraba entre los que dudaban de la creencia de que las especies permanecían invariables en el tiempo. Erasmus sugirió que las especies presentaban conexiones históricas entre sí, que los animales podían cambiar en respuesta al ambiente y que su descendencia heredaría dichos cambios.



[FIG. 25]

Erasmus Darwin (1731-1802), médico, naturalista y filósofo británico.

En 1801, Jean Baptiste Lamarck (1744-1829) planteó la primera explicación sobre los *mecanismos* de estos cambios. En su teoría, denominada **transformismo**, explica que todas las especies descienden de otras más antiguas y que las formas más complejas habrían surgido a partir de las más sencillas por un proceso de *transformación progresiva*. En este, las modificaciones morfológicas, fisiológicas o comportamentales adquiridas durante la vida de un individuo se transmitirían progresivamente a su descendencia. En la actualidad, el mecanismo evolutivo propuesto por Lamarck no se encuentra en vigencia, pero fue muy importante para sentar las bases de la teoría planteada posteriormente por Charles Darwin.

Guía de estudio

1. Armen una línea de tiempo en donde incluyan las principales ideas que plantearon los naturalistas citados en la página.
2. El término *evolución* es utilizado frecuentemente en diversos contextos. Discutan acerca de sus usos. ¿Cómo creen que la evolución repercute en los seres vivos?

Del creacionismo al transformismo

Las teorías sobre las variaciones de las especies se modificaron a medida que se recolectaron nuevas evidencias. Durante muchos años se consideró que las especies no cambiaban, sino que se mantenían fijas y que la Tierra y el ser humano habían sido creados por un ser divino. Luego, Lamarck planteó que las especies se transforman como consecuencia de distintos factores. Veamos...

Concepciones sobre la variabilidad de las especies

En el siglo XVIII, prácticamente todos los científicos y naturalistas creían que no existía variabilidad de las especies en el tiempo. Las distintas concepciones que se tenían acerca de la historia de los seres vivos respondían a las teorías **fijistas** y **creacionistas**. Estos dos términos generan confusión ya que coinciden en ciertos aspectos, sin embargo hacen alusión a dos procesos que presentan diferencias.

Con el paso del tiempo surgieron distintas ramas dentro de las ciencias naturales, como la paleontología y la anatomía comparada, que brindaron nueva información a los científicos, lo que llevó a que se comenzaran a cuestionar las ideas dominantes de la época. La teoría **fijista** plantea una visión estática de las especies y fue abandonada paulatinamente por los científicos y naturalistas cuando el científico francés Lamarck planteó su **teoría transformista**.

Creacionismo

El **creacionismo** es el conjunto de **creencias** basadas en la **doctrina religiosa judeocristiana**, según la cual el universo, la Tierra y cada ser vivo existente en ella provienen de la creación de un **ser divino**.

El creacionismo plantea que la Tierra es un planeta "estático". En el siglo XVII, el obispo Usher estimó que la creación divina del mundo databa del año 4004 a. C. A partir de diversas evidencias actuales, los científicos calculan que la antigüedad de la Tierra es de 4.500 millones de años y que la vida se habría originado 3.800 millones de años atrás. Además, los creacionistas se oponen a las explicaciones científicas sobre el origen de la vida y niegan la evolución biológica, debido a que contradicen la interpretación bíblica. El fresco pintado en la Capilla Sixtina por Miguel Ángel, *La creación de Adán*, representa el momento en que, según la tradición judeocristiana, Dios le dio vida al primer hombre: Adán.

El brazo izquierdo de Dios se encuentra rodeando a una mujer, que representa a Eva, quien hasta ese momento no había sido creada. Dios y Adán se encuentran en una postura similar en alusión a la cita de la Biblia que anuncia que "Dios creó al hombre a su imagen y semejanza" [FIG. 26].



[FIG. 26]

Alrededor del año 1511, Miguel Ángel completó la última representación de los episodios del Génesis ubicados en el techo de la Capilla Sixtina.

Fijismo

El **fijismo** es una teoría que expone que todas las **especies** de seres vivos han permanecido **invariables** o **fijas** desde su creación. **Carlos Linneo**, el fundador del método de clasificación de los seres vivos, fue el primero en formalizar el fijismo [FIG. 27]. Linneo sostuvo que las especies se habían creado de forma separada e independiente y además negó un origen común entre todas las especies.



[FIG. 27]

Carlos Linneo (1707-1778), científico, naturalista, botánico y zoólogo sueco.

George Cuvier fue considerado fijista y fundador de la anatomía comparada [FIG. 28]. Si bien él reconocía la ausencia de muchas especies presentes en el registro fósil, explicaba que las extinciones se habían producido por una serie de catástrofes y que la creación divina "llenaba" el espacio vacío dejado por las especies extintas con la creación de nuevas.

[FIG. 28]

Existe un cráter en la Luna que recibe el nombre de **Cuvier** en homenaje al científico francés.



Teoría transformista de Lamarck

En contraposición con el fijismo, J. B. Lamarck elaboró un conjunto de teorías para explicar la variabilidad de las especies al que denominó **transformismo**.

La teoría de Lamarck es una teoría sobre la evolución de la vida y no sobre su origen, ya que en aquel entonces se aceptaba que todas las especies se habían originado por **generación espontánea**. A partir de las observaciones realizadas sobre invertebrados fósiles y actuales, Lamarck propuso que las especies aparecían por generación espontánea para llenar el espacio vacío en la base de la escalera sugerida por Aristóteles. Luego, las especies cambiaban como consecuencia de diversos factores, lo que generaba que estuvieran mejor adaptadas al ambiente y fueran más complejas. La progresión o evolución dependía de tres factores principales: *cambios ambientales, uso y desuso de los órganos y sentimiento interior*.

- **Cambios ambientales.** El ambiente que rodea a los seres vivos se encuentra en continuo cambio. Las variaciones ambientales crean necesidades que exigirán a los individuos modificar sus hábitos o conductas.

- **Ley del uso y desuso de los órganos y teoría de la herencia de los caracteres adquiridos.** En función del ambiente y del uso o desuso, los órganos de los seres vivos se hacen más fuertes o débiles y más o menos importantes. Los órganos más usados se desarrollan, mientras que los que dejan de utilizarse se atrofian. Estos cambios siempre se transmiten de los progenitores a sus descendientes. Uno de los tantos ejemplos planteados por Lamarck es el famoso caso del *cuello de las jirafas* [FIG. 29].

En su libro, el naturalista escribió: "la jirafa, el más alto de los mamíferos, vive en el interior de África en lugares donde hay poca hierba, por lo que se alimenta de las hojas de los árboles. El permanente esfuerzo por alcanzarlas ha hecho que sus patas delanteras sean mucho más largas que las traseras y que su cuello se haya estirado notablemente". Los cuellos más largos adquiridos a partir del estiramiento se transmitieron a la descendencia.

- **Sentimiento interior.** Los seres vivos son impulsados hacia una *mayor complejidad* mediante *esfuerzos* inconscientes. Existe un impulso vital o una tendencia natural que lleva a los organismos hacia la perfección y complejidad.

Las ideas de Lamarck no pudieron ser demostradas debido a la ausencia de evidencias de los mecanismos propuestos y a la falta de conocimiento sobre la herencia de caracteres. Sin embargo Lamarck planteó ideas sobre el cambio de los seres vivos que contribuyeron a la progresiva aceptación de las teorías evolutivas.

generación espontánea. Proceso sin causa aparente mediante el cual surgen nuevas formas de vida a partir de materia orgánica e inorgánica.



Guía de estudio

1. ¿Cuáles son las diferencias y las similitudes entre el fijismo y el creacionismo?
2. ¿Por qué la teoría de Lamarck es incorrecta?

[FIG. 29]

Para Lamarck, las jirafas tenían un impulso vital que las llevó a estirar sus cuellos para alimentarse, y este cambio se transmitió a la descendencia.



Darwin y la selección natural

El mecanismo de selección natural planteado y publicado por Charles Darwin vincula el proceso de interacción entre los organismos con su entorno. La selección natural consta de dos etapas: producción de variabilidad (o variación entre individuos de la misma especie) y la supervivencia del organismo (aquel que presente los caracteres que más se adapten al ambiente). Veamos...

Mecanismo planteado por Darwin

Charles Darwin comenzó a estudiar medicina pero en 1831 decidió embarcar en el *HSM Beagle*, comandado por Robert Fitz Roy [FIG. 30], donde consiguió un puesto como naturalista.

En su viaje llevó el libro de Charles Lyell, *Principios de la Geología*, donde se fundamentaban las críticas a la teoría de las catástrofes. Esta sostenía que los relieves de la superficie terrestre surgirían por catástrofes y no por movimientos telúricos de millones de años. De este modo, en el libro se presentaban novedosas evidencias que refutaban el catastrofismo. Además, se explicaba la teoría del uniformismo: el efecto lento, constante y acumulativo de las fuerzas naturales había producido un cambio continuo en el relieve de la Tierra.

A bordo del *Beagle*, Darwin observó el paisaje geológico de Sudamérica y puso a prueba el "uniformismo" en los seres vivos.

Luego del viaje, Darwin estudió durante veinte años las muestras que había recolectado y obtuvo conclusiones fundamentales para su teoría. Además, tuvo en cuenta para su elaboración un tratado sociológico publicado en 1789 por Thomas Malthus. En él se advertía que la población humana sobre el planeta Tierra se incrementaba con tanta rapidez que en poco tiempo sería imposible alimentar a tal cantidad de habitantes.

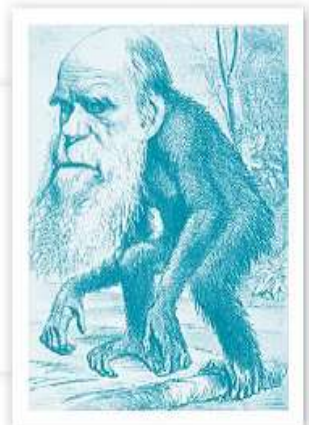
Así, Darwin concluyó que la disponibilidad de alimentos, entre otros factores, limitaría el crecimiento de las poblaciones de las distintas especies.

Darwin y Lamarck se oponían a la concepción fijista dominante de su época y coincidían en que las especies cambiaban de manera gradual y continua, es decir evolucionaban. Otro aspecto en común radicaba en que ambos sostenían que los caracteres adquiridos se transmitían a la descendencia, a pesar de no contar con la evidencia necesaria para poder afirmarlo. No obstante, para Darwin las especies descendían de un ancestro común, mientras que Lamarck sostenía que la evolución era un proceso lineal. A su vez, Darwin creía en la extinción de especies, idea que Lamarck rechazaba.

Como lo explicaba Lamarck, el ambiente tenía un papel fundamental; sin embargo, para Darwin el ambiente no impulsaba el cambio en los seres vivos sino que los seleccionaba.

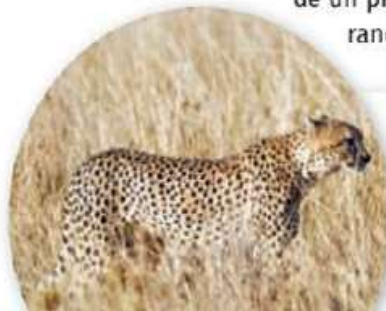
La propuesta de Darwin no fue aceptada rápidamente en la sociedad, sino que muchos científicos de la época cuestionaron su hipótesis. Una manera de representar este desacuerdo es la gran variedad de caricaturas que se publicaban en las revistas de la época [FIG. 31].

[FIG. 31] Caricatura publicada en la revista *Homet* que representa a Darwin como un simio a modo de ironía del ancestro común.



La selección natural explica las distintas formas de los animales que habitan ambientes similares. Muchas veces los organismos presentan características que pasan inadvertidas en determinados ambientes. De este modo, el mimetismo es una consecuencia de este mecanismo evolutivo, ya que camuflarse y esconderse entre la vegetación otorga más posibilidades de sobrevivir al ataque de un predador o de alimentarse capturando una presa [FIG. 32].

[FIG. 30] Robert Fitz Roy (1805-1865) fue gobernador de Nueva Zelanda desde 1843 a 1845.



[FIG. 32] La chita o guepardo camuflado es el único felino que no es capaz de trepar árboles.

Selección natural

En 1844, *Charles Darwin* comenzó a escribir sus hipótesis del cambio en los seres vivos y del mecanismo evolutivo por **selección natural**. Sin embargo, la publicación de su teoría se produjo recién en 1859 en el famoso libro *El origen de las especies por medio de la selección natural*.

Un año antes de la publicación del libro el autor contactó al naturalista inglés *Alfred Russel Wallace*, quien había llegado a conclusiones muy semejantes a las planteadas por Darwin al estudiar la distribución de animales en Indonesia y Malasia. Por ello, decidieron que sus ideas debían ser dadas a conocer al resto de los científicos.

A partir del libro publicado por Charles Darwin, se asentaron las bases de que el proceso de selección natural consta de dos etapas. La primera hace referencia a la **producción de la variabilidad** o a la *diferencia* observada entre *dos organismos de una misma especie*, ya que si no existe variabilidad no hay qué seleccionar.

La segunda etapa del proceso de selección natural es el **mecanismo selectivo** o *supervivencia diferencial* de los organismos en su lucha por la existencia. Aquellos individuos que presenten la combinación de *caracteres* más propicios para enfrentarse al entorno (clima, depredadores, etcétera) serán los que tengan *mayor probabilidad de sobrevivir*. Los organismos más aptos para un ambiente particular serán aquellos que tengan caracteres que les permitan sobrevivir. Estos caracteres se heredarán a la descendencia y permanecerán en la siguiente generación.

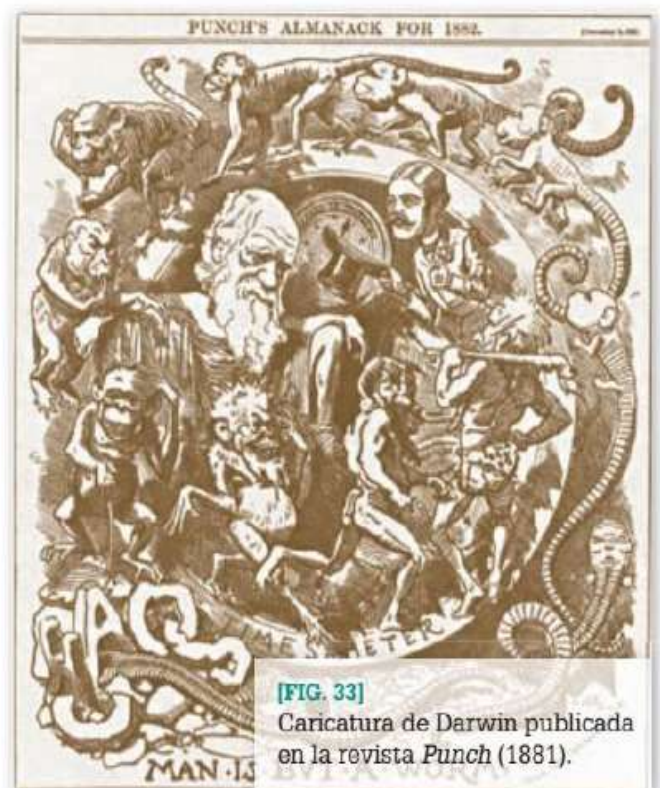
Cuestionamientos a la selección natural

Una vez planteado el mecanismo de *selección natural*, los científicos se dividieron en dos grupos: aquellos que *apoyaban* la teoría y los que la *rechazaban*. Las críticas realizadas por los detractores se basaban sobre:

- **El origen de la variabilidad.** En contraste con Lamarck, Darwin suponía que la variabilidad no se originaba por voluntad del organismo, sino que aparecía al *azar*. Sin embargo, el naturalista desconocía el mecanismo, lo que resultó ser una crítica por parte de los detractores. Con el paso de los años y el surgimiento de la genética, se demostró que los organismos de las poblaciones naturales tienen numerosas diferencias como consecuencia de las variaciones en sus *genes*.
- **La herencia de las características.** Darwin sostenía que los caracteres heredados se transmitían mediante *herencia por mezcla*. Sin embargo, esto contradice la selección natural, ya que si los caracteres iniciales se mezclaban en los descendientes, la variabilidad se perdería.

- **La ausencia del registro fósil.** Si la evolución es un proceso gradual deberían encontrarse *fósiles* de todas las *variantes intermedias* entre las extintas y las actuales. Darwin argumentó que el proceso de fosilización es poco frecuente y es muy posible que las formas intermedias no se encuentren fosilizadas.

En la época de Darwin se ignoraban muchos de los conocimientos biológicos con los que se cuenta hoy en día. Además, aceptar que el ser humano evoluciona y comparte un ancestro común con primates resultaba intolerable para la sociedad victoriana del momento. Así fue como se realizaron caricaturas a modo de burla que expresaban la resistencia a las ideas de Darwin. En la [FIG. 33] se concentran gran parte de las críticas que se le realizaron. A partir del caos surge la lombriz que va "evolucionando" hasta convertirse en un caballero que saluda a Charles Darwin.



[FIG. 33]
Caricatura de Darwin publicada en la revista *Punch* (1881).

Guía de estudio

1. Realicen un cuadro comparativo entre las teorías de Darwin y de Lamarck.
2. Armen un texto donde se desarrolle la definición de *selección natural*. Además, empleen los siguientes términos: *variabilidad*, *mecanismo selectivo* y *Darwin*.
3. ¿Cuáles son los factores que posibilitan que las especies evolucionen por selección natural?

Los estudios de Darwin

Darwin zarpó en el Beagle, barco comandado por Fitz Roy, y durante cinco años recolectó ejemplares de animales y plantas que le proporcionaron numerosos indicios utilizados para elaborar su teoría de la selección natural. Luego de la travesía, realizó un estudio sobre la variabilidad, a partir de la forma y el tamaño de los picos de los pinzones, aves típicas de la isla de los Galápagos. Veamos...

Viaje en el Beagle

Charles Darwin ingresó en la Universidad de Edimburgo a los 16 años para estudiar medicina. Con el paso del tiempo, fue dejando de lado esta disciplina y dos años más tarde ingresó al *Christ's College* de Cambridge para estudiar teología. Allí conoció a su profesor de botánica, *John Stevens Henslow*, quien le sugirió que se postulara como acompañante del capitán *Robert Fitz Roy* a bordo del barco *H.M.S Beagle*, en un viaje que duró cerca de cinco años. Durante ese lapso, Darwin realizó investigaciones geológicas en tierra firme y recolectó ejemplares de varias especies.

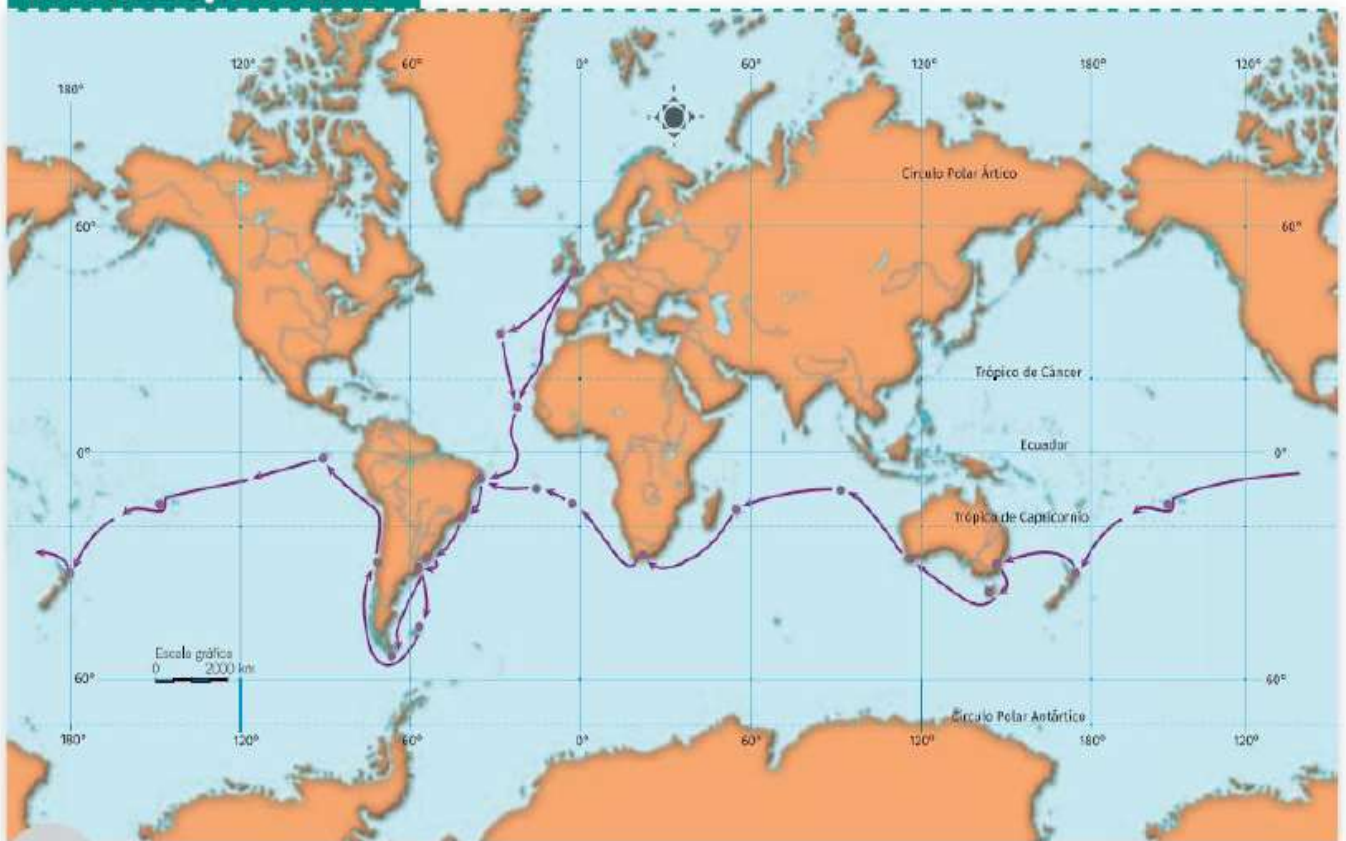
Durante tres años y medio a bordo, Darwin y otros científicos estudiaron y recolectaron muestras de animales y plantas típicos de las distintas localidades. Entre los lugares estudiados de América del Sur se encuentran Bahía, Río de Janeiro, Montevideo, Buenos Aires, Punta Alta, Monte Hermoso, Tierra del Fuego, Islas Malvinas, Puerto Deseado, Mendoza y Valparaíso [FIG. 34].

En la Argentina, Darwin halló y recolectó numerosos y variados ejemplares fósiles. En la provincia de Buenos Aires descubrió restos de gliptodontes (similares a armadillos pero gigantes), megaterios (perezosos de gran porte) y animales afines.

Estos fósiles presentaban semejanzas morfológicas con las especies actuales de los perezosos y armadillos, y por ello Darwin propuso la posible relación entre las especies extintas y actuales.

Durante su recorrido se asombró al observar a los ñandúes, aves semejantes a los avestruces; dadas las particularidades de esta especie, atrapó a un ejemplar y lo envió a Europa para su estudio. Años más tarde, en honor a Darwin, el ñandú recibió el nombre científico de *Rhea darwini*.

[FIG. 34] Los viajes de Darwin



Estudio de los pinzones

Luego del recorrido por países de Latinoamérica como Brasil, Argentina, Chile y Perú, la fragata *Beagle* llegó a las **islas Galápagos**, ubicadas en el océano Pacífico aproximadamente a 1.000 km de las costas de Ecuador. Estas islas reciben su nombre por la presencia de una gran cantidad de tortugas gigantes, cuyo caparazón se parece al de una silla de montar denominada *galápagos*.

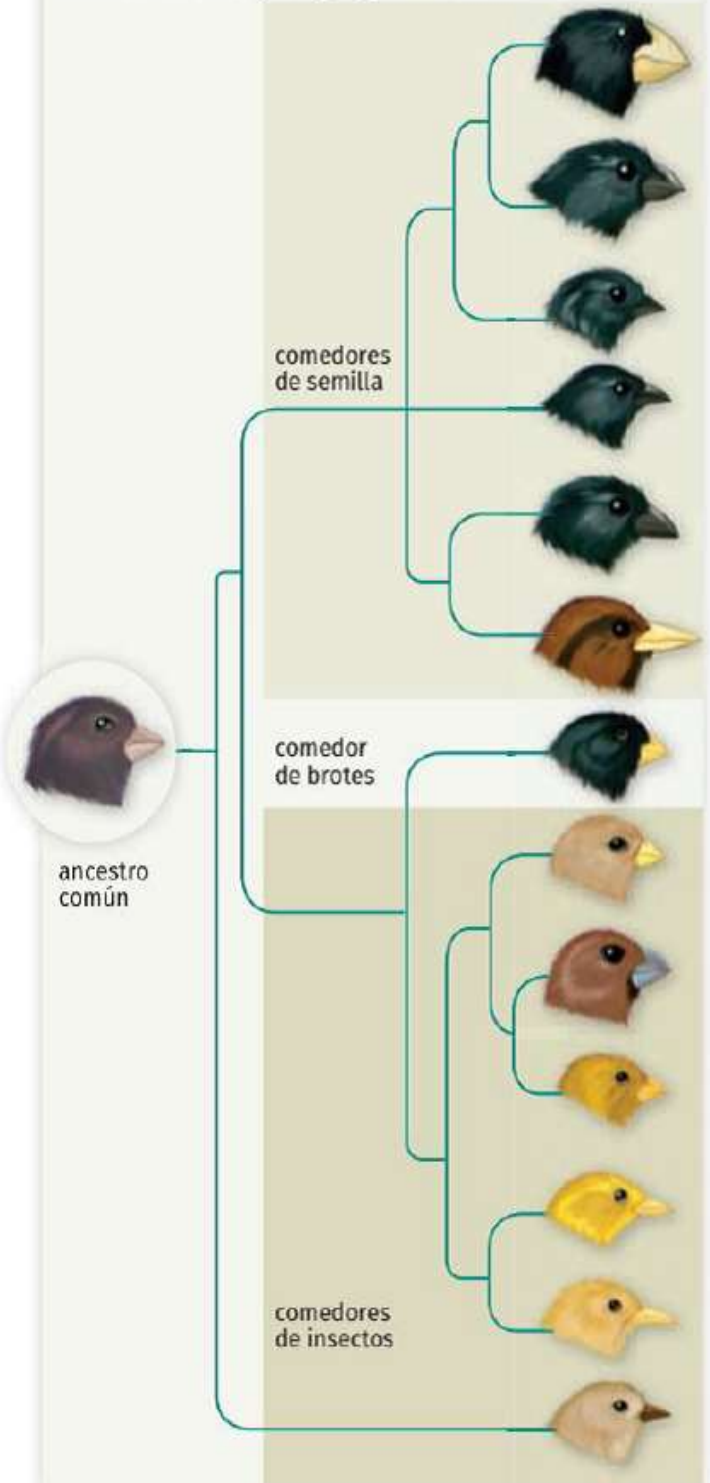
Para Darwin, la diversidad y variedad de animales y plantas de las islas Galápagos resultaron de gran relevancia. Se asombró al ver tortugas gigantes, exóticas iguanas marinas e insectos con morfologías extrañas. Sin embargo su asombro fue mayor cuando descubrió que si bien las islas presentan ambientes semejantes, poseen poblaciones muy diversas correspondientes a los mismos géneros. En particular se centró en el caso de los pinzones, aves pequeñas y grisáceas que resultaron de gran importancia en la formulación de la teoría de la *selección natural* planteada por el científico.

Luego de su análisis, el naturalista determinó que existían 13 tipos de pinzones diferentes en las islas, mientras que en el continente solo un tipo. Frente a esta situación Darwin se cuestionó sobre por qué algunas especies provenientes de las islas se parecían más a las del continente que a las aves pertenecientes a otras islas que presentan condiciones ambientales semejantes.

Al regreso del viaje, el naturalista le entregó los ejemplares de los pinzones recolectados a un especialista, *John Gould*, para su identificación. En primera instancia, Darwin pensó que eran aves pertenecientes a diversas familias, sin embargo Gould determinó que presentaban particularidades que permitían formar un nuevo grupo en el que se incluían las especies descubiertas. Además, observó que los *picos de los pinzones variaban en morfología y tamaño en función de su dieta* [FIG. 35]. La explicación que posteriormente propuso Darwin es que las 13 especies se originaron a partir de la especie del continente. En cada isla las condiciones ambientales (en este caso alimentarias) ejercieron una **presión selectiva** sobre los pinzones, y las especies que sobrevivieron fueron las que, por *azar*, desarrollaron picos que estaban mejor adaptados a los alimentos disponibles en cada isla. De este modo, al poder alimentarse lograron sobrevivir y transmitir ese carácter a su descendencia.

[FIG. 35] Distintas semillas, distintos pinzones

Árbol filogenético que representa la relación entre las distintas especies, además se asocia el tipo de dieta con la forma del pico que presentan.



<http://goo.gl/BNvJUF>

Escaneen el código QR, observen a partir del minuto 17 y aprendan más sobre Darwin.

Guía de estudio

1. Expliquen por qué los picos de los pinzones de las distintas islas son diferentes entre sí.

Las consecuencias de la evolución

Las adaptaciones son una consecuencia de la selección natural y permiten aumentar la supervivencia de los seres vivos. Las adaptaciones pueden ser funcionales, morfológicas y comportamentales. La especiación es el proceso por el cual se originan nuevas especies, y sus mecanismos dependen de la distribución geográfica o del aislamiento reproductivo entre las poblaciones. Veamos...

Definición de adaptación

En términos evolutivos, las **adaptaciones** presentes en los seres vivos son el resultado de la selección natural. Una adaptación puede ser cualquier *carácter funcional, morfológico o de conducta* que aumente la probabilidad de que un organismo sobreviva y pueda reproducirse. La adaptación no surge como respuesta del ambiente sino por **azar** y, al ser **heredable**, se transmite a la descendencia. La **adaptación** puede ser un **proceso lento y gradual**, y en ocasiones no se logra determinar el mecanismo de selección que le dio origen.

En algunos casos las adaptaciones se relacionan con **factores físicos** como la *temperatura* y *humedad*. Por ejemplo, se ha observado que las orejas y la cola de los mamíferos que habitan en zonas más cálidas presentan mayor longitud que los que viven en climas templados o fríos. Así, el animal podría disipar más energía térmica al medio y disminuir su temperatura corporal.

Otra adaptación observable en los animales es el color blanco del pelaje en aquellos que habitan zonas muy frías, como los polos, que les permite camuflarse en el hielo y la nieve. Además, el tamaño corporal también se puede ver influenciado por las condiciones ambientales. Los gorriones, por ejemplo, habitan zonas de diferentes condiciones climáticas, y los de mayor tamaño viven en regiones frías. En otros casos, la presión selectiva no la da el ambiente sino otros organismos, como *competidores* de recursos o *predadores*. Por ejemplo, es más probable que un león pueda capturar una cebra más lenta y débil y por lo tanto se "seleccionará" positivamente a las cebras más veloces, que transmitirán estos atributos a la descendencia.

La *selección natural* "selecciona" a aquellos individuos que presentan las mejores adaptaciones a un ambiente particular en un momento determinado. Por el contrario, este mecanismo evolutivo elimina a los individuos que no tienen las características necesarias para sobrevivir y dejar descendencia.

Adaptación funcional. Las *iguanas marinas* de las *islas Galápagos* presentan glándulas en las fosas nasales que les permiten liberar el exceso de sal proveniente de la alimentación, cuando el organismo resopla o sacude la cabeza. Esta adaptación contribuye a mantener un equilibrio hidrosalino, lo que resulta beneficioso en un ambiente marino donde las concentraciones de sal son elevadas [FIG. 41].

[FIG. 41]

El color de las iguanas marinas varía de negro a gris claro. Los colores más oscuros les ayudan a obtener más rayos solares y a regular la temperatura de sus cuerpos.



Adaptación morfológica. El *pájaro carpintero* presenta adaptaciones asociadas a la obtención del alimento: dos dedos orientados hacia adelante y dos hacia atrás que le permiten sostenerse del árbol. Además tiene plumas en su "cola" en las que se apoya, un pico fuerte con el que perfora la corteza y una lengua larga mediante la cual toma los insectos que están debajo de la corteza [FIG. 42].



[FIG. 42]

El pájaro carpintero golpea la madera entre 15 y 16 veces por segundo.

Adaptación conductual. El *leopardo* es capaz de arrastrar grandes *presas* hacia zonas que no puedan ser alcanzadas por otros predadores. Muchas veces fueron observados arrastrando jirafas de mayor tamaño que ellos, hacia las ramas más altas de los árboles [FIG. 43].

[FIG. 43]

Los leopardos son buenos nadadores, y cazan los peces de los cuales se alimentan.



Origen de las especies

Para que los seres vivos **evolucionen**, las poblaciones de una misma especie deben dejar *descendencia que presente cambios*, y se deben *generar nuevas especies*, proceso denominado **especiación**.

En la actualidad, se define a una **especie** como un grupo de *poblaciones* cuyos miembros pueden *reproducirse entre sí*, dejar *descendencia fértil* y que se encuentran *aisladas reproductivamente* respecto de otras especies, es decir que pueden ocupar el mismo hábitat y no reproducirse. Los organismos de una especie comparten *información genética* que determina las características de los individuos, y la diferencia de otras especies. En un momento dado y como consecuencia de diferentes factores, la información genética de una población sufre modificaciones, se diferencia y aísla, lo que dará lugar a una nueva especie.

A partir de observaciones y experimentos, biólogos evolutivos han propuestos diferentes mecanismos de especiación entre los que se encuentra la especiación *alopátrica* y *simpátrica*.

Estos modelos se han desarrollado sobre la base de hipótesis que contemplan el **aislamiento geográfico** y el **aislamiento del flujo de la información genética** entre poblaciones; es decir, se presenta una incompatibilidad en el material genético que determina que las especies no puedan producir descendientes fértiles.

Especiación alopátrica

En la especiación **alopátrica** las nuevas especies se originan en ambientes diferentes que se encuentran aislados espacialmente. Esta especiación ocurre de manera *gradual* mediante varias etapas sucesivas. Por un lado se establece una **barrera geográfica**: el surgimiento de una montaña, o el derretimiento de un glaciar que incremente el caudal de un río y lleve a que los individuos que quedaron a ambos lados de la barrera geográfica no puedan cruzarse. La población queda dividida en dos, y con el paso del tiempo se diferencia la información genética de ambas poblaciones. Si luego de transcurrido cierto tiempo los individuos de ambas poblaciones se encontraran, no tendrían la capacidad de reproducirse y por lo tanto se habrían transformado en dos especies diferentes [FIG. 44].

[FIG. 44]

Las diferencias entre las especies de pinzones de las islas Galápagos y el continente fueron producto de una especiación alopátrica.



Especiación simpátrica

La especiación **simpátrica** es un proceso que ocurre en *ausencia de una barrera geográfica* y en un mismo territorio. Se observa cuando los individuos de una población presentan distintos comportamientos frente a un ambiente que es heterogéneo y con el transcurso del tiempo las dos formas pueden acumular diferencias genéticas que llevarán al origen de dos especies [FIG. 45].



[FIG. 45]

El cultivo de manzanas llevó a que la mosca *Rhagoletis* diera origen a dos especies distintas, según la alimentación de manzanas autóctonas o foráneas.

Coevolución de plantas e insectos

Las plantas presentan distintos medios por los cuales la gameta masculina alcanza a la gameta femenina para que se produzca la *fecundación*.

A lo largo de la historia evolutiva, es probable que en ciertos casos la *polinización* por insectos haya resultado más eficiente que por viento [FIG. 46].

Algunas plantas con determinadas características habrían sido más visitadas por estos animales. Por lo tanto, fueron más polinizadas y produjeron mayor cantidad de semillas. A dicho proceso donde dos especies establecen interacciones tan estrechas que se afectan entre sí y actúan de manera simultánea y selectiva, se lo denomina **coevolución**.

[FIG. 46]

Las abejas, con rápidas contracciones de sus músculos, producen un zumbido que hace vibrar las anteras de la flor, lo que permite la salida del polen.



Guía de estudio

1. ¿Cómo se relacionan los términos adaptación y especiación? ¿Cómo influye el ambiente sobre estos procesos?
2. ¿En qué se diferencian la especiación alopátrica y simpátrica?

Como predadores y presas

En este capítulo estudiaron el proceso de evolución en las especies. Con el siguiente ejemplo podrán asociar lo aprendido con la dinámica de la relación predador-presa y suponer en el tiempo qué consecuencias traería.

Materiales

- Colitas de pelo de distintos colores (delgadas y lisas)
- Espacio abierto con pasto y tierra
- Cronómetro o reloj
- Lápiz
- Papel



Procedimiento

- Recolecten aproximadamente 30 colitas de pelo. Tengan en cuenta que 10 de ellas deben ser de color verde o marrón, y las otras 20 de algún color llamativo, como rojo, amarillo o naranja.
- Seleccionen a un compañero y pídanle que se aleje momentáneamente. Él será el detector de las colitas.
- Desparramen las colitas de manera azarosa sobre el pasto (en no más de un metro cuadrado). El compañero seleccionado no deberá ver cómo las distribuyen.

- Llamen al compañero y durante un minuto este debe juntar la mayor cantidad posible de colitas.
- Cuenten y anoten cuántas encontró de cada color.
- Realicen el mismo procedimiento con cinco compañeros. Tengan en cuenta que deben reponer las colitas levantadas, esparcirlas nuevamente y registrar cuántas colitas levantó cada uno.

Observaciones y conclusiones

- ¿Qué color fue el más recolectado? Para ello deben sumar los valores de todos los compañeros que participaron.
- ¿Por qué piensan que uno de los colores fue el que se detectó más? ¿Cuál habrá sido el color más adaptativo para ese ambiente? ¿De qué manera el color incrementa o disminuye la "supervivencia de las colitas"?
- ¿Qué ocurriría si se extinguieran los predadores? ¿Y si se distribuyeran las colitas sobre un suelo rojo?