



## Programa de Apoyo al Egreso (PAE)

Cuaderno de Trabajo para la Asignatura de

# Biología



Plan actualizado (2016)

**Elaboraron:**

Valeria Isabel Cuellar

Sánchez Roberto López García

**2021**

## Índice

PRESENTACIÓN .....	4
INSTRUCCIONES PARA SU UTILIZACIÓN .....	5
APRENDIZAJES Y TEMÁTICAS .....	6
Unidad I. ¿Cómo se explica el origen, evolución y diversidad de los sistemas biológicos? .....	8
Origen de los sistemas biológicos.....	8
Explicaciones acerca del origen de la vida. ....	8
Teoría quimiosintética.....	13
Modelos precelulares.....	19
Teoría de endosimbiosis.....	25
Evolución biológica .....	29
Evolución .....	29
Aportaciones de las teorías al pensamiento evolutivo. ....	31
Escala de tiempo geológico .....	36
Evidencias de la evolución.....	45
Especie biológica.....	59
Diversidad de los sistemas biológicos .....	64
Características generales de los dominios y los reinos .....	64
Unidad 2. ¿Cómo interactúan los sistemas biológicos con su ambiente y su relación con la conservación de la biodiversidad? .....	71
Estructura y procesos en el ecosistema.....	71
Niveles de organización ecológica .....	71
Componentes bióticos y abióticos .....	79
Relaciones intra – interespecíficas.....	84
Niveles tróficos y flujo de energía.....	88
Biodiversidad y conservación biológica.....	99
Concepto de biodiversidad .....	99
Impacto de la actividad humana en el ambiente. ....	104
Desarrollo sustentable.....	110
Formas e instrumentos de evaluación.....	120

Valoración del profesor de los resultados obtenidos .....	120
Literatura .....	122
Imágenes:.....	126

## **PRESENTACIÓN**

El propósito de este cuaderno de trabajo es apoyar la labor docente en el Programa del Apoyo al Egreso (PAE) de Biología II con materiales que permitan el trabajo individual y colaborativo. Se otorga una herramienta para apoyar al alumnado para que pueda lograr los aprendizajes y desarrollar las habilidades que se plantean en el Programa de Estudio para Biología II.

Al ser una materia de 4º semestre, esta herramienta puede ser crucial para algunos alumnos, ya que puede permitirles el acceso a la parte biológica-científica de la cultura general, ya que puede que no todos elijan Biología como materia optativa en los siguientes semestres. Podrá leer los textos incluidos para poder reconocer y recuperar los aprendizajes que no logró durante el curso ordinario y posterior a las lecturas se presentan actividades de refuerzo. El cuaderno de trabajo también se puede emplear en el curso ordinario, ya que su estructura así lo permite.

## **INSTRUCCIONES PARA SU UTILIZACIÓN**

Este cuaderno de trabajo se ha planteado como apoyo al alumnado y al profesorado para cubrir el programa de Biología II en el marco del Programa del Apoyo al Egreso (PAE), ayudando al alumnado a desarrollar varias habilidades, a la vez que se pretende lograr los aprendizajes del programa de aprendizaje. Esto no significa que estas actividades sean exclusivamente para PAE, pues se pueden implementar en un curso ordinario si se considera apropiado por quien revise este material.

La estructura se ha planteado considerando las dos unidades del programa de Biología II. En cada unidad se encuentran marcados los aprendizajes acompañados de la temática y sub-temática que le acompañan en el programa, así como de una lectura pertinente a estas últimas. Después de las lecturas se encuentran una o más actividades orientadas a que se logre el aprendizaje mediante el desarrollo de preguntas e investigaciones.

Al inicio de cada aprendizaje se encuentra una breve sugerencia de evaluación que toma en cuenta una evaluación diagnóstica en la que se involucra la participación individual o grupal. También se sugiere una actividad para una evaluación formativa para poder otorgar una calificación al término del curso, o como apoyo para otorgar una. Posterior a las lecturas se recomiendan una o más actividades que pretenden reforzar lo leído, y se sugiere tomar estas actividades a modo de evaluación formativa y con esto dar retroalimentación al alumnado sobre su aprendizaje.

## APRENDIZAJES Y TEMÁTICAS

A continuación, se presentan los aprendizajes y las temáticas que plantea el Programa de Estudio para la asignatura de Biología II.

Unidad 1. ¿Cómo se explica el origen, evolución y diversidad de los sistemas biológicos?	
Propósitos: Al finalizar, el alumno: Identificará los procesos que han favorecido la diversificación de los sistemas biológicos a través del análisis de las teorías que explican su origen y evolución para que comprenda que la biodiversidad es el resultado del proceso evolutivo	
Aprendizajes	Temática
	1. Origen de los sistemas biológicos
Reconoce distintas teorías sobre el origen de los sistemas biológicos, considerando el contexto social y etapa histórica en que se formularon.	❖ Explicaciones acerca del origen de la vida.
Identifica que la teoría quimiosintética permite explicar la formación de los precursores de los sistemas biológicos en las fases tempranas de la Tierra.	❖ Teoría quimiosintética.
Describe los planteamientos que fundamentan el origen evolutivo de los sistemas biológicos como resultado de la química prebiótica y el papel de los ácidos nucleicos.	❖ Modelos precelulares
Reconoce la endosimbiosis como explicación del origen de las células eucariotas.	❖ Teoría de endosimbiosis
	2. Evolución biológica
Identifica el concepto de Evolución biológica.	❖ Evolución
Reconoce las aportaciones de las teorías de Lamarck, Darwin–Wallace y Sintética, al desarrollo del pensamiento evolutivo.	❖ Aportaciones de las teorías al pensamiento evolutivo
Relaciona los eventos más significativos en la historia de la vida de la Tierra con la escala del tiempo geológico.	❖ Escala de tiempo geológico
Aprecia las evidencias paleontológicas, anatómicas, moleculares y biogeográficas que apoyan las ideas evolucionistas.	❖ Evidencias de la evolución

Identifica el concepto de especie biológica y su importancia en la comprensión de la diversidad biológica.	❖ Especie biológica
	3. Diversidad de los sistemas biológicos
Conoce los criterios utilizados para clasificar a los sistemas biológicos en cinco reinos y tres dominios.	❖ Características generales de los dominios y los reinos.
Unidad 2. ¿Cómo interactúan los sistemas biológicos con su ambiente y su relación con la conservación de la biodiversidad?	
Propósitos: Al finalizar, el alumno: Describirá la estructura y funcionamiento del ecosistema, a partir de las interacciones que se presentan entre sus componentes, para que reflexione sobre el efecto que el desarrollo humano ha causado en la biodiversidad y las alternativas del manejo sustentable en la conservación biológica.	
	1. Estructura y procesos en el ecosistema
Identifica los niveles de población, comunidad, ecosistema, bioma y biosfera en la organización ecológica.	❖ Niveles de organización ecológica
Reconoce los componentes bióticos y abióticos, así como su interrelación para la identificación de distintos ecosistemas.	❖ Componentes bióticos y abióticos
Identifica las relaciones intra e interespecíficas que se pueden dar en los ecosistemas.	❖ Relaciones intra – interespecíficas.
Describe el flujo de energía y ciclos de la materia (carbono, nitrógeno, fósforo, azufre y agua) como procesos básicos en el funcionamiento del ecosistema.	❖ Niveles tróficos y flujo de energía
	2. Biodiversidad y conservación biológica
Identifica el concepto de biodiversidad y su importancia para la conservación biológica.	❖ Concepto de biodiversidad
Identifica el impacto de la actividad humana en el ambiente, en aspectos como: contaminación, erosión, cambio climático y pérdida de especies.	❖ Impacto de la actividad humana en el ambiente.
Reconoce las dimensiones del desarrollo sustentable y su importancia, para el uso, manejo y conservación de la biodiversidad.	❖ Desarrollo sustentable

## **Unidad I. ¿Cómo se explica el origen, evolución y diversidad de los sistemas biológicos?**

### **Origen de los sistemas biológicos**

#### **Explicaciones acerca del origen de la vida.**

**Aprendizaje:** Reconoce distintas teorías sobre el origen de los sistemas biológicos, considerando el contexto social y etapa histórica en que se formularon.

**Sugerencias de evaluación diagnóstica:** Para este aprendizaje se le sugiere al profesor hacer las siguientes preguntas al alumnado, se recomienda hacerlo de forma verbal en forma de lluvia de ideas, pero también puede ser de forma escrita:

- ¿Cómo surgió la vida en la Tierra?
- ¿En qué época se formularon las diferentes teorías sobre el origen de la vida?
- ¿Cómo crees que surgieron los seres vivos que ahora conoces?
- ¿Cómo crees que eran los primeros seres vivos que habitaron la tierra?

Como evaluación formativa se sugiere responder la actividad propuesta.

**Instrucciones:** Lee con atención el siguiente texto y después realiza la actividad propuesta.

#### **Origen de los seres vivos**

Una de las primeras personas en tratar de definir la vida fue Tales de Mileto (624-548 a.C.), quien dijo que la vida surgía de la materia original: el agua, y todo giraba en torno a esta. Por su parte, Aristóteles (384-322 a. C), creía que algunas criaturas (insectos, anguilas, ostras) aparecían espontáneamente, sin derivar de la "semilla" de otra criatura viviente. Dijo que existía un principio pasivo (la materia) y un principio activo (el alma) y que cuando el principio activo abarca el pasivo se origina la vida.



Durante mucho tiempo se creyó que los animales podrían originarse de sustancias como el barro, estiércol y otras materias inertes. Ese concepto se conoce como generación espontánea. La idea de la generación espontánea también está presente en escritos antiguos provenientes de China, India, Babilonia y Egipto. Parece que Aristóteles puede considerarse responsable de su dispersión por todo el mundo occidental, debido a la gran influencia que tuvo en nuestra cultura.

A principios del siglo XVII, Jean Baptiste Van Helmont (1577-1644) propuso una receta para la obtención de ratones por generación espontánea. La receta consistía en llenar un recipiente con trigo, tapanla con una camiseta sucia y dejarla al aire libre. El resultado era que, al cabo de 20 días, los granos de trigo se habían convertido en ratones adultos.

Más tarde, el naturalista Francisco Redi (1626-1697) sugirió que los ratones no se generaban de manera espontánea, más bien que provenían de otro sitio. Para demostrar su hipótesis realizó un experimento en el que puso trozos de carne y pescado en ocho frascos grandes de boca ancha. Cuatro de los frascos fueron cubiertos con una malla y los otros cuatro permanecieron abiertos. Al cabo de poco tiempo, la carne y el pescado se llenaron de gusanos y Redi observó que las moscas entraban y salían de los frascos que estaban abiertos, mientras que los frascos cubiertos por la malla no había ni gusanos, ni moscas. Este experimento fue importante ya que descalificaba la teoría de la generación espontánea (Figura 1).



Figura 1. Experimento de Redi que demuestra que las moscas y los gusanos, no surgen espontáneamente de la carne podrida. (Tomado de Biggs *et al.*, 2012).

Durante el siglo XVIII, con el desarrollo de la microscopía muchos científicos creían que las levaduras, bacterias y otros microorganismos recién descubiertos eran responsables de la generación espontánea.

El sacerdote inglés John Needham (1719-1781) realizó una serie de experimentos a favor de la generación espontánea. Calentó caldo de carne en diversos recipientes y los selló; al cabo de unos días, el alimento se había descompuesto, por lo que sostuvo que la vida surgía de materia no viviente.

Por la misma época, el naturalista Lazzaro Spallanzani (1729-1799) repitió los experimentos de Needham, también preparó un caldo, pero no sólo lo calentó antes de sellarlo, sino que lo hirvió por un tiempo prolongado para matar a los microorganismos que pudieran estar presentes. De esta forma demostró que el caldo se mantenía intacto mientras no tuviera contacto con el aire.

Needham no estaba de acuerdo con los resultados de Spallanzani, ya que él consideraba que las altas temperaturas destruían el “espíritu vital” que hacía posible la vida; mientras que Spallanzani sostenía que lo único que la cocción destruía eran las esporas bacterianas y no un principio “místico” de vida.

En el siglo XIX, el químico y biólogo Louis Pasteur (1822-1895) puso fin a la idea de generación espontánea con un experimento en el que colocó en un frasco de cristal diferentes caldos. Después torció el cuello de los frascos de cristal de manera que quedaran curvos. Hirvió el líquido durante unos minutos y lo dejó enfriar. En el cuello curvo del frasco se acumulaba una pequeña cantidad de polvo, pero, aunque el líquido estaba en contacto con el aire, este no se alteraba. En cambio, si se rompía el cuello del frasco, el líquido se enturbiaba o “echaba a perder” en poco tiempo (Figura 2).

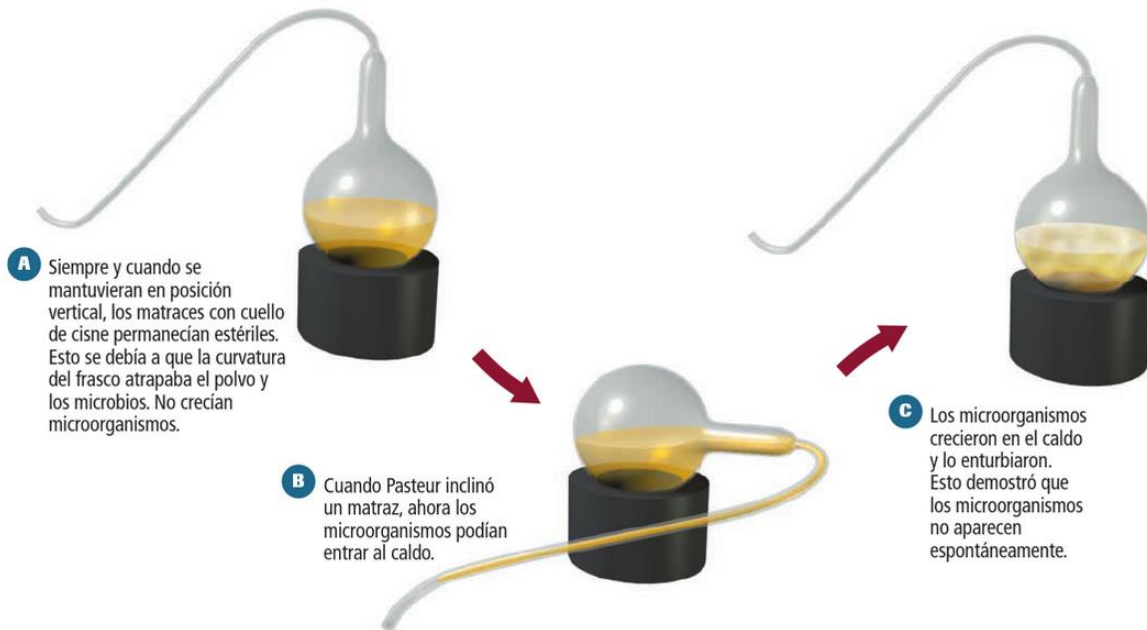


Figura 2. Experimento de Pasteur. (Tomado de Biggs *et al.* 2012).

Después de Pasteur, la gente empezó a admitir que la vida solo puede provenir de otra vida y se conoce como biogénesis, una piedra angular de la biología moderna.

**Actividad 1.** De acuerdo a la lectura contesta lo que se solicita.

¿Crees que el experimento de Redi aclara definitivamente el problema de la generación espontánea? Justifica tu respuesta. \_\_\_\_\_

---



---



---



---



---

¿Por qué razón crees que en la “receta para ratones” de Van Helmont aparecían ratones adultos y no crías? \_\_\_\_\_

---



---



## Tema 1. Origen de los sistemas biológicos

### Teoría quimiosintética.

**Aprendizaje:** Identifica que la teoría quimiosintética permite explicar la formación de los precursores de los sistemas biológicos en las fases tempranas de la Tierra.

**Sugerencias de evaluación diagnóstica:** Para este aprendizaje se recomienda al profesor hacer una lluvia de ideas que tenga que ver con la edad de la Tierra y la formación de la vida en la misma.

Como evaluación formativa se sugiere responder la actividad propuesta

**Instrucciones:** Lee con atención el siguiente texto y posteriormente realiza la actividad propuesta.

### Teoría quimiosintética del origen de la vida.

La teoría más aceptada para explicar el origen de la vida es la teoría quimiosintética, propuesta de forma independiente por Alexander I. Oparin y J. B. S. Haldane.

La teoría quimiosintética postula que la vida pudo haberse originado al principio en la Tierra a través de una serie de combinaciones de sustancias químicas en el pasado distante y todo sucedió en el agua. La formación de los primeros compuestos orgánicos tuvo un origen abiótico y se produjeron a partir de sustancias inorgánicas.

La teoría de Oparin-Haldane (también llamada la hipótesis de la sopa primordial) establece que la tierra se originó hace unos 5 mil millones de años, en el eón Hádico, inicialmente estaba compuesta por gases calientes y vapores químicos. Poco a poco se enfrió y se formó una costra sólida. La atmósfera primitiva contenía amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), vapor de agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), hidrógeno ( $\text{H}_2$ ) y metano ( $\text{CH}_4$ ), en ese momento no había oxígeno libre (Este tipo de atmósfera, con metano, amoníaco e hidrógeno, todavía se encuentra en Júpiter y Saturno). Lluvias intensas cayeron sobre la superficie caliente de la tierra y durante un período muy largo aparecieron los cuerpos de agua que aún contenían agua caliente. El metano y amoníaco de la

atmósfera se disolvieron en el agua de los mares primitivos. En estos mares, se produjeron reacciones químicas que dieron lugar a aminoácidos, bases nitrogenadas, azúcares y ácidos grasos que luego reaccionaron y se combinaron para dar lugar a biomoléculas de la vida como proteínas y ácidos nucleicos.

La síntesis abiótica forma moléculas orgánicas a partir de materiales inorgánicos, este es un proceso de evolución química.

Para que la evolución química sucediera, debió haber fuentes de energía, éstos se cree que fueron los rayos ultravioleta, descargas eléctricas (relámpagos) o calor (Figura 3). Ya sea sola o una combinación de estas fuentes de energía causaron reacciones que produjeron compuestos orgánicos complejos como los aminoácidos) a partir de una mezcla de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) e hidrógeno ( $\text{H}_2$ ).

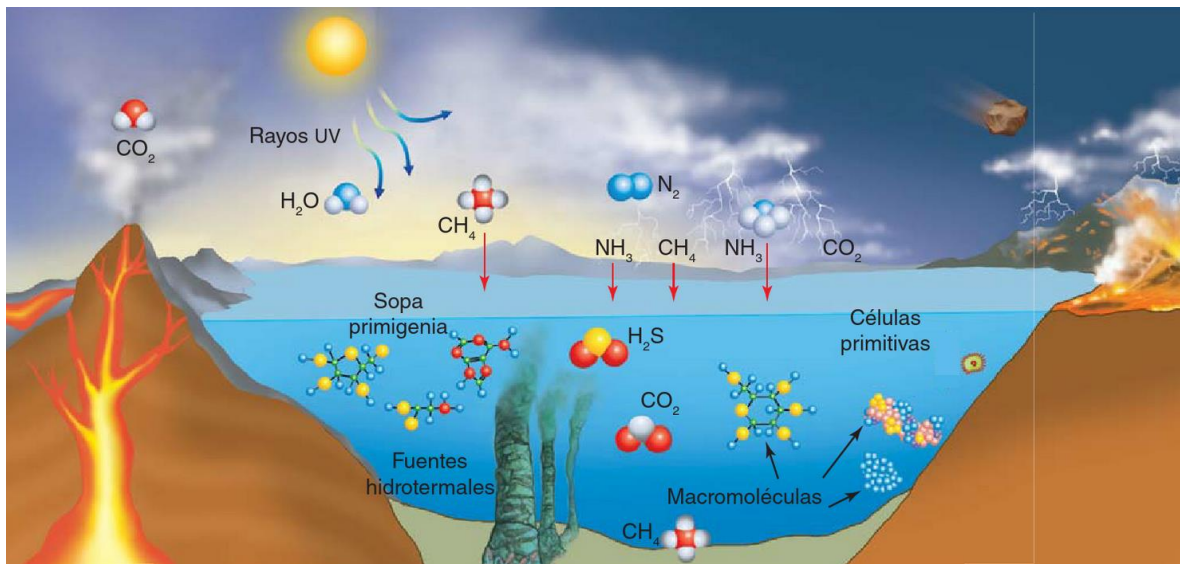


Figura 3. Teoría quimiosintética de la vida. De acuerdo a esta teoría, la vida se originó en una sopa primigenia en la cual se combinaron un sinnúmero de sustancias químicas. (Tomado de De Erice, 2012).

Esas moléculas orgánicas simples se combinaron para formar moléculas grandes que incluyen péptidos (que conducen a la formación de proteínas), azúcares, almidón y moléculas de grasa.

Las grandes moléculas de diferentes tipos se combinaron para formar moléculas más complejas. Algunas moléculas de grasa simples se organizaron alrededor de este complejo molecular en una especie de membrana. En experimentos de laboratorio se observó que cuando tales complejos alcanzaron un cierto tamaño se separaron de la solución circundante de alto peso molecular que denominaron sistemas precelulares de tamaño microscópico, que probablemente fueron los precursores de las primeras células.

Ahora, algún tipo de "metabolismo" pudo ocurrir dentro de estos sistemas precelulares con síntesis de ciertas sustancias y descomposición de otras. El último (es decir, las reacciones de ruptura) podrían proporcionar energía.

Algunas de las primeras proteínas formadas podrían haber actuado como enzimas y habrían afectado las tasas de reacción. También se cree que las moléculas de RNA pueden haber mostrado actividad enzimática en la "sopa primordial" de compuestos químicos. Semejantes moléculas se han denominado ribozimas.

En la última etapa, algún tipo de nucleoproteínas o ácidos nucleicos pudo haber evolucionado por combinaciones aleatorias que le pudieron haber proporcionado dos propiedades más a los coacervados. Éstas incluyen: (i) reacciones químicas de los ácidos nucleicos, y (ii) la capacidad de reproducirse mediante la duplicación de los ácidos nucleicos. Así, se produjeron células que podrían llamarse la vida primordial más simple.

Las formas de vida primitivas, eran todas heterótrofas, incapaces de fabricar su propio alimento derivado del medio ambiente; y anaerobias, porque la atmósfera carecía de oxígeno libre.

Uno de los innumerables cambios en la composición genética de los heterótrofos primitivos condujo a la formación de las moléculas de clorofila (materia colorante que le da el color verde de las hojas).

Las unidades de vida que contuvieron clorofila por primera vez comenzaron a utilizar energía solar para la producción de alimentos y por primera vez se comenzó a liberar oxígeno libre en la atmósfera.

A partir de entonces, una amplia variedad de organismos surgió a través de la evolución biológica.

En 1953, Stanley Miller y Harold C. Urey en 1953 establecieron un experimento con un aparato hermético en el que cuatro gases ( $\text{NH}_4$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ ) fueron sometidos a una descarga eléctrica durante una semana. Al analizar el líquido, encontraron una variedad de sustancias orgánicas en él, como aminoácidos, urea, ácido acético y ácido láctico (Figura 4).

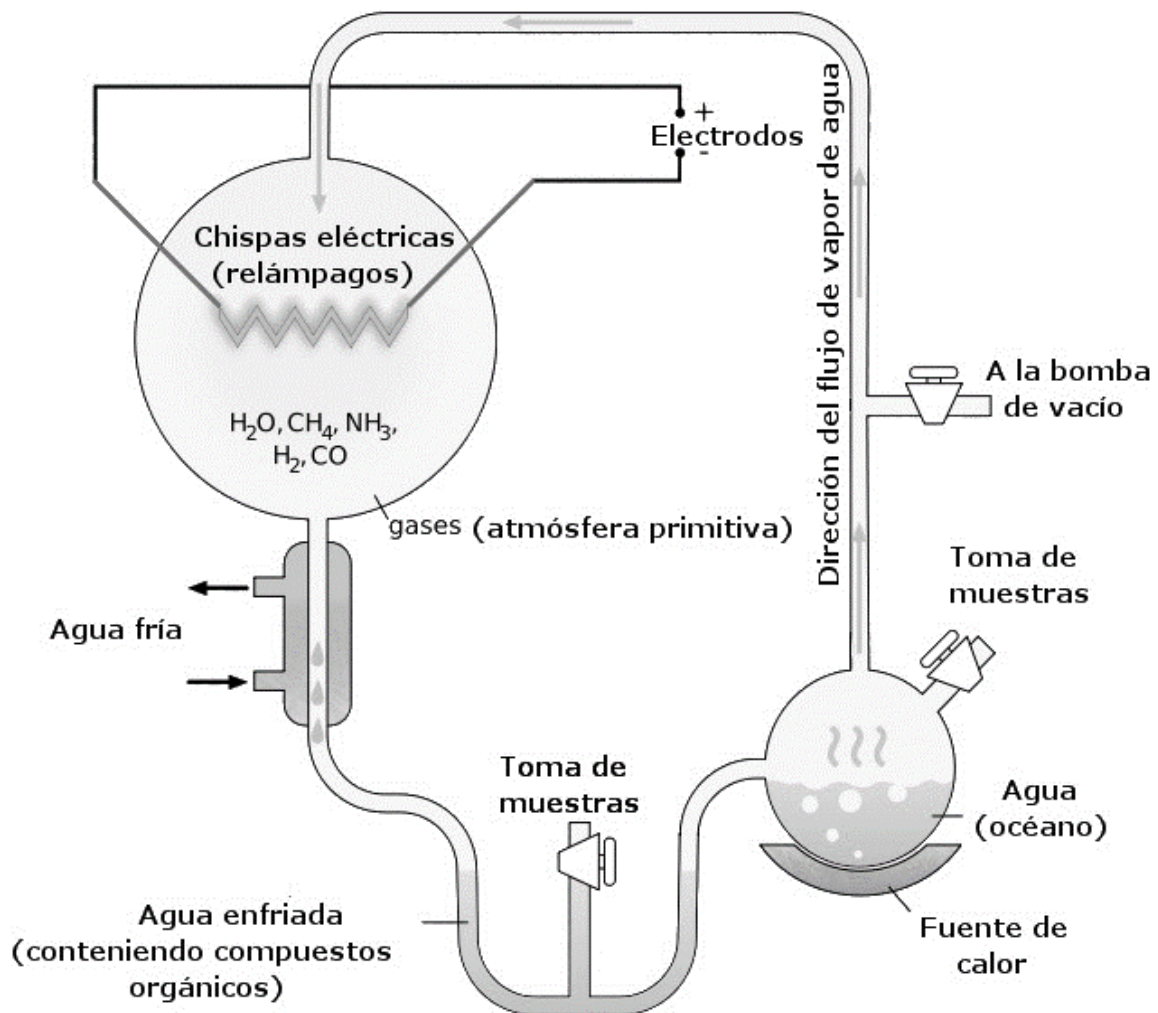


Figura 4. El aparato utilizado por Stanley Miller y Harold C. Urey para demostrar la síntesis de aminoácidos en las condiciones que existían en la tierra primitiva. (Modificado de Wikimedia Commons).



Este experimento ha sido replicado muchas veces utilizando otras combinaciones de gases y han tenido como resultado las mismas moléculas que Miller-Urey, además de 22 aminoácidos.

**Actividad 2.** De acuerdo a la lectura y la investigación que realices, contesta las siguientes preguntas.

1. Aproximadamente, ¿hace cuántos años se formó la tierra? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. ¿Quién propuso la teoría quimiosintética del origen de la vida? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3. Nombra los cuatro gases presentes en la atmósfera primitiva de la Tierra

\_\_\_\_\_

4. Nombra una fuente de energía que fue utilizada para combinar compuestos químicos en la atmósfera primitiva.

\_\_\_\_\_

5. Explica dónde se originó la vida, ¿en el agua o en tierra?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

6. Menciona dos de los primeros compuestos orgánicos que se formaron en la Tierra primitiva.

---

---

---

7. Nombra a los científicos que, experimentalmente, trataron de verificar la teoría de quimiosintética del origen de la vida.

---

---

---

---

## Origen de los sistemas biológicos

### Modelos precelulares.

**Aprendizaje:** Describe los planteamientos que fundamentan el origen evolutivo de los sistemas biológicos como resultado de la química prebiótica y el papel de los ácidos nucleicos.

**Sugerencias de evaluación diagnóstica:** Para este aprendizaje se recomienda al profesor hacer preguntas generadoras como:

¿Qué tipo de vida fue la primera en la Tierra?

¿Qué célula surgió primero, procariota o eucariota?

Como evaluación formativa se sugiere responder la actividad propuesta que se encuentra al final de la lectura.

**Instrucciones:** Lee con atención el siguiente texto y después complementa la actividad propuesta.

### Los modelos precelulares

La formación abiótica de los polímeros ocurrió en los charcos que se encontraban en las orillas de los mares primitivos, junto con grandes cantidades de otras sustancias orgánicas.

Estos polímeros se llegaron a formar, probablemente, debido a hidrataciones y deshidrataciones que ocurrían en las playas, de donde eventualmente eran arrojados al mar para seguir absorbiendo material orgánico y acumularlo en su interior en grandes concentraciones. Así, aunque originalmente estuvieran formados por compuestos relativamente sencillos, el intercambio de materia y energía con el medio ambiente, permitía la síntesis de moléculas más complejas.

Este tipo de sistemas que antecedieron a la formación de las primeras células, representan un cambio fundamental en la organización de la materia, que puede ser estudiada a partir de modelos que pueden formarse en condiciones de laboratorio, como los coacervados, las microesférulas proteicas, sulfobios y colpoides.

### **Modelo precelular: Los coacervados**

Este modelo fue originalmente sugerido por el químico holandés B. Jong en 1953 y demostró que, mezclando dos soluciones como proteínas y carbohidratos, se podían obtener gotas microscópicas donde las moléculas se agregaban como resultado de cargas eléctricas opuestas. Los coacervados, como los llamó Jong, quedaban suspendidos en la matriz líquida, en la cual se daba una disminución notable en la concentración de las macromoléculas a medida que estas se iban acumulando.

Oparin se dedicó a investigar las propiedades de los coacervados, proponiéndolos como un modelo de evolución prebiológica y logró demostrar que, en diversos tipos de coacervados, formados a partir de sustancias como proteínas, carbohidratos y ácidos nucleicos, ocurrían una serie de procesos físicos y reacciones químicas relativamente complejas.

Uno de los resultados más importantes que encontraron Oparin y colaboradores es la demostración de que en el interior de un coacervado pueden ocurrir reacciones químicas que llevan a la formación de polímeros. Esto se debe a que un coacervado cambia materia y energía con el medio ambiente.

En otros experimentos Oparin logró demostrar que, a partir de coacervados preparados con clorofila, se podían lograr reacciones de oxidación-reducción en presencia de luz.

### **Modelo precelular: Microesférulas proteicas**

Modelo propuesto por Sidney W. Fox, quien planteaba que las primeras células fueron directamente precedidas por lo que él nombró microesférulas proteicas, pequeñas gotas que se forman en soluciones concentradas de proteinoides con dimensiones comparables a las de una célula típica. Estas esferas son muy resistentes y se forman fácilmente y en grandes cantidades a partir de aminoácidos que se polimerizan por acción del calor; disueltos en agua hirviendo, dan lugar a las microesférulas al enfriarse la solución, en condiciones adecuadas de pH y de concentraciones salinas. Presentan una gran similitud morfológica con las células y

se pueden unir en largas cadenas semejantes a las que forman algunas bacterias, aunque en muchos casos es posible encontrarlas aisladas. Presentan fenómenos osmóticos, es decir que disminuyen su tamaño en soluciones hipertónicas y se hinchan en soluciones hipotónicas, lo que sugiere la presencia de una membrana semipermeable.

Fox y colaboradores lograron preparar microesférulas que muestran una organización granular en su interior. En este punto surge una pregunta, ¿cómo se comparan entre sí las propiedades de los coacervados y de las microesférulas si ambos son modelos precelulares? La respuesta a esta pregunta, es difícil de contestar.

Los coacervados son mucho menos estables que las microesférulas, que exhiben propiedades catalíticas internas mucho más simples que las señaladas para los primeros, además de que pueden acelerar reacciones químicas cuando se forman a partir de protenoides que poseen actividades catalíticas, y en general, parecen conservar las propiedades químicas de los polipéptidos que las forman.

### **Modelo precelular: Sulfobios y colpoides**

El científico mexicano Alfonso L. Herrera (1868-1943), trató también de explicar el origen de la vida. A principios de la década de 1930, comenzó a experimentar con una serie de estructuras minúsculas, con apariencia de microorganismos, que formaba a partir de la mezcla de diferentes proporciones de sustancias como aceite, gasolina y diversas resinas. De esta forma, logró obtener gran variedad de estructuras, algunas de las cuales fueron identificadas como diversas especies de microorganismos. Herrera estructuró la teoría de la plasmogenia, con la cual pretendía explicar la aparición de los primeros organismos. En 1942 publicó un artículo en el que describió la formación de lo que llamó sulfobios, que eran microestructuras organizadas con apariencia de células, formadas a partir de tiocianato de amonio y formalina. También hizo del conocimiento público la síntesis de dos aminoácidos y de otros productos de condensación, incluyendo algunos pigmentos.

Sin embargo, los experimentos de Herrera no lograron la reproducción de los sulfobios ni proporcionaban criterios en torno al origen de las enzimas y el metabolismo, estas cuestiones estaban a fin tan poco definidas en su tiempo, que difícilmente hubiera podido ni siquiera plantearlas. Por otra parte, aun cuando es poco probable que los sulfobios y los colpoides, otros modelos precelulares sugeridos por Herrera, representen estructuras que hayan antecedido a las primeras células, son un ejemplo de un nivel de organización de la materia a partir de grados más sencillos, y en este sentido son de interés histórico, filosófico y metodológico, al atacar el problema del origen de la vida desde un punto de vista estrictamente materialista y por haber sido el primer investigador contemporáneo que utilizó sustancias que no eran de origen biológico y cuya importancia prebiológica no ha sido comprendida sino hasta muy recientemente.

### **Formación de las membranas**

El estudio de los modelos precelulares demuestra la importancia de aislar el interior de las gotas de coacervados o microesferulas del medio externo, permitiendo el intercambio de materia y energía. Este tipo de funciones, junto con otras más complejas, las realizan actualmente las membranas plasmáticas, las cuales están constituidas por una bicapa fosfolipídica, aunque es probable que las primeras membranas estuvieran constituidas por ácidos grasos, polímeros orgánicos que podrían haberse formado a partir de reacciones químicas en los mares primitivos.

Se podría decir que la existencia de una frontera entre dos fases físicas diferentes, por ejemplo, el interior acuoso de un coacervado y la matriz líquida externa, implica la formación de una región de composición química y de estructura molecular características. Este fenómeno se presenta de manera espontánea cuando un sistema cualquiera surge teniendo una frontera de fases o de interfases, y lleva a la formación de una membrana. Esta no solamente separa el interior celular del medio externo, sino que dividen al primero en diferentes zonas de diversas características físicas y químicas.

La naturaleza de las membranas que se forman en las estructuras precelulares depende de las moléculas presentes, como lípidos, proteínas, polisacáridos o

polinucleótidos presentes en los mares primitivos, algunas de estas moléculas presentes en las lagunas y pequeños charcos pudieron haberse convertido en el material de donde surgieron las primeras membranas precelulares. Estas moléculas se pudieron haber organizado espontáneamente en una red estructural alrededor de una gota rica en compuestos orgánicos.

Otra idea que se ha sugerido es que en los mares primitivos existía una acumulación de lípidos o de hidrocarburos que se encontraban en la superficie del agua. Por efecto de las olas y el viento, se pudieron haber colapsado, formando gotas que poseían una membrana doble, y en cuyo interior la acumulación progresiva de sustancias orgánicas podría haber llevado a la interacción química de éstas y con el medio ambiente. Estas primeras membranas no aislaban únicamente el interior del medio externo, sino que permitieron el intercambio de materia y energía entre ambos, sirviendo al mismo tiempo como un medio sustentador donde las macromoléculas interactuaban entre sí, dando lugar a niveles de organización más complejos que permitirían la aparición posterior de los primeros seres vivos.

### **El origen del DNA**

Cuando se habla de moléculas que fueron esenciales para el surgimiento de la vida, se piensa inmediatamente en el ácido desoxirribonucleico (DNA) y las proteínas como los primeros polímeros biológicos centrales en los organismos vivientes actuales. El DNA almacena la información genética que se expresa en proteínas, que realizan funciones estructurales y catalíticas características de los organismos vivos. El ácido ribonucleico (RNA) es un eslabón entre el DNA y las proteínas; lleva la información genética codificada en el DNA a la maquinaria molecular para la síntesis de proteínas.

Un problema crucial para los estudios del origen de la vida, es la especulación y comprobación de que los primeros organismos contenían proteínas o RNA, o ambas. En 1989 Thomas Cech y Sidney Altman ganaron el premio Nobel por su descubrimiento de que el ARN podía ser tanto un sustrato como una enzima. Desde entonces, el dilema proteína/RNA ha sido resuelto a favor del RNA, ya que se ha descubierto la actividad catalítica en ciertas moléculas del RNA, los ribosomas, lo

que indica que RNA pudo llevar a cabo la función de ambos, el RNA y las proteínas. Si esto es correcto, implicaría que los primeros organismos estaban compuestos de RNA. La vida después cambió de RNA a DNA y proteínas, porque estas moléculas son capaces de realizar las tareas de almacenamiento de información y catálisis de una manera más amplia y precisa.

**Actividad 3.** Con la información obtenida del texto, completa el siguiente cuadro.

<b>Teoría o planteamiento</b>	<b>Explicación</b>
<b>Coacervados</b>	
<b>Microesférulas proteicas</b>	
<b>Sulfobios y colpoides</b>	
<b>Origen de las membranas</b>	
<b>Origen del DNA</b>	



## Origen de los sistemas biológicos

### Teoría de endosimbiosis.

**Aprendizaje:** Reconoce la endosimbiosis como explicación del origen de las células eucariotas.

**Sugerencias de evaluación:** Como evaluación diagnóstica se recomienda pedir al alumnado que busque imágenes de la células procariota y eucariota y que identifiquen en ésta última los organelos que poseen doble membrana, así como que identifiquen dónde se encuentra el material genético. Esto con la finalidad de reforzar las partes de la lectura en donde se necesite.

Para la evaluación formativa se sugiere realizar la actividad propuesta

**Instrucciones:** Lee con atención el siguiente texto y después realiza la actividad propuesta.

### Los plastidios y cloroplastos

Los plastidios son un grupo diverso de organelos eucariotas relacionados filogenética (por su parentesco), ontogenética (por su desarrollo) y fisiológicamente (por su origen), desempeñan un papel central en el metabolismo ya que realizan los procesos de fotosíntesis, síntesis de lípidos y aminoácidos, y asimilación de nitrógeno y azufre. Están representados por más de una docena de variantes diferentes y están presentes, con muy pocas excepciones, en todas las cianobacterias, las algas, musgos, helechos, gimnospermas y células angiospermas. Su estudio y la historia de su estudio, es la base de gran parte de lo que ahora se sabe sobre fisiología vegetal y bioquímica.

Los plastidios de hoy en día son el resultado de una serie de eventos endosimbióticos; el término simbiosis hace referencia a dos organismos que viven juntos durante largos periodos de tiempo; el prefijo <<-endo>> significa <<dentro>>; que establecieron los tres linajes básicos que se ven en los organismos existentes: los llamados glaucofitos, el linaje rojo y el linaje verde.

Todos los plastidios surgieron de una endosimbiosis primaria común (la incorporación de un procariota fotosintético en una célula procariota hospedera), luego una secundaria e incluso terciaria (incorporación de un endosimbionte secundario) produjeron la diversidad observada en los tres linajes modernos que incluye las algas rojas, las algas verdes y las plantas.

Específicamente, para fines de entender la teoría endosimbiótica, debemos comprender que los cloroplastos son plastos (orgánulos eucarióticos), propios de las plantas.

### **La teoría endosimbiótica**

La teoría endosimbiótica postula que al menos algunos orgánulos en células eucariotas, mitocondrias y cloroplastos, en particular, evolucionaron a partir de organismos de vida libre como bacterias y cianobacterias.

El origen endosimbiótico de las mitocondrias y cloroplastos fue propuesto por varios científicos (C. Mereschkovsky, A. F. W. Schimper, I. E. Wallin) hacia finales del siglo XIX y principios del siglo XX. Aunque inicialmente esta teoría se abandonó, la idea revivió después del descubrimiento de moléculas de DNA en la mitocondria y cloroplastos en la década de 1960. En 1967, Lynn Margulis sugirió el origen endosimbiótico de las mitocondrias y plastidios.

Una de las evidencias del origen endosimbiótico de los cloroplastos y mitocondrias es que ambos contienen DNA propio (diferente del DNA nuclear), el cual es circular, semejante al DNA de las bacterias.

Es casi seguro que las mitocondrias y los cloroplastos evolucionaron a partir de  $\alpha$ -proteobacterias y cianobacterias, respectivamente. En el caso de las mitocondrias, se ha sugerido que evolucionaron a partir de especies similares a especies actuales de bacterias como *Rickettsia*, *Pelagibacter* o *Rhodospirillum*.

Una incertidumbre similar se refiere a los cloroplastos, con la propuesta de una especie similar a la especie *Anabena* frente a un linaje de cianobacterias antiguo desconocido. Esto es debido a la capacidad de las bacterias para compartir pequeños pedazos de genoma, que con el tiempo se pierden o se modifican.

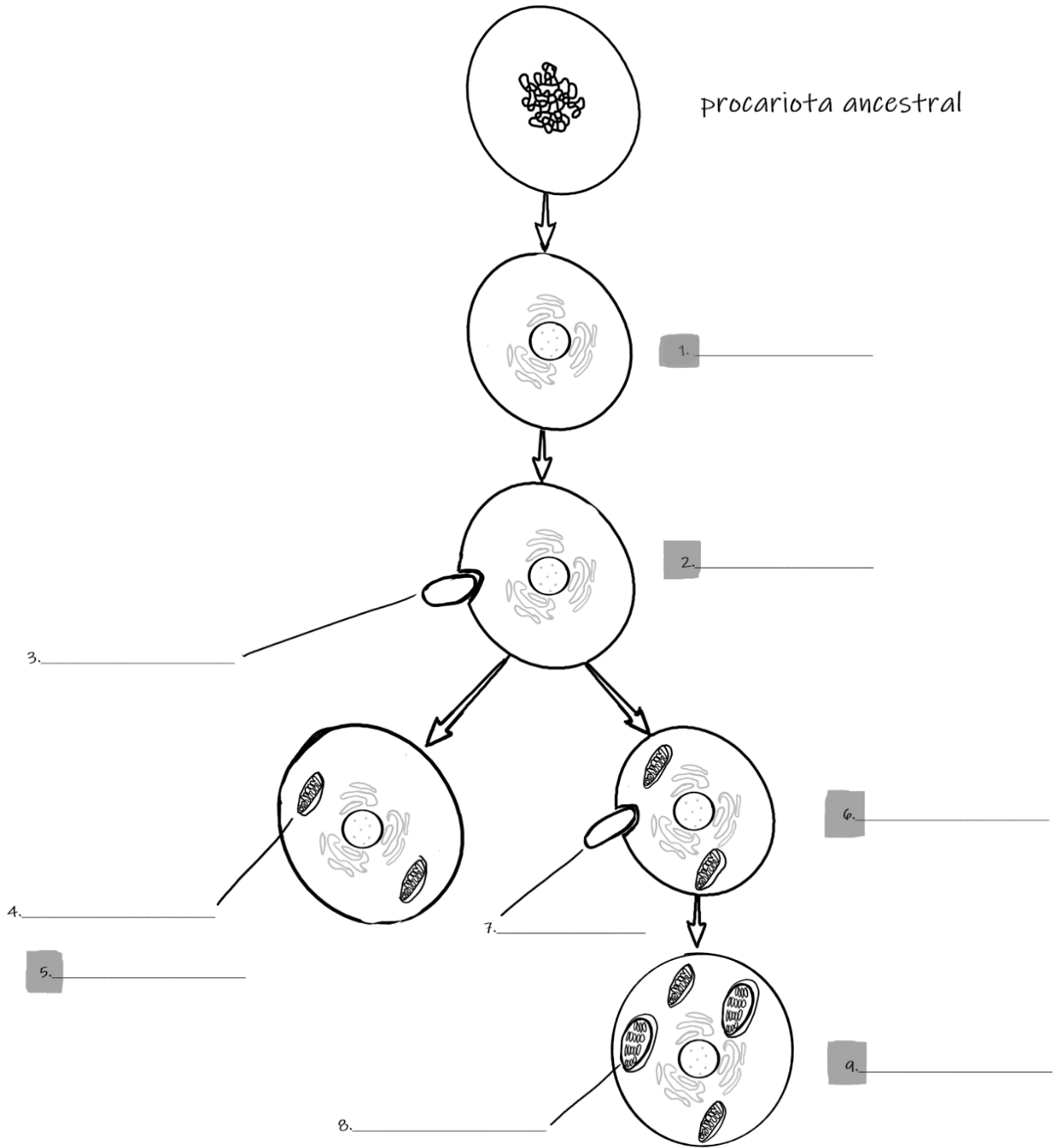
El primer paso en la evolución de las mitocondrias y los cloroplastos fue el establecimiento de endosimbiosis permanentes entre sus ancestros bacterianos y las células procariotas. Bajo el modelo tradicional, estas bacterias fueron inicialmente engullidas como alimento por células procariotas (eucariotas) y no fueron digeridas (en fagosomas (vacuola formada alrededor de una partícula asimilada por fagocitosis)). Por lo tanto, el establecimiento de endosimbiosis  $\alpha$ -proteobacterianas y cianobacterianas estables requirió perturbar el proceso de digestión al interrumpir la membrana fagosómica o modificar la vía endocitótica.

Después del establecimiento de endosimbiosis permanentes, las bacterias adquiridas comenzaron a transformarse en verdaderos orgánulos celulares. Dichas transformaciones implicaron dos procesos: la transferencia de genes del endosimbionte al genoma nuclear del hospedador y la importación de proteínas codificadas.

La mitocondria y los cloroplastos están rodeados por una doble membrana, compuestas por proteínas de canal y receptores que regulan sus funciones. Estos componentes pueden ser rastreados evolutivamente hasta los endosimbiontes originales.

**Actividad 4.** Coloca en la línea numerada el concepto que le corresponde de acuerdo a la teoría de endosimbiosis seriada. Los números con fondo gris corresponden a eventos o tipos de células.

Conceptos: eucariota fotosintética ancestral, eucariota ancestral, mitocondria, segundo evento simbiótico, primer evento simbiótico, cloroplasto, bacteria fotosintética, bacteria aeróbica, eucariota heterótrofa ancestral.



## **Evolución biológica**

### **Evolución**

**Aprendizaje:** Identifica el concepto de Evolución biológica.

**Sugerencias de evaluación:** Se recomienda a manera de diagnóstico que los alumnos escriban un párrafo breve que contenga sus ideas sobre cómo es que la fauna de hoy en día, no se parece a la fauna de hace 10 mil años.

Como evaluación formativa se sugiere realizar la actividad propuesta.

**Instrucciones:** Lee con atención el siguiente texto y después realiza la actividad propuesta.

### **La evolución biológica**

En biología, pocas ideas han cambiado tan profundamente nuestra visión de la naturaleza como la misma idea de cambio que implica la evolución de los seres vivos. Esta idea sostiene que los organismos biológicos se agrupan en unidades naturales de reproducción que denominamos especies. Las especies que ahora pueblan la Tierra proceden de especies distintas que existieron en el pasado, a través de un proceso de descendencia con ciertas modificaciones. La evolución biológica es el proceso histórico de transformación de unas especies en otras especies descendientes, e incluye la extinción de la gran mayoría de las especies que han existido. Una de las ideas contenidas en la teoría de la evolución de la vida es que dos organismos vivos, por diferentes que sean, comparten un antecesor común en algún momento del pasado.

Los humanos y cualquier chimpancé actual comparten un antepasado común que data de 5 millones de años. También tenemos un antecesor común con cualquiera de las bacterias hoy existentes, aunque el tiempo a este antecesor se remonte, en este caso a más de 3,000 millones de años.

La evolución biológica plantea un cambio en las poblaciones que trascienden la vida de un solo organismo ya que los organismos individuales no evolucionan. Los cambios evolutivos en las poblaciones son aquellos que son heredables vía material genético (DNA) de una generación a la siguiente.

La evolución biológica abarca desde sencillos cambios en la proporción de los diferentes alelos dentro de una población hasta alteraciones sucesivas que resultan en una gran diversidad biológica.

La evolución es el principio unificador de la biología, sin ella no es posible entender las propiedades distintivas de los organismos, sus adaptaciones ni las relaciones de mayor o menor proximidad que existen entre distintas especies. La evolución biológica es la explicación del origen y existencia de todo organismo en la tierra.

**Actividad 5**

Explica con tus propias palabras qué es la evolución biológica

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## **Evolución biológica**

### **Aportaciones de las teorías al pensamiento evolutivo.**

**Aprendizaje:** Reconoce las aportaciones de las teorías de Lamarck, Darwin–Wallace y Sintética, al desarrollo del pensamiento evolutivo.

**Sugerencias de evaluación:** Se recomienda a manera de diagnóstico que los alumnos escriban un párrafo breve que contenga sus ideas sobre la evolución y sus principales autores y después que uno o dos alumnos, lo lea para hacer el preámbulo del tema.

Como evaluación formativa se sugiere realizar las actividades propuestas.

**Instrucciones:** Lee con atención el siguiente texto y después realiza la actividad propuesta.

### **La teoría de Lamarck**

Uno de los primeros científicos en proponer un mecanismo para la evolución fue el biólogo francés Jean Baptiste Lamarck (1744-1829). Lamarck observó que los fósiles más antiguos tendían a ser más sencillos a diferencia de los fósiles actuales. En 1809, publicó un libro en el cual planteaba la hipótesis de que los organismos evolucionaron a través de la herencia de características adquiridas (o teoría del uso y desuso), el cual planteaba que los cuerpos de los organismos vivos se modificaban mediante el uso o falta de uso de partes, y dichas modificaciones eran heredadas por los descendientes.

Lamarck propuso que todos los organismos poseen un impulso innato a la perfección, por ejemplo, las jirafas ancestrales, para aumentar su oportunidad de alimentación, estiraban el cuello para alcanzar las hojas que crecían en lo alto de los árboles, y como resultado sus cuellos se volvían más largos, esta característica era entonces heredada a sus descendientes. Con el tiempo, este proceso produciría a las jirafas modernas con cuellos muy largos.

El Lamarckismo propone que el medio varía con el tiempo, y las especies se adecuan a los cambios, se modifican, y éstos pueden ser heredables, por lo que a través del tiempo la población se transforma.

En la actualidad se comprende cómo funciona la herencia y puede verse que el proceso evolutivo propuesto por Lamarck no es así, ya que las características adquiridas no se heredan.

En la época de Lamarck todavía no se conocían los principios de la herencia, que propuso Gregor Mendel tiempo después, sin embargo, la propuesta de Lamarck de que la herencia tiene un papel destacado en la evolución sentó las bases para aceptación de la teoría de la evolución.

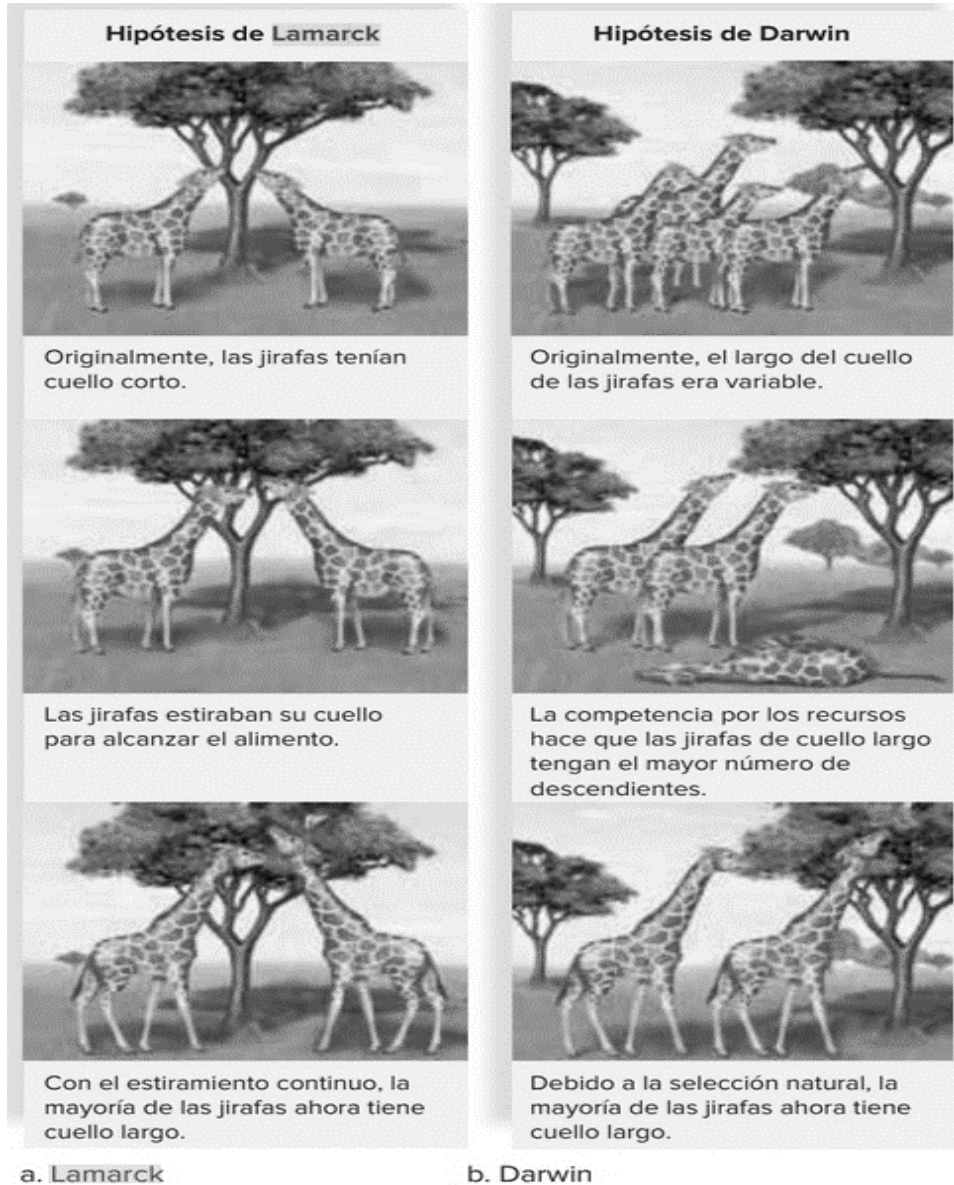


Figura 5: Comparación entre las hipótesis de Lamarck sobre el cambio evolutivo. a) Propuesta de Lamarck acerca de la herencia de características adquiridas. b) Las ideas de Darwin/Wallace desarrolladas en su teoría de la selección natural. (Tomado de Mader y Windelspecht).



## **Teoría de la evolución por selección natural**

En 1858, dos naturalistas, Charles Darwin y Alfred Russel Wallace, con experiencia en diferentes campos sobre fósiles de plantas y animales, resultado de sus viajes, y conociendo los trabajos de Lyell y Hutton sobre geología, propusieron de forma independiente a la selección natural como el mecanismo básico responsable del origen de nuevas variantes fenotípicas y, en última instancia, de nuevas especies.

En agosto de 1858, se dieron a conocer dos de las publicaciones más influyentes en la historia de la biología. Se trataba de los artículos de Darwin y Wallace, que, de acuerdo con Lyell y Hooker, contenían una "muy ingeniosa teoría para explicar la apariencia y perpetuación de variedades y de formas específicas en nuestro planeta. Aquí se presentaron por primera vez la hipótesis de la descendencia con modificación mediante selección natural. Esta hipótesis hace cinco fundamentales afirmaciones: (1) todos los organismos producen más descendencia que sus entornos pueden soportar; (2) la variabilidad intraespecífica de la mayoría de los caracteres existe en abundancia; (3) competencia por los recursos limitados, que conduce a una lucha por la vida (Darwin) o existencia (Wallace); (4) descendencia con modificaciones heredables; y (5), como resultado, surgen nuevas especies.

A diferencia de Wallace, Darwin apoyó sus argumentos con una gran cantidad de hechos, extraídos principalmente de experimentación y el registro fósil. También proporcionó observaciones directas y detalladas de los organismos existentes en sus hábitats naturales, por ejemplo, los pinzones que observó en las islas Galápagos.

Treinta años más tarde, el codescubridor de la selección natural publicó una serie de conferencias bajo el título Darwinismo, que trató los mismos temas que Darwin, pero a la luz de hechos y datos que eran desconocidos para Darwin (quien murió en 1882). Un análisis comparativo detallado de las publicaciones de Darwin/Wallace revela que las contribuciones de Wallace fueron más importantes de lo que se suele reconocer, tanto es así que la frase "el mecanismo de selección natural Darwin/Wallace" se ha propuesto para reconocer la importancia del "segundo Darwin".

Aunque Darwin es generalmente acreditado como el "autor principal" de la teoría de la evolución, Ernst Mayr señala que no es correcto para referirse a "la teoría de la descendencia con modificaciones" de Darwin, ya que la palabra "evolución" no aparece en los documentos originales de 1858.

### **Teoría sintética de la evolución (Neodarwinismo)**

En la actualidad la evolución se explica sumando las ideas de Darwin, las leyes de Mendel y los conocimientos de la genética moderna. Esto fue formulado en la década del 30 y 40 del siglo XX por científicos como Theodosius Dobzhansky, Ernst Mayr y Julian Huxley entre otros.

Algunos de los tópicos fundamentales de la Teoría Sintética son:

- Las mutaciones constituyen la materia prima de la evolución.
- Las mutaciones se producen espontáneamente, sin ningún tipo de dirección y su aparición sigue un ritmo constante.
- La recombinación cromosómica, así como la reproducción sexual, agregan variabilidad a las especies.
- Algunas mutaciones aumentarán la probabilidad de supervivencia del organismo que las posea, así como su eficacia reproductiva.
- El aumento de la capacidad de supervivencia generará una mayor posibilidad a la siguiente generación de heredar esas mutaciones favorables, las que se irán extendiendo hasta hacerse cada vez más frecuentes.
- Los cambios en las frecuencias génicas de las poblaciones son graduales y acumulativos, y pueden explicar en períodos más cortos los procesos micro evolutivos, así como en el largo plazo el desarrollo de grandes cambios estructurales. No hay más que una distinción temporal entre micro y macroevolución, ya que el mecanismo rector es el mismo.

**Actividad 6.** Contesta con una **V** si consideras que el enunciado es verdadero o una **F** si consideras que es falso.

Todos los organismos cambian para alcanzar la perfección ( )

Todos los organismos tienen un ancestro en común ( )

La teoría de selección natural explica la aparición y perpetuación de variedades y de formas específicas en nuestro planeta ( )

Los fósiles no fueron importantes para respaldar la teoría de Darwin/Wallace ( )

Darwin propuso la teoría evolutiva ( )

Las mutaciones son una de las principales fuerzas de la evolución ( )

**Actividad 7.** Explica con tus propias palabras la figura 5 sobre la teoría de Lamarck y la de Darwin-Wallace.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## **Evolución biológica**

### **Escala de tiempo geológico**

**Aprendizaje:** Relaciona los eventos más significativos en la historia de la vida de la Tierra con la escala del tiempo geológico.

**Sugerencias de evaluación:** Se recomienda a manera de diagnóstico que, mediante un pequeño escrito (los alumnos presenten la edad de la tierra, y a gran escala qué eventos recuerdan que han sucedido, como la aparición y extinción de los dinosaurios).

Como evaluación formativa se sugiere realizar la actividad propuesta y que el alumnado busque una imagen en línea con los eventos y organismos mencionados en el escrito para completar la actividad propuesta.

**Instrucciones:** Lee con atención el siguiente texto y después realiza la actividad propuesta.

### **Breve historia de la Tierra**

La tierra se formó hace 4.600 millones de años (mda), y está definida por cuatro eones. El Eón Hádico, nombrado por Hades, ya que era inhóspito, excesivamente caliente y anóxico (sin oxígeno). Si la vida comenzó aquí, habría sido destruida por impactos extraterrestres de inimaginables magnitudes y frecuencias, pero éstos también habrían traído lo esencial de la vida: agua, una atmósfera y moléculas orgánicas. La vida comenzó temprano en el eón Arcaico (3.800 mda) en un océano cálido y ferrugoso (anóxica y dominada por Fe<sub>2</sub>). El Eón del Proterozoico comenzó hace 2,500 mda. Apareció oxígeno en la atmósfera hace 2,300 mda, en lo que se conoce como el "gran evento de oxidación", en el que el oxígeno atmosférico pudo haber aumentado hasta en 2%, mientras que los océanos permanecieron esencialmente anóxicos. La evolución de las plantas modernas, hace unos 600 mda, marcó el comienzo de la Eón Fanerozoico y la tremenda biomasa que sólo podría ser soportada por energía solar y una abundancia de oxígeno atmosférico.

## **Escala de Tiempo geológico**

La escala de tiempo geológico es un sistema de referencia y comunicación para comparar rocas y fósiles de todo el mundo. La mayoría de los límites en la escala de tiempo geológico corresponden al origen o extinción de organismos específicos lo que permite determinar las edades de las rocas y de los fósiles. Por ejemplo, un paleontólogo puede llamar a su colega y decirle: "Acabo de encontrar un trilobite nuevo y asombroso del Devónico" y su colega comprenderá de inmediato en qué momento del tiempo geológico vivió ese trilobite y determinará que es de la era Paleozoica. Existen mecanismos específicos para poder datar la antigüedad de las rocas y de los fósiles para relacionarlos con el proceso evolutivo y con las extinciones que se han presentado.

Los geólogos diseñaron una escala de tiempo geológico que divide la historia de la Tierra en eones, eras, periodos y épocas. Esta escala se obtuvo a partir de la acumulación de datos procedentes de la edad de los fósiles contenidos en diferentes estratos alrededor del mundo.

El inicio de la escala de tiempo geológico comienza con el eón Hádico (primera división del Precámbrico); la diversidad de formas de vida comenzó en el periodo Precámbrico, un periodo muy largo, que comprende alrededor del 87% de la escala de tiempo geológico. Durante ese tiempo comenzaron a existir las primeras células, probablemente procariotas, que aparecieron hace aproximadamente 3,500 millones de años. Los procariotas son células relativamente sencillas: carecen de núcleo y de organelos limitados por membranas, pueden vivir en la mayoría de ambientes inhóspitos, como manantiales calientes, lagos salados y pantanos carentes de oxígeno; todos éstos podrían ejemplificar los hábitats de la Tierra primitiva. La pared celular, la membrana plasmática, la RNA polimerasa y los ribosomas de un linaje de procariotas, las arqueas, son más similares a los de los eucariotas, que a los de las bacterias.

Los primeros fósiles identificables son de procariotas complejos. Las huellas químicas de células complejas se encuentran en rocas sedimentarias del suroeste de Groenlandia, y tienen una antigüedad de 3,800 mda. Los fósiles procarióticos

más antiguos se descubrieron en la región occidental de Australia. Esos microfósiles, que datan de hace 3,460 millones de años, se parecen a las cianobacterias actuales: procariotas que realizan fotosíntesis de la misma forma que las plantas. En ese tiempo, únicamente rocas volcánicas sobresalían de la superficie marina y aún no había continentes. Peñascos de formas extrañas, llamados estromatolitos, invadían playas y aguas poco profundas. Aún es posible encontrar estromatolitos vivos a lo largo de la costa occidental de Australia.

La superficie externa de un estromatolito está viva, ya que alberga cianobacterias. Las cianobacterias que vivieron en los estromatolitos antiguos agregaron oxígeno a la atmósfera. Hace 2,000 mda, la presencia de oxígeno volvió a la mayoría de los ambientes inadecuados para los procariotas anaeróbicos.

Las cianobacterias fotosintéticas y las bacterias aeróbicas proliferaron a medida que evolucionaban nuevas rutas metabólicas. Debido a la presencia de oxígeno, la atmósfera se volvió oxidante en vez de reductora. El oxígeno en la atmósfera superior forma ozono ( $O_3$ ), que filtra los rayos ultravioleta (UV) provenientes del Sol. Antes de la formación de la capa de ozono, la cantidad de radiación ultravioleta que llegaba a la Tierra quizá ayudó a crear moléculas orgánicas, pero habría destruido cualquier organismo terrestre. Una vez que la capa de ozono estuvo en su lugar, los organismos vivos estuvieron suficientemente protegidos y fueron capaces de vivir en tierra firme.

La mayoría de los límites en la escala de tiempo geológico corresponden al origen o extinción de tipos particulares de fósiles. Por lo tanto, saber cuándo aparecieron o se extinguieron los principales grupos de fósiles es increíblemente útil para determinar las edades de las rocas. Por ejemplo, si encuentra una roca con un fósil de trilobite sobre ella, se sabrá inmediatamente que la roca es de la era Paleozoica (541 Ma a 252 Ma); conocer las especies de trilobites permite una precisión mayor ya que la datación de los fósiles se relaciona con los lugares o capas de rocas donde se localizaban y se relaciona con el proceso evolutivo y las extinciones que se han presentado en diferentes tiempos geológicos.

La sucesión de la fauna es el principio que plantea que diferentes tipos de fósiles caracterizan diferentes intervalos de tiempo. Esto se debe a que la evolución y la extinción son hechos de la naturaleza.

El principio de sucesión de fauna fue desarrollado por un topógrafo inglés llamado William "Strata" Smith (1769-1839). Mientras estudiaba capas de rocas para determinar dónde construir canales, notó que encontraba el mismo orden de especies fósiles de un lugar a otro; el Fósil A siempre se encontró debajo del Fósil B, que a su vez siempre se encontró debajo del Fósil C, y así sucesivamente (Figura 6). Al documentar estas secuencias de fósiles, Smith pudo correlacionar temporalmente capas de roca (o estratos) de un lugar a otro para establecer que las capas de roca en dos lugares diferentes son equivalentes en edad basándose en el hecho de que incluyen los mismos tipos de fósiles.

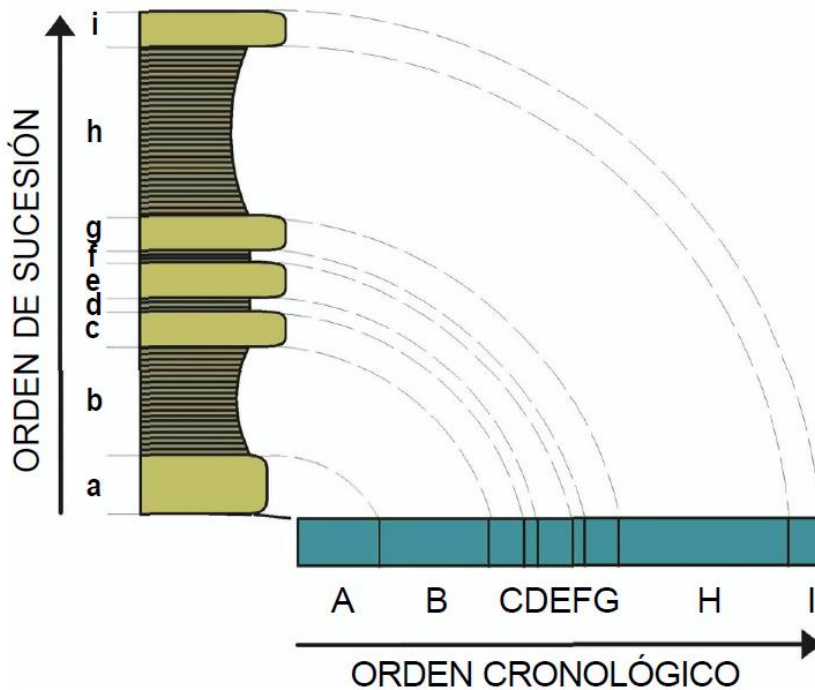


Figura 6. Principio de la superposición, los estratos más bajos de una sucesión estratigráfica fueron los primeros en depositarse y son los más antiguos. (Tomado de Fernández-López, 1997).

La correlación temporal nos ha permitido reconstruir la historia geológica de la Tierra comparando rocas y fósiles de un lugar a otro. Esto es de vital importancia porque

ningún lugar de la Tierra conserva una historia geológica completa, ni siquiera una pequeña fracción de ella.

La escala de tiempo geológico proporciona un resumen global de innumerables correlaciones temporales a pequeña escala de capas de roca realizadas a escalas locales y regionales. Se basa casi por completo en observaciones cuidadosas de la distribución de los fósiles en el tiempo y el espacio.

## **Eones**

El eón es la categoría más amplia de la escala geológica abarcando mil millones de años, se divide en cuatro eones; en orden de mayor a menor: Hádico, Arcaico, Proterozoico y Fanerozoico. El conjunto de los tres primeros se conoce como "Precámbrico". El Fanerozoico, que significa "vida visible", es el eón más joven y está caracterizado por abundantes y complejos restos fosilizados.

La Tierra tiene 4,540 millones de años (Ma), la mayor parte de la historia de la Tierra está representada por los eones Hádico, Arcaico y Proterozoico, pertenecientes al Precámbrico. Estos eones más antiguos cuentan la historia del comienzo de la Tierra, el origen de la vida, la aparición de los primeros organismos unicelulares y los pluricelulares, y el surgimiento de la vida compleja.

El Hádico (4540 – 3,800 Ma) y Arcaico (3,800 – 2,500 Ma) son eones difíciles de estudiar porque se encuentran en lugares de poco acceso, las rocas que contienen información sobre ellos se encuentran muy por debajo de las rocas más jóvenes. Las rocas del eón Proterozoico abarcan casi 2 mil millones de años (42% de la historia de la Tierra), son mucho más accesibles.

El eón fanerozoico comenzó hace 541 Ma. Por lo tanto, representa un 12% de la historia de la Tierra, es en que nos encontramos actualmente

## **Eras**

Los eones de tiempo geológico se subdividen en eras, que son las segundas unidades más largas de tiempo geológico.

La era Precámbrica que se caracteriza por la aparición de las primeras procariotas, los primeros organismos fotosintéticos, la acumulación de oxígeno en la atmósfera,



las primeras células eucariotas y organismos multicelulares y los primeros animales marinos de cuerpo blando.

El eón Fanerozoico se divide en tres eras: Paleozoica, Mesozoica y Cenozoica y la mayor parte de nuestro conocimiento del registro fósil proviene de ellas.

La era Paleozoica ("vida antigua") se caracteriza por la abundancia de trilobites, la aparición de los primeros vertebrados y el origen de las plantas terrestres.

La era Mesozoica ("vida media") representa la "edad de los dinosaurios", aunque también es cuando se dieron las primeras apariciones de mamíferos y plantas con flores.

Finalmente, la era Cenozoica ("nueva vida") a veces se llama la "era de los mamíferos" y es la era en la cual vivimos hoy.

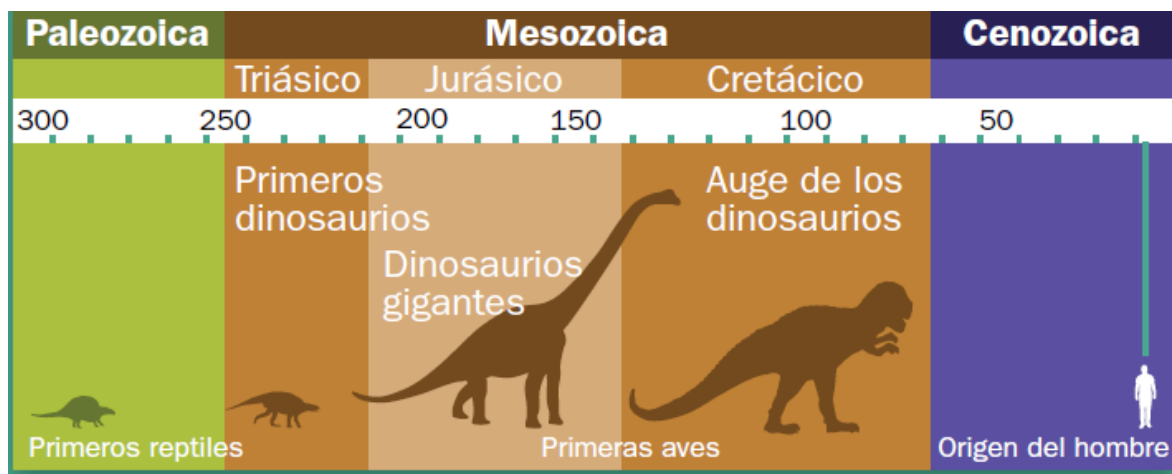


Figura 6. Representación de las tres eras del Fanerozoico. (Tomado de Cárdenas, 2017)

Los límites que separan las tres eras del eón Fanerozoico representan eventos importantes en la historia de la vida: extinciones masivas. Por ejemplo, muchos fósiles que se encuentran comúnmente en las rocas paleozoicas más jóvenes no se encuentran en las rocas mesozoicas suprayacentes. Del mismo modo, los fósiles de dinosaurios que se encuentran en las rocas mesozoicas más jóvenes nunca se vuelven a encontrar en las rocas cenozoicas suprayacentes. No es una coincidencia que algunos de los principales límites coincidan con eventos de extinción masiva.

Los eones arcaicos y proterozoicos más antiguos se dividen de manera similar en varias eras.

## **Periodos**

Las eras se dividen en unidades de tiempo llamadas periodos que varían en duración.

La era Paleozoica se divide en seis períodos: Cámbrico, Ordovícico, Silúrico, Devónico, Carbonífero y Pérmico.

El Cámbrico y Ordovícico, se consideran la “edad de los invertebrados”, ya que aparecen los primeros organismos con concha, dominan los trilobites y surgen los primeros peces, se forman arrecifes de coral y a finales del Ordovícico se presenta la primera extinción en masiva.

El Silúrico y Devónico se conoce como la “edad de los peces”, trilobites, marcada por la aparición de las primeras plantas y artrópodos terrestres y, el dominio de los peces y de donde datan los primeros insectos fósiles. A finales del Devónico se presenta la segunda extinción masiva.

El Carbonífero y Pérmico son marcados como la “edad de los anfibios”, ya que los anfibios eran abundantes, aparecieron los primeros reptiles y al final de la era paleozoica hubo una tercera extinción masiva, desaparecen los trilobites y muchos otros animales marinos, formación de Pangea.

La era Mesozoica se considera la “era de los dinosaurios” y se divide en los períodos Triásico, Jurásico y Cretácico. En el Triásico aparecen los primeros mamíferos y bosques de gimnospermas, también se presenta una extinción masiva. El Jurásico se caracteriza por el auge de los dinosaurios, las primeras aves y helechos arbóreos, se empieza a separar Pangea. Durante el Cretácico, ocurre una diversificación de las plantas con flores, la Pangea se separa y se empiezan a formar los continentes modernos y a finales de la era Mesozoica se presenta la quinta extinción masiva que ocasiona la desaparición de los dinosaurios.

Finalmente, la era Cenozoica se divide en dos períodos: el Terciario y el Cuaternario. El periodo Terciario marca la prosperidad de las aves, la diversificación

de los mamíferos, insectos, las angiospermas y la formación de los continentes actuales; se subdivide dos periodos, el Paleógeno y el Neógeno.

El período Paleógeno se divide en tres épocas: Paleoceno, Eoceno y Oligoceno, estas son representativas por la aparición de mamíferos rumiantes y carnívoros.

El Neógeno se divide en las épocas del Mioceno y Plioceno y son las que marcan la aparición de los primeros humanos.

El Cuaternario se divide en las épocas del Pleistoceno y el Holoceno.

El Cuaternario se subdivide en: Pleistoceno y Holoceno y se caracteriza por la aparición de los primeros homínidos en África como el *Homo neanderthalensis*, y el *Homo sapiens*. Durante este periodo hubo glaciaciones que provocaron la extinción varios mamíferos gigantes. En este periodo se consolidaron las poblaciones humanas por todos los continentes.

**Actividad 8.** Con la información que acabas de leer sobre la escala de tiempo geológico, completa lo siguiente. Nota: Los cuadros en gris no se llenan.

Eón	Era	Periodo	Época	Eventos significativos	
Fanerozoico		Cuaternario		_____	Actualidad ←
				_____	
		Terciario	_____	Mioceno	
	_____		Eoceno		
	_____		Paleoceno		
	Paleozoico	Jurásico			66 Ma ←
		Carbonífero			252 Ma ←
	Ordovícico				
				541 Ma ←	
				1,600 Ma ←	
				3,800 Ma ←	
				4,550 Ma ←	

## **Evolución biológica**

### **Evidencias de la evolución.**

**Aprendizaje:** Aprecia las evidencias paleontológicas, anatómicas, moleculares y biogeográficas que apoyan las ideas evolucionistas.

**Sugerencias de evaluación:** Se recomienda a manera de diagnóstico hacer unas preguntas generadoras que haga participar al alumnado, como las siguientes:

- ¿Por qué hay mamíferos acuáticos y mamíferos terrestres?
- ¿Por qué la ballena y el caballo son tan diferentes
- ¿Cuál animal terrestre crees que esté más relacionado con la ballena?

El docente les pedirá buscar en línea una imagen que explique la evolución de las aves, ya que se usará como herramienta durante la parte de evidencias fósiles.

Como evaluación formativa se sugiere realizar las actividades propuestas.

**Instrucciones:** Lee con atención el siguiente texto y después realiza la actividad propuesta.

### **La evolución como hecho documentado**

El concepto de que todos los organismos de la Tierra han evolucionado a partir de una forma de vida ancestral común por medio de transformaciones genómicas y morfológicas (evolución como tal) no fue "inventado" por Darwin o Wallace. Mayr y otros han demostrado que la idea de la evolución organísmica se remonta a varios filósofos griegos.

Igualmente, la hipótesis de las transformaciones continuas fue propuesto por numerosos autores en los siglos XVIII y XIX que son acreditados por Darwin en el primer capítulo de su libro. Sin embargo, Darwin fue el primero en resumir con coherencia las observaciones que solidificaron el concepto de evolución organísmica en una verdadera teoría científica (es decir, un sistema de hipótesis).

Cuando Darwin propuso su teoría de descendencia con ligeras y sucesivas modificaciones (evolución gradualista), el registro fósil disponible estaba todavía

muy fragmentado. De hecho, el registro fósil temprano (períodos anteriores al Cámbrico) era completamente desconocido o inexplorado.

Sin embargo, Darwin concluyó que, si su teoría de la evolución era válida, las criaturas acuáticas debieron haber existido antes de la aparición evolutiva de los primeros organismos de caparazón duro (como trilobites) en el periodo Cámbrico hace unos 550-500 millones de años. El dilema de Darwin, es decir, la aparente ausencia de registro fósil del precámbrico, fue utilizado como un argumento principal contra su propuesta.

Este dilema ya no existe. Los científicos han explorado el Precámbrico en detalle y ahora sabemos que la vida es mucho más antigua de lo que se creía en la época de Darwin. También sabemos que estas antiguas formas de vida fueron los antepasados de todos organismos posteriores en este planeta. Algunas de las pruebas para estos nuevos conocimientos son las siguientes. Geo-cronólogos utilizando técnicas como el uranio-plomo (U-Pb) -método para estimar la edad de las rocas- ahora fechan el origen del Sistema Solar en unos 4,566 ma.

### **Evidencia de la evolución**

Las evidencias de evolución más contundentes surgen del registro fósil, la anatomía comparada, la biología molecular, la biogeografía, la genética y la genómica comparada. Estas evidencias apoyan la tesis de que la vida tiene un solo origen (hipótesis de monofilia) y que las diferencias entre los organismos se producen por modificaciones sucesivas, y no por anatomías que no surgieron de un ancestro común.

### **Registros fósiles**

Los fósiles son restos mineralizados de organismos que existieron en tiempos pretéritos; son evidencias directas, como restos y rastros de la vida pasada. Los rastros incluyen senderos, huellas, madrigueras, galerías de lombrices de tierra o excretas preservadas. Por lo general, cuando un organismo muere, las partes blandas son consumidas por animales carroñeros o descompuestas por las bacterias. Ocasionalmente, el organismo es enterrado muy rápido y, de esa forma, la descomposición nunca se completa, o se completa tan lentamente que las partes

blandas dejan una huella en su estructura; así sucede, por ejemplo, con los animales o las plantas atrapados en un derrumbe o en un flujo de lodo. Sin embargo, la mayoría de los fósiles constan tan sólo de partes duras —como caparazones, huesos o dientes—porque, por lo general, no se consumen ni se destruyen.

Los fósiles transicionales guardan semejanza con dos grupos que actualmente se clasifican por separado. Con frecuencia representan las formas evolutivas intermedias de vida en la transición de un tipo de organismo a otro, o son un antepasado común de ambos. Los fósiles transicionales nos permiten rastrear la evolución de organismos en periodos relativamente largos.

Un ejemplo es que en el año 2004 un equipo de paleontólogos descubrió restos fosilizados del *Tiktaalik roseae*, (Figura 7) la forma transicional entre un pez y los cuadrúpedos o tetrápodos. Se estima que los fósiles del *Tiktaalik* tienen aproximadamente 375 millones de años de antigüedad y proceden de una época en que tal vez ocurrió la transición de peces a tetrápodos. Tal como se espera con un fósil intermedio, el *Tiktaalik* tiene una mezcla de características de peces y de tetrápodos que ilustran los pasos en la evolución de estos últimos a partir de un antepasado semejante a un pez. Por ejemplo, tiene un conjunto de branquias y aletas —con excepción de las aletas pectorales o anteriores—, las cuales muestran huesos incipientes del carpo (que conforman la muñeca), similares a los de los tetrápodos.

A diferencia de un pez, tenía cabeza aplanada, cuello flexible, ojos en la parte superior de la cabeza (como un cocodrilo) y costillas interconectadas, lo cual sugiere que poseía pulmones. Esas características transicionales sugieren que tenía la habilidad de impulsarse en el fondo de los ríos poco profundos y de ver por encima de la superficie del agua; ambas eran características útiles en los ríos donde vivían.

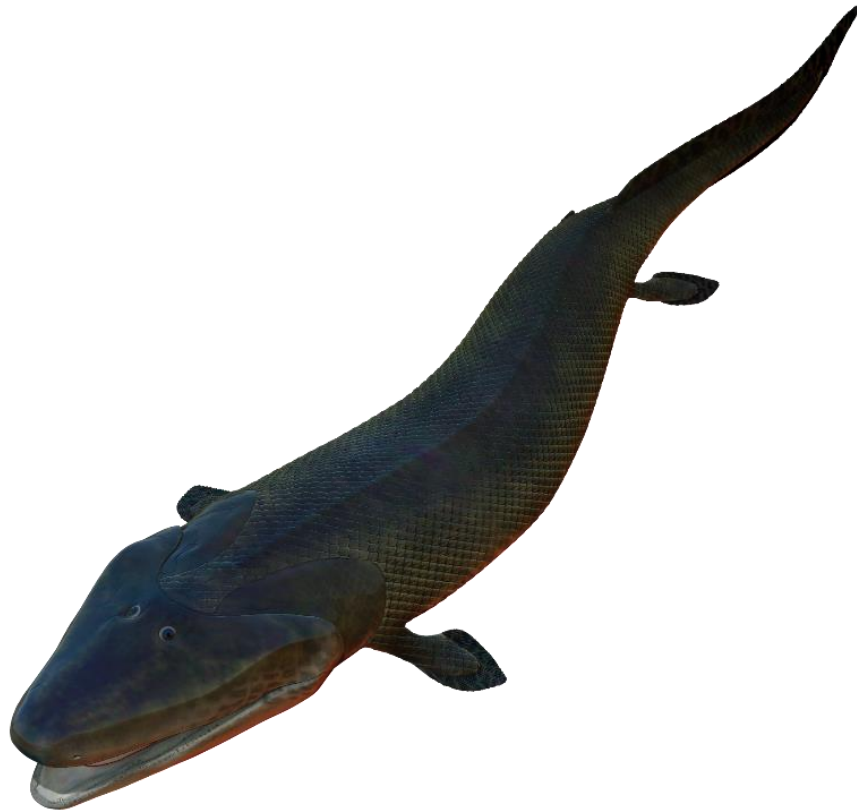


Figura 7. Reconstrucción del *Tiktaalik*. (Tomado de Wikimedia Commons)

Incluso en la época de Darwin, los científicos tenían conocimiento del *Archaeopteryx*, que es un organismo intermedio entre los dinosaurios y las aves. Actualmente se han encontrado fósiles más recientes: los restos esqueléticos del *Sinornis* sugieren que tenía alas que podía desplegar de forma perpendicular a su cuerpo, como las aves modernas, y sus patas en forma de garra tenían un dedo oponible, pero aún tenía cola.

Otro fósil, el *Confuciusornis*, poseía pico sin dientes, el primero de ese tipo que se conoce. El fósil, llamado *Iberomesornis*, tenía un hueso en el pecho al que podían adherirse poderosos músculos aptos para el vuelo. Tales fósiles muestran cómo han evolucionado las especies actuales de aves.

Se han descubierto fósiles que apoyan la hipótesis de que las ballenas tuvieron antepasados terrestres. El *Ambulocetus natans* (que significa “la ballena caminante



que nada”) era del tamaño de un enorme león marino, con patas anchas y con membranas entre los dedos de sus extremidades anteriores y posteriores, que le permitían tanto caminar como nadar. También tenía pezuñas en los dedos, así como el cráneo y los dientes primitivos de las primeras ballenas. Las ballenas modernas aún tienen una extremidad inferior vestigial que consiste en unos cuantos huesos de tamaño muy reducido.

A medida que los antepasados de las ballenas adoptaron un estilo de vida cada vez más acuático, la ubicación de la abertura nasal sufrió una transición: pasó de la punta del hocico, como en el *Ambulocetus*, a la mitad de la distancia entre la punta del hocico y el cráneo en el *Basilosaurus*, para ubicarse finalmente en la parte superior de la cabeza donde se encuentra en las ballenas modernas. Un fósil más antiguo, el *Pakicetus*, era terrestre primordialmente, pero tenía la dentadura de una ballena antigua. Un fósil más reciente, el *Rodhocetus*, tenía extremidades inferiores reducidas que no le permitían caminar ni nadar, pero que quizá le servían para tener estabilidad durante el apareamiento.

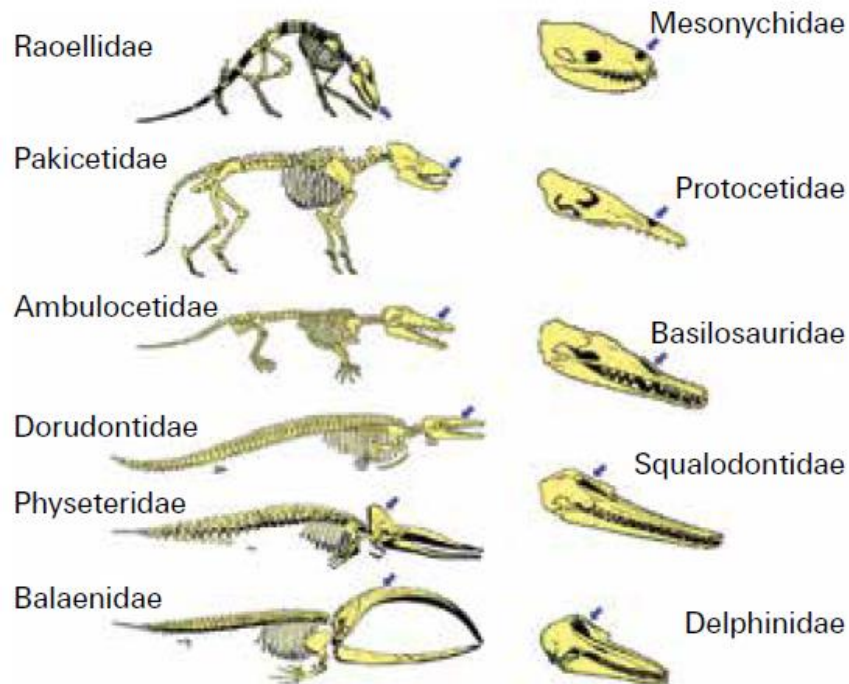


Figura 8. Evolución de las ballenas. (Modificado de Medrano *et al.*, 2019)

El origen de los mamíferos también está bien documentado. Los sinápsidos, un grupo amniota antiguo, dio origen a los pre-mamíferos. Lentamente, los organismos similares a los mamíferos adquirieron características que les permitieron respirar y comer al mismo tiempo: un diafragma muscular y una caja torácica que les ayudaba a respirar de manera eficiente. Los primeros mamíferos verdaderos eran criaturas del tamaño de las musarañas, que se han desenterrado en lechos fósiles que datan de hace 200 millones de años (Figura 9).



Figura 9. Reconstrucción del mamífero ancestral *Llaconodon hul* (Tomado de Pickell, 2019).

### **Evidencia biogeográfica**

Darwin durante su viaje a bordo del Beagle, hizo énfasis que en casos donde la geografía separa a los continentes, islas y mares, era de esperar una mezcla diferente de plantas y animales. Por ejemplo, durante sus recorridos, observó que

en América del Sur no había conejos, aun cuando el ambiente era muy adecuado para ello. Concluyó que no había conejos en América del Sur porque los conejos evolucionaron en algún otro lugar y no había medios para llegar a América del Sur. En contraste, un animal distinto, la liebre Patagónica (*Dolichotis patagonum*), invadió el nicho ambiental que los conejos ocupaban en otras latitudes.

Darwin también notó que las especies diferentes de pinzones de las Islas Galápagos no se encontraban en la masa continental de América del Sur. Una explicación razonable es que una población ancestral de los pinzones llegó a las Islas Galápagos procedente de la masa continental y, con el tiempo, evolucionó en las diferentes especies encontradas en cada isla.

En la historia de la Tierra, América del Sur, la Antártida y Australia estaban conectadas originalmente (Figura 10). Los marsupiales, mamíferos cuyas hembras poseen una bolsa corporal externa donde sus crías completan el desarrollo, evolucionaron a partir de antepasados mamíferos ovíparos. En la actualidad, los marsupiales son endémicos de América del Sur y Australia. El territorio que actualmente es Australia se separó y se alejó de otras masas de tierra. Entonces, los marsupiales se diversificaron en variadas formas, todas adaptadas a diversos entornos ambientales. Fueron libres para diversificarse porque en Australia había pocos mamíferos placentarios, cuyas crías completan su desarrollo dentro del útero materno, nutridos por la placenta.

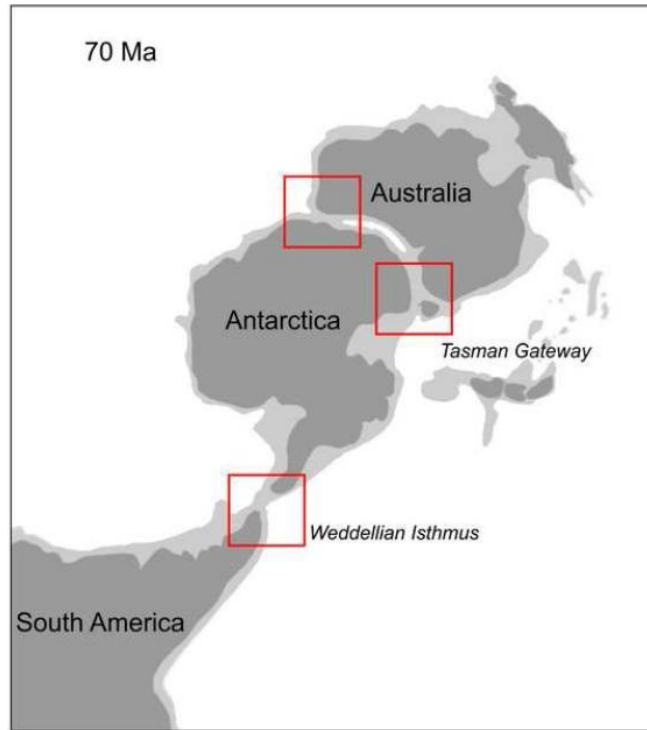


Figura 10. Proyección de la hipótesis de la conexión terrestre entre Sudamérica, Antártica y Australia (Tomado de Reguero *et al.*, 2014).

En los lugares donde los mamíferos placentarios son abundantes, los marsupiales no son tan diversos debido a la competencia. Después de la formación del Istmo de Panamá, los mamíferos placentarios fueron capaces de migrar a América del Sur. Como resultado, los mamíferos marsupiales fueron superados por los mamíferos placentarios, y la diversidad de marsupiales en América del Sur declinó notablemente. Las diferencias biogeográficas, por consiguiente, ofrecieron evidencia de que la variabilidad en una población ancestral única, puede conducir a la adaptación a diferentes ambientes por medio de las fuerzas de la selección natural. La competencia por los recursos parece contribuir con parte de la presión que conduce a la diversificación.

### **Evidencia anatómica**

Darwin logró demostrar cómo es que la descendencia a partir de un antepasado común consigue explicar las similitudes anatómicas entre organismos. Las

extremidades anteriores de los vertebrados se utilizan para volar (aves y murciélagos), desplazarse durante el nado (ballenas y focas), correr (caballos), trepar (lagartos arbóreos) y columpiarse en las ramas de los árboles (monos).

Lo mencionado anteriormente, se relaciona con que estos organismos pueden tener un ancestro común ya que, poseen los mismos huesos organizado en forma similar, pero, con diferente función, lo que hace referencia a que evolucionaron de forma independiente. A este tipo de estructuras anatómicas similares se les denomina homólogas.

Sin embargo, todas las extremidades anteriores de los vertebrados contienen los mismos conjuntos de huesos en las extremidades anteriores, organizados de formas similares, a pesar de sus diferentes funciones. La explicación más probable es que ese plan básico de las extremidades anteriores estaba presente en un ancestro vertebrado común. Dicho plan se modificó entonces de forma independiente en todos los descendientes ya que cada uno continuó su propio camino evolutivo. Las estructuras que son anatómicamente similares por heredarse de un antepasado común se denominan homólogas (Figura 11).

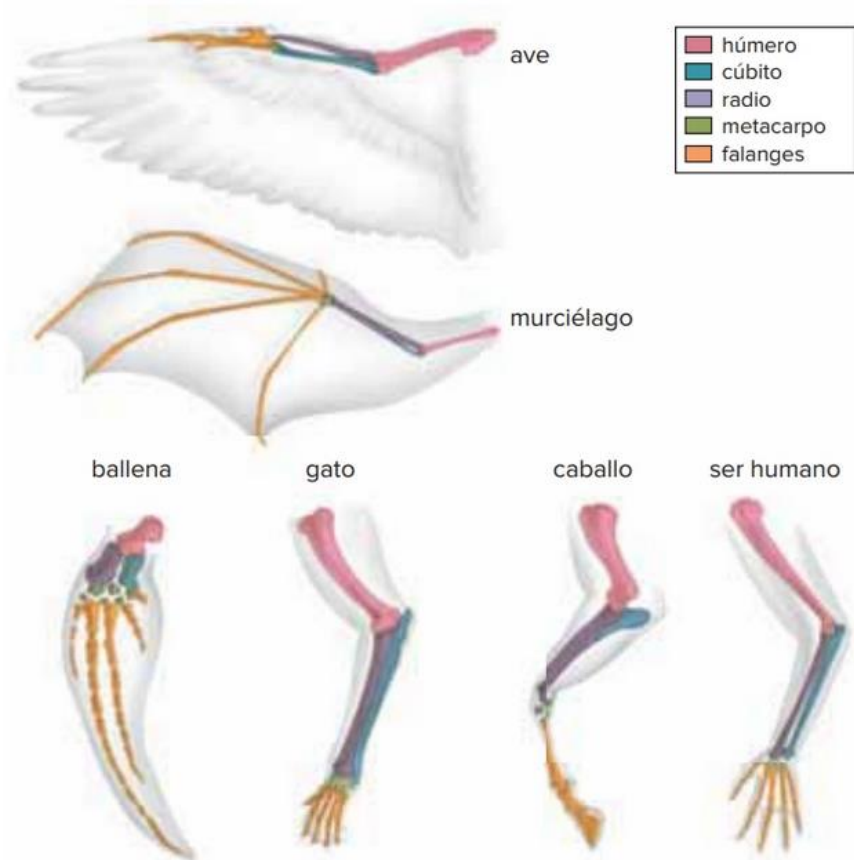


Figura 11. Estructuras homólogas mostrando que se encuentran presentes los mismos huesos, evidencia de un antepasado común. (Tomado de Mader, 2019).

En contraste, las estructuras que se conocían como análogas cumplen la misma función, pero se originaron de manera independiente en distintos grupos de organismos que no comparten un ancestro común. Por ejemplo: las alas de las aves, las alas de los murciélagos y las alas de los insectos, todas se usan para el vuelo, pero se originaron de ancestros diferentes, saurópsidos en el caso de las aves, los escrotíferos en el caso de los murciélagos y crustáceos en el caso de insectos (Figura 12).

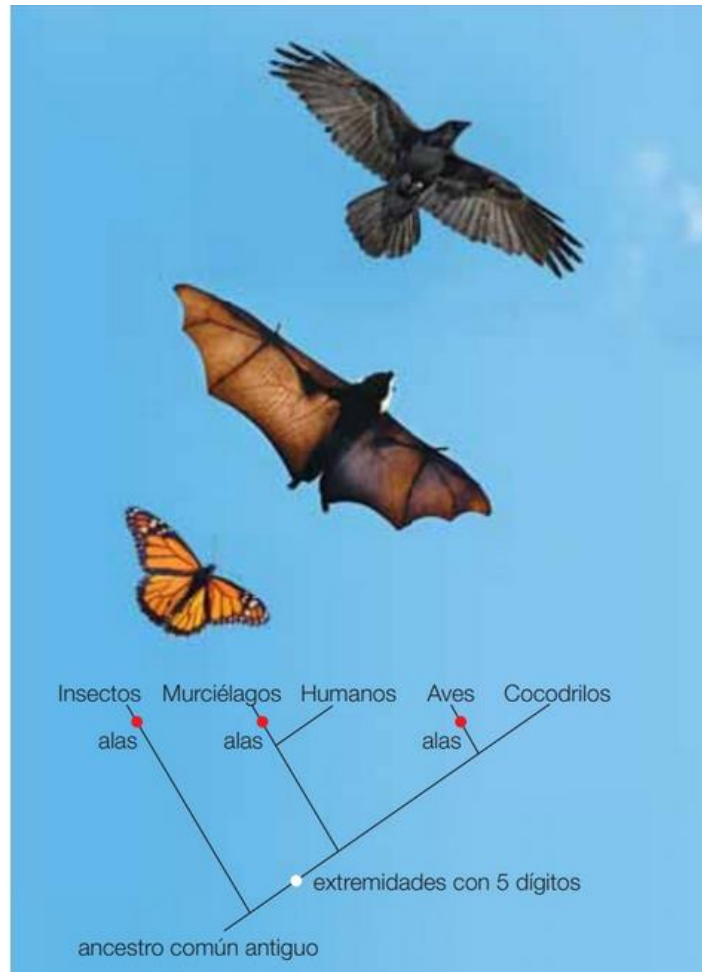


Figura 12. Las alas aparecieron tres veces en la historia evolutiva de tres taxones diferentes, las aves, los mamíferos y los insectos (Tomada de Starr *et al.* 2018)

Las estructuras vestigiales son características anatómicas que están completamente desarrolladas en un grupo de organismos, pero que se han reducido y tal vez no tengan función en grupos relacionados o emparentados. La mayoría de las aves, por ejemplo, tienen alas bien desarrolladas para el vuelo, mientras que algunas especies tienen alas notablemente reducidas y no vuelan. De forma similar, las serpientes y las ballenas no tienen necesidad de utilizar extremidades posteriores, pero algunas especies tienen remanentes de un cinturón pélvico y de extremidades posteriores. Tanto el hueso del coxis como las muelas del juicio son ejemplos de estructuras humanas que actualmente no tienen función evidente en

nuestra especie. Las estructuras vestigiales se presentan porque los organismos heredan la anatomía de sus antepasados y, por consiguiente, su anatomía incluye rastros de su historia evolutiva.

### **Evidencia bioquímica**

Todos los organismos vivos utilizan las mismas moléculas bioquímicas básicas, como son los carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos (incluyendo el ATP). A partir de ello, se supone que estas moléculas estaban presentes en las primeras células, de las cuales surgió la vida tal como la conocemos en la actualidad.

Con ayuda de los avances en bioquímica se ha podido establecer que los organismos utilizan un código genético establecido en el DNA y transcrito en el RNA para codificar de 1 a 20 aminoácidos que formarán las proteínas, que tienen diferentes funciones en las células

Las secuencias de bases de DNA en los genomas de muchos organismos, se dispone de evidencia clara de que los seres humanos tienen algunos genes en común con organismos mucho más sencillos, como los procariontes.

La secuencia de aminoácidos de algunas proteínas es similar a lo largo del árbol de la vida. La secuencia de aminoácidos en la versión humana del citocromo c, una proteína esencial para la respiración celular, es notablemente parecida a la de las levaduras. El número de diferencias entre la secuencia de aminoácidos del citocromo c en los seres humanos y otros organismos aumenta con la distancia en el tiempo, ya que compartieron un ancestro común: el citocromo c de los monos difiere con respecto al de los seres humanos en un solo aminoácido, al de los patos en 11 aminoácidos y al de las levaduras en 51 aminoácidos.

Entre el humano y el ratón se tiene una diferencia de 30 nucleótidos para la codificación del citocromo C (Figura 13).





Figura 13. Similitudes y diferencias en el código para el gen del citocromo C entre el humano y el ratón (Tomado de Audesirk *et al.*, 2018)

**Actividad 9.** Relaciona las columnas

a) Los fósiles transicionales se han encontrado en algunos grupos mayores de organismos	( ) Evidencia biogeográfica
b) Un grupo de especies emparentadas tiene estructuras con el mismo origen, pero con diferente función	( ) Evidencia fósil
c) Los mismos tipos de moléculas se encuentran en todos los organismos vivos	( ) Evidencia bioquímica
d) Es posible rastrear los antepasados evolutivos de una especie	( ) Evidencia anatómica

## Actividad 10

1. Describe cómo explicarías de manera sencilla las evidencias fósiles, anatómicas y bioquímicas de que la evolución ocurrió.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

2. De los siguientes ejemplos, menciona si se refiere a una homología o analogía, y explícala.
  - (a) Las alas de la mariposa y las alas de la golondrina,
  - (b) las espinas del cactus y las hojas de la nochebuena.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## **Evolución biológica**

### **Especie biológica.**

**Aprendizaje:** Identifica el concepto de especie biológica y su importancia en la comprensión de la diversidad biológica.

**Sugerencias de evaluación:** Se recomienda a manera de diagnóstico pedirle al alumnado que responda las siguientes preguntas de manera escrita y lo comparen con lo aprendido al final de la lectura:

¿A qué especie pertenecemos los humanos?

¿Conoces algunos nombres científicos de otras especies? Menciónalos.

Como evaluación formativa se sugiere realizar las actividades propuestas.

**Instrucciones:** Lee con atención el siguiente texto y después realiza la actividad propuesta.

### **¿Qué es una especie?**

Cuando caminamos por un bosque, se pueden observar muchos “tipos” diferentes de plantas y animales, intuitivamente reconocemos a muchos de esos organismos como diferentes por su apariencia. Muchas diferencias son evidentes; por ejemplo, un roble es una especie claramente diferente de una ardilla. Si observamos con más detenimiento, podremos reconocer dos tipos distintos de roble, uno con bellotas grandes, y otro con bellotas de menor tamaño y con hojas ligeramente de forma diferente.

En biología una especie se define con base en muchos tipos de evidencias. Al examinar dos organismos, un taxónomo (quien clasifica a los organismos en grupos) plantea una hipótesis de trabajo acerca de si son especies diferentes con base en las evidencias, como, por ejemplo, sus características externas. De esa manera, cada especie definida es una hipótesis acerca de cómo está organizado el árbol de la vida en la Tierra.

Al igual que sucede con cualquier hipótesis, la adición de nueva información podría dar como resultado la redefinición de la especie. Por ejemplo, en el siglo XVIII,

Linneo (el padre de la taxonomía) planteó alguna vez que las aves y los murciélagos deberían clasificarse en el mismo grupo, porque ambos tienen alas y vuelan. Ahora sabemos que las aves y los murciélagos son organismos muy diferentes y que ocupan ramas distintas en el árbol de la vida. La forma como se definen las especies es un área de estudio fascinante, porque toda la diversidad de la vida sobre la Tierra se originó a partir de la evolución de especies nuevas.

### **Concepto biológico de especie**

Este concepto de especie se basa primordialmente en el aislamiento reproductivo para identificar especies diferentes, es decir, el conjunto de procesos fisiológicos, conductuales y genéticos que inhiben el apareamiento. En específico, si los organismos no pueden aparearse y producir descendencia de forma natural, o si sus descendientes son estériles, se definen como especies diferentes. El concepto biológico de especie, aunque resulta útil, con frecuencia no se puede someter a prueba en la naturaleza, porque muchas especies potenciales no se traslapan en su distribución y, por tanto, no brindan oportunidad de determinar si están aisladas reproductivamente. Más aún, el concepto biológico de especie no es aplicable a organismos vivos que se reproducen asexualmente ni a los fósiles.

El beneficio del concepto es que, cuando es aplicable, confirma la ausencia de flujo genético, el mejor indicador de que dos poblaciones están siguiendo rutas evolutivas independientes. Por ejemplo, un grupo de aves llamadas colectivamente papamoscas tienen aspecto muy similar, pero no se reproducen entre sí; por consiguiente, son especies diferentes. Al igual que las ranas leopardo, no sólo viven en hábitats distintos, sino que cada grupo emite un canto de cortejo único.

### **Mecanismos de aislamiento reproductivo**

Para que dos especies permanezcan separadas, las poblaciones deben estar aisladas reproductivamente, esto es, no tiene que haber flujo genético entre ellas.

Para ello se puede presentar dos tipos de aislamiento reproductivo: precigótico y postcigótico.

El aislamiento reproductivo precigótico se da antes de la formación del cigoto y ocurre en especies que son similares, pero tienen comportamientos diferentes, por ejemplo, especies que viven en el mismo lugar, pero se aparean en distintas épocas del año.

El aislamiento reproductivo postcigótico, puede presentarse cuando hay un apareamiento entre organismos de diferente especie y el cigoto no se desarrolla por incompatibilidad genética, los descendientes son híbridos y no pueden reproducirse, ya que son infértiles.

### **La importancia de la biodiversidad.**

Los mecanismos de aislamiento reproductivo que llevan al surgimiento de nuevas especies son importantes ya que influyen directamente en la biodiversidad del planeta, es decir, la cantidad, la variedad y la variabilidad de los organismos vivos, incluyendo la diversidad dentro de las especies, entre especies y entre ecosistemas.

Esta diversidad cambia de un lugar a otro y con el paso del tiempo, se encuentra en todas partes, tanto en tierra como en el agua e incluye a todos los organismos, desde las bacterias microscópicas hasta las más complejas plantas y animales.

### **Cómo se nombran las especies**

Es importante saber cuál es la manera correcta de escribir el nombre de las especies. En biología se usa la nomenclatura binomial para asignar a cada organismo vivo un nombre de dos términos llamado nombre científico. Por ejemplo, el nombre científico de la nochebuena es *Euphorbia pulcherrima*. La primera palabra corresponde al género, y la segunda es la designación de cada especie (epíteto específico) dentro de un género. El género puede abreviarse (por ejemplo, *E. pulcherrima*) y, si la especie no se ha determinado, podría indicarse simplemente con una abreviación genérica (por ejemplo, *Euphorbia* sp.) y siempre se escribe en cursiva o subrayada. En biología se utilizan universalmente los nombres científicos para evitar confusiones, ya que los nombres comunes tienden a superponerse y a menudo difieren dependiendo de la localidad y del idioma de un país determinado. Los nombres científicos se basan en el latín, por ejemplo, *pulcherrima* es un epíteto latino que significa “la más bonita”.

**Actividad 11.** Investiga los nombres científicos de las siguientes especies, y escríbelos de manera correcta:

<b>Ejemplo:</b> Jirafa	<i>Giraffa camelopardalis</i>
Cacomixtle mexicano	
Tiburón ballena	
Ajolote mexicano	
Hongo de la cerveza	
Catarina sin manchas	
Quetzal centroamericano	
Shiitake	

**Actividad 12.** De acuerdo a la lectura y tu propia investigación, contesta la siguiente pregunta y completa el cuadro.

1. Explica cómo las ranas que tienen un aspecto similar, pero que emiten distintos llamados de cortejo, se consideran especies diferentes.

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

2. En el cuadro de la derecha, escribe si se trata de un aislamiento precigótico o postcigótico

	Tipo de aislamiento
El caballo y el burro son especies que pueden aparearse y tener descendencia: la mula, pero esta no puede cruzarse con otra mula para tener crías.	
Las hembras de las luciérnagas reconocen a los machos de su especie por el patrón de los destellos de éstos.	
El ligre es producto de la cruce entre un león y una tigresa, en algunos casos, las hembras ligres pueden ser fértiles.	
El canto de las aves es específico para los miembros de su especie	
El pato mandarín es diferente físicamente al pato cuchara, las plumas del primero son más conspicuas y de diferente color	
El carnero y la cabra se pueden cruzar, pero no hay fertilización	

## **Diversidad de los sistemas biológicos**

### **Características generales de los dominios y los reinos**

**Aprendizaje:** Conoce los criterios utilizados para clasificar a los sistemas biológicos en cinco reinos y tres dominios.

**Instrucciones:** Después de realizar la lectura del siguiente texto, contesta lo que se solicita al final del mismo.

El docente les podrá solicitar que investigan los principales fila de los reinos y dominios descritos, con ejemplos.

#### **¿Cómo se organiza la diversidad?**

En términos simples, un árbol evolutivo es como un árbol genealógico, el último muestra cómo un grupo de personas descienden de una pareja, mientras que el primero sigue la ruta ascendente de la vida hacia un antepasado común. Una pareja tal vez tenga varios descendientes, y así como una población puede ser un ancestro común de varios grupos, cada uno se adaptó a un conjunto particular de condiciones ambientales. Por tanto, con el tiempo, surgieron formas de vida diversas.

La evolución se considera el concepto unificador de la biología, ya que explica muchos aspectos de ella, incluyendo la forma como los organismos vivos surgieron de un solo ancestro, originando nuevas especies a través de procesos evolutivos, las que desde tiempos remotos se han tratado de clasificar de acuerdo a sus características físicas en diferentes categorías, lo que da origen a la diversidad de especies biológicas.

La clasificación de las especies se ha llevado a cabo por medio de la taxonomía (del griego tasso, “ordenar”, y nomos, “reglas”), que es la disciplina que se encarga de identificar y agrupar los organismos de acuerdo con ciertas reglas. La taxonomía da sentido a la variedad de vida en la Tierra y pretende ofrecer un conocimiento valioso acerca de los parentescos entre las especies; y junto con la sistemática (estudio de las relaciones evolutivas entre organismos), se puede modificar a medida que aparecen y se descubren nuevas características en las especies.



La taxonomía fue establecida por Carl von Linné (1707-1778), que coloca a las especies en diferentes categorías jerárquicas tomando en cuenta las diferencias y similitudes que hay entre ellas. Linné (o Linneo) estableció la nomenclatura binomial.

Las categorías taxonómicas que estableció Linneo son: reino, filo, clase, orden, familia, género y especie. La categoría menos incluyente, la especie, se define como un grupo de individuos con características similares que pueden reproducirse entre sí. Cada categoría de clasificación sucesiva por arriba de una especie incluye más tipos de organismos que la anterior. Las especies dentro de un género comparten muchas características específicas y están más estrechamente relacionadas; en tanto que las especies ubicadas en el mismo reino comparten sólo características generales.

Varias de las categorías taxonómicas, que van de lo particular hacia lo general son: especie, género, familia, orden, clase, filo, reino y dominio.

Por ejemplo, en la figura 14 se muestra la clasificación taxonómica del oso polar. Este se encuentra dentro del dominio Eukarya, (junto con todos los organismos con núcleo, incluyendo plantas, hongos y animales), pertenece al reino Animalia (aquí ya no se encuentran ni hongos, ni plantas), filo Chordata (en el cual ya no hay invertebrados como moluscos o insectos), clase Mammalia (animales con glándulas mamarias y pelo), orden carnívora (animales con dentadura desarrollada para una dieta carnívora), familia Ursidae (osos), género *Ursus* (osos carnívoros verdaderos), especie *Ursus maritimus* (oso marítimo que habita en el Ártico).

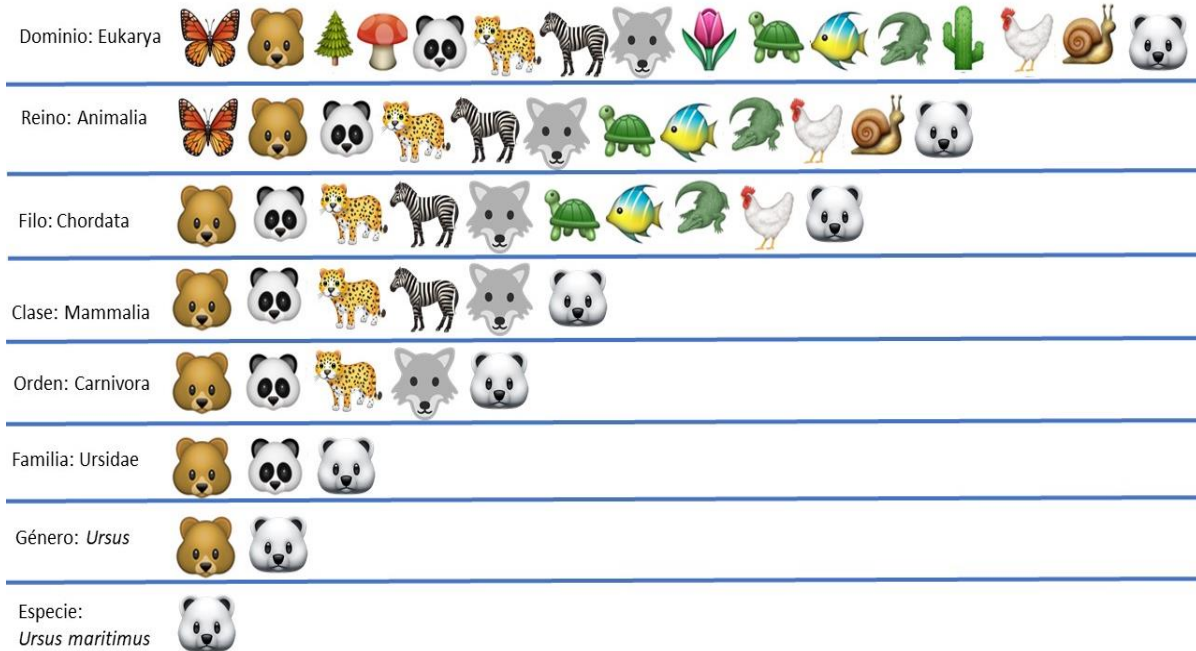


Figura 14. Clasificación taxonómica del oso polar (*Ursus marítimus*), con emojis.

Para el estudio de la sistemática se utiliza con frecuencia el DNA para revisar la información actual y descubrir relaciones entre organismos antes desconocidas.

La categoría menos incluyente, la especie, se define como un grupo de individuos con características similares que pueden reproducirse entre sí. Cada categoría de clasificación sucesiva por arriba de una especie incluye más tipos de organismos que la anterior. Las especies dentro de un género comparten muchas características específicas y están más estrechamente relacionadas; en tanto que las especies ubicadas en el mismo reino comparten sólo características generales.

### Los 5 reinos de Whittaker

Robert H. Whittaker en 1969, propuso una clasificación que establecía cinco reinos basándose en los niveles de organización, tipo de nutrición: fotosíntesis, absorción e ingestión, etc. Los reinos son: Monera, Protista, Plantae, Hongos y Animalia.

Las características del reino Monera son las siguientes: los organismos son procariotas ya que carecen de núcleo definido, su DNA está disperso en el citoplasma, en forma de anillo, carecen de organelos rodeados por una membrana, son unicelulares, se reproducen asexualmente por fisión binaria, su desplazamiento

es por medio de cilios y flagelos, miden de 3 a 10 micrómetros, su alimentación es de tipo heterótrofa, pueden ser parasitas, saprófitas, a excepción de las cianobacterias que realizan la fotosíntesis; la mayoría son aerobios, pero algunas son anaerobias. Presentan formas diferentes como bastón denominadas bacilos, los cocos son redondas, en forma de coma son los vibrios, o espirilos en forma de espiral; otra manera es que se pigmentan diferente a la tinción de gram por lo que son positivas o negativas. En este reino están incluidas las Bacterias y las Arqueas.

El reino Protista consta de organismos eucariotas, ya que poseen una envoltura nuclear, son organismos unicelulares o pluricelulares, aquí se incluyen a las algas, protozoarios y hongos acuáticos, que no pueden ser clasificados en otros reinos. Son organismos que no tienen características en común, por ejemplo, su alimentación puede ser por absorción, fotosíntesis o ingestión, son aerobios; su reproducción puede ser asexual o sexual; su desplazamiento puede ser por cilios, pseudópodos, flagelos; son acuáticos, parásitos.

Los representantes del reino Fungi todos son eucariotas, heterótrofos, su pared celular está formada de quitina, tienen diferentes formas, son inmóviles, crecen en ambientes húmedos, en árboles y algunos son acuáticos; se reproducen de manera asexual y sexual formando esporas (ascoesporas y basidiosporas); pueden ser saprofitos, formadores de micorriza, endosimbióticos, parásitos, forman parte de los descomponedores en los ecosistemas. Tienen diferentes usos: son comestibles (champiñón), un hongo parásito comestible es el huitlacoche, se emplean en la industria farmacéutica (*Penicillium*), en la elaboración de alimentos (levadura), pero también hay algunos que son tóxicos.

Otro reino importante es Plantae, todos sus representantes son eucariotas, pluricelulares, autótrofos ya que realizan la fotosíntesis, la mayoría posee clorofila que es un pigmento que les da el color verde y son la fuente principal de alimentación de muchos organismos; son productores de oxígeno, poseen una pared celular formada por celulosa, son inmóviles, su respiración es aerobia; se reproducen de manera asexual por esporas y sexual por polinización.

Las plantas no vasculares carecen de estructuras especializadas, así como de raíz, tallos y hojas, a diferencia de las plantas vasculares que si tienen raíz, tallo y hojas y tejidos especializados. También hay plantas que producen semillas y otras que no; pueden tener flor y fruto. Son la base de la cadena alimenticia de los ecosistemas.

Los representantes del reino Animalia, son eucariotas, pluricelulares, se organizan en tejidos, órganos y sistemas que llevan a cabo diversas funciones, poseen sistema nervioso y muscular; todos son heterótrofos, su alimentación es variada hay herbívoros, carnívoros y omnívoros; son aerobios; su reproducción es asexual y sexual, con diferenciación sexual definida (hembra y macho), algunos animales son ovíparos, vivíparos u ovovivíparos.

Tienen desplazamiento propio, algunos tienen simetría bilateral, y otros radial. Tienen órganos que llevan a cabo diferentes funciones como el olfato o la visión. Viven en diferentes ambientes, son acuáticos, terrestres, voladores, o habitan en el subsuelo. Hay una gran variedad de formas, por ejemplo, alargada (lombrices), estrella o con varios apéndices (artrópodos). Son invertebrados (carecen de huesos) o vertebrados (tienen huesos). En este reino está incluida la especie humana.

### **Dominios propuestos por Woese**

Carl Woese en 1977, propuso una categoría taxonómica superior a la de reino a la que llamó: "dominio".

Los dominios propuestos por Woese son: Bacteria o Eubacteria, Archaea y Eukarya (Figura 15), esto se basa en diferencias químicas en el núcleo, la composición química de la membrana celular, y en el RNA ribosomal.

Las arqueas y las bacterias son considerados organismos procariotas por carecer de membrana nuclear, tienen una estructura sencilla, pero son metabólicamente más complejos.

El dominio Eukarya incluye tanto organismos unicelulares como pluricelulares que poseen un núcleo limitado por una membrana, además de estructuras más complejas y metabolismo homogéneo.

Los estudios evolutivos indican que todos los organismos vivos proceden de un ancestro común que vivió hace 4,000 millones de años, las arqueas y las bacterias podrían haber evolucionado del primer ancestro común tan pronto como la vida comenzó.

Las Arqueas carecen de núcleo, su DNA es circular, carece de histonas, tienen una membrana celular sin peptidoglucanos, su pared celular carece de ácido murámico, el aminoácido con el que inicia sus polipéptidos es la metionina, pueden vivir en ambientes acuáticos que carecen de oxígeno o que son demasiado salados, muy calientes o ácidos para la mayoría de los demás organismos. Quizás esos ambientes son similares a los que prevalecían en la Tierra primitiva, y las arqueas son las formas menos evolucionadas de vida.

Pueden ser termófilas (se localizan en lugares con temperaturas mayor a los 100°C, como son fuentes termales o depósitos de petróleo), acidófilas (lugares con pH ácido), metanógenas (generan metano en lugares sin oxígeno, como pantanos y en el estómago de rumiantes), y halófilas (viven en lugares de alta concentración de sal, por ejemplo, en el mar Muerto).

El dominio Bacteria tiene como características generales que su DNA es circular, se localiza en el citoplasma y carece de histonas; su membrana celular tiene peptidoglucanos, su pared celular tiene ácido murámico y el aminoácido con el que inicia sus polipéptidos es la formilmetionina. Las bacterias están adaptadas de manera muy diversa para vivir casi en cualquier lugar, su metabolismo es complejo, por ejemplo, pueden autótrofas o heterótrofas, aerobias o anaerobias, fijadoras de nitrógeno, etc.

Los organismos del dominio Eukarya: tienen un núcleo bien definido por una membrana que rodea el material genético, también poseen histonas, los lípidos de su membrana están unidos por enlace éster, sus proteínas inician con el aminoácido

metionina, incluye tanto organismos unicelulares como pluricelulares, acuáticos, terrestres, de vida libre y parásitos, son fotosintéticos, aerobios o heterótrofos.

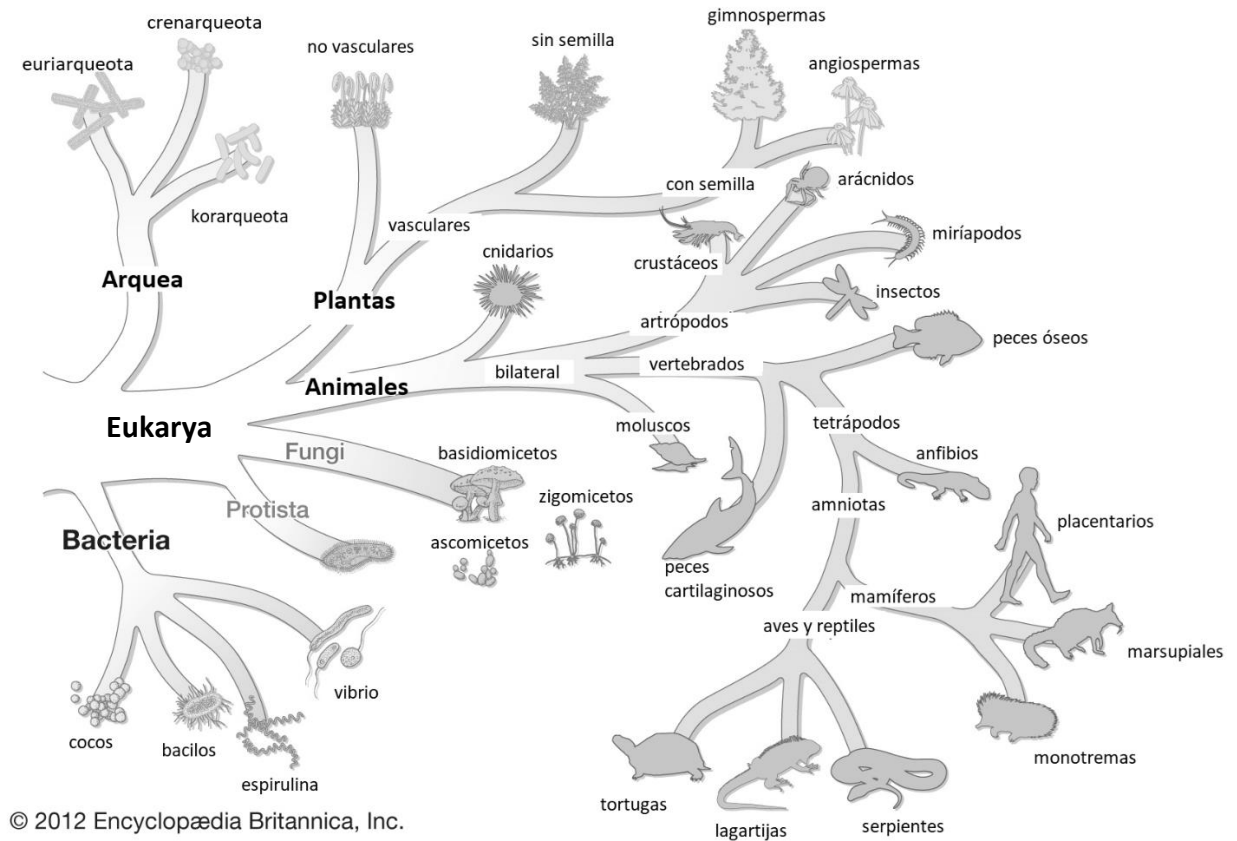


Figura 15. Árbol filogenético de acuerdo al sistema de tres dominios. (Imagen traducida de Encyclopedia Britannica)

**Actividad 12.** Con lo leído anteriormente, completa la siguiente tabla.

	<b>Reinos</b>				
<b>Característica</b>	<b>Monera*</b>	<b>Protista</b>	<b>Fungi</b>	<b>Plantae</b>	<b>Animalia</b>
<b>Tipo de célula</b>	Procariota		Eucariota		Eucariota
<b>Pared celular</b>	Polisacárido + aminoácidos	Presente en algunos	Presente (sin celulosa)		
<b>Membrana</b>	Ausente	Presente		Presente	
<b>Nutrición</b>			Heterótrofos (saprófitos y parasíticos)		
<b>Ejemplo</b>				Musgo, helecho, pino, plantas con flor	

**Unidad 2. ¿Cómo interactúan los sistemas biológicos con su ambiente y su relación con la conservación de la biodiversidad?**

### **Estructura y procesos en el ecosistema**

#### **Niveles de organización ecológica**

**Aprendizaje:** Identifica los niveles de población, comunidad, ecosistema, bioma y biosfera en la organización ecológica.

**Sugerencias de evaluación:** Se recomienda a manera de diagnóstico hacer las siguientes preguntas:

Menciona cuáles son los niveles de organización ecológica

¿Qué es el un ecosistema?

¿Quiénes son parte del ecosistema?

¿Cuántos ecosistemas conoces y cómo se llaman?

El docente entonces retomará las ideas más importantes para desarrollarlas antes de la lectura.

Como evaluación formativa se sugiere realizar las actividades propuestas.

**Instrucciones:** Lee con atención el siguiente texto y después realiza la actividad propuesta.

### **Niveles de organización**

Los niveles de organización sirven para apreciar diferentes aspectos de los seres vivos, por ejemplo, su composición química, las estructuras que forman sus cuerpos, en el grado de complejidad de sus estructuras y funciones, y en su organización ecológica. Los organismos presentan un orden de complejidad creciente, es decir, una escala jerárquica que inicia en las partículas elementales y finaliza en la biosfera. A medida que se asciende, cada nivel implica mayor complejidad e integración, y cada uno tiene características propias. Los niveles de organización permiten establecer límites, ordenar conceptos, estudiar y comprender sistemáticamente a los sistemas biológicos.

Los niveles ecológicos son una jerarquía superior de organización de la materia viva, ya que los individuos forman conjuntos que interactúan y originan niveles de organización más complejos, como población, comunidad, ecosistema, bioma y biosfera.

Una población es un grupo de organismos de la misma especie, que conviven en el espacio y en el tiempo, que responden a los mismos factores ambientales, que se reproducen entre sí y que están aisladas genéticamente de otras especies. Por ejemplo, todos los peces de una especie particular que habitan en un río.

Las poblaciones son caracterizadas por tener diversas propiedades, como: patrones de crecimiento, mortalidad, estructura etaria (edades), densidad y disposición espacial.

### **Patrones de crecimiento**

El tamaño de una población puede variar durante un lapso de varios años, estas fluctuaciones pueden tener tanto efectos positivos como negativos sobre



poblaciones de otras especies. El potencial reproductivo que tienen la mayoría de las especies es variable. Por ejemplo, una bacteria produce una nueva generación en 20 minutos, al cabo de una hora pueden originarse ocho bacterias nuevas, 512 al cabo de tres horas y 262,144 individuos en seis horas. En contraste, animales como los elefantes llevan a cabo un periodo de gestación de 680 días y sólo tienen una cría.

El cambio del número de individuos que conforman una población a través del tiempo, es igual al producto de la tasa de reproducción *per capita* (por individuo) multiplicada por el número de individuos ya presentes y se representa mediante la fórmula:  $R_{t+1} = r \cdot N_t$ , en donde R es la tasa de crecimiento de la población en el intervalo de tiempo posterior (t + 1), r la tasa de reproducción *per capita* y N el número de individuos presentes en el intervalo de tiempo anterior (t).

Cuando el número de individuos aumenta a un ritmo constante, se dice que la población aumenta exponencialmente, al principio es lento, pero luego se acelera a medida que aumenta el número de individuos capaces de reproducirse en cada generación.

### **Patrones de mortalidad**

Los patrones de crecimiento de la población suponen que las poblaciones están constituidas por individuos idéntico cuando en realidad, los miembros de una población se encuentran en diferentes etapas de su ciclo de vida. Una cohorte es el conjunto de todos los miembros de una población que nacen al mismo tiempo. La dinámica poblacional muestra cuántos miembros de una cohorte están vivos después de ciertos intervalos de tiempo. Por ejemplo, en una tabla de vida para una cohorte que tiene 843 individuos, después de 3 meses, han muerto 121 individuos, por lo tanto, la especie tiende a ajustarse a una de tres curvas típicas de supervivencia: I, II y III (Figura 16). La curva del tipo I es característica de una población donde la mayoría de los individuos sobreviven una vez pasado el punto medio del ciclo de vida, y la muerte no ocurre sino hasta cerca del final del periodo de vida. Los animales con ese tipo de curva de supervivencia incluyen a los grandes mamíferos y a los seres humanos en los países desarrollados. En contraste, la curva

del tipo III es característica de una población en que la mayoría de los individuos mueren muy jóvenes. Ese tipo de curva de supervivencia se presenta en muchos invertebrados, peces y la mayoría de las plantas. En la curva del tipo II, la supervivencia disminuye a una tasa constante a lo largo del ciclo de vida, generalmente la muerte no está relacionada con la edad.

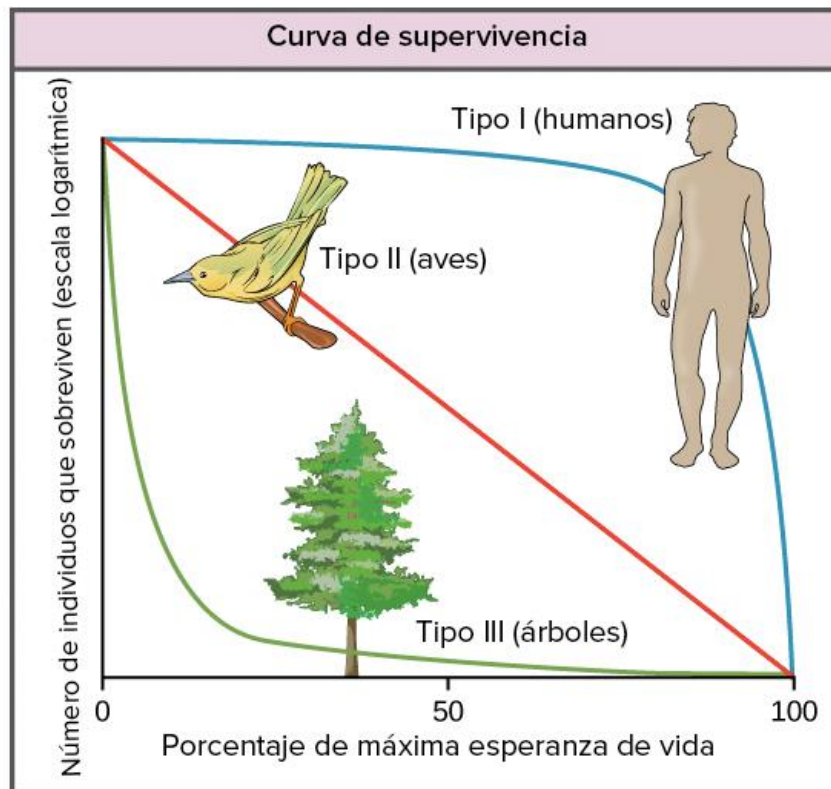


Figura 16. Demografía poblacional. Curvas de supervivencia. (Tomado de OpenStax College).

### Estructura etaria (edades)

El patrón de mortalidad de una población afecta a su vez otra propiedad importante: la proporción de individuos de diferentes edades que se encuentran en esa población. Cuando los individuos de una población se reproducen de forma repetida, varias generaciones podrían estar vivas al mismo tiempo, y formar estratos o grupos de diferentes edades, lo que puede llevar a tener distintas tasas de mortalidad.

Cuando la tasa de natalidad es más alta que la de mortalidad, el resultado es un grupo prerreproductivo, lo cual genera un diagrama en forma de pirámide. En tales condiciones, aun cuando el crecimiento en ese año coincidiera con el de muertes

en el mismo periodo, la población continuaría creciendo en los siguientes años. Más individuos entrarían al grupo reproductivo que los que saldrían de éste. Con el tiempo, a medida que el tamaño del grupo reproductivo iguala el tamaño del grupo prerreproductivo, el diagrama adquiere forma de campana. El grupo posreproductivo es el más pequeño a causa de poca la mortalidad.

Si la tasa de natalidad cae por debajo de la tasa de mortalidad, el grupo prerreproductivo se vuelve más pequeño que el grupo reproductivo. El diagrama de estructura de edades tiene forma de urna, porque el grupo posreproductivo ahora es el más grande. La distribución de edades refleja la historia pasada y futura de una población, ya que muestra el comportamiento de la población en situaciones idóneas (Figura 17).

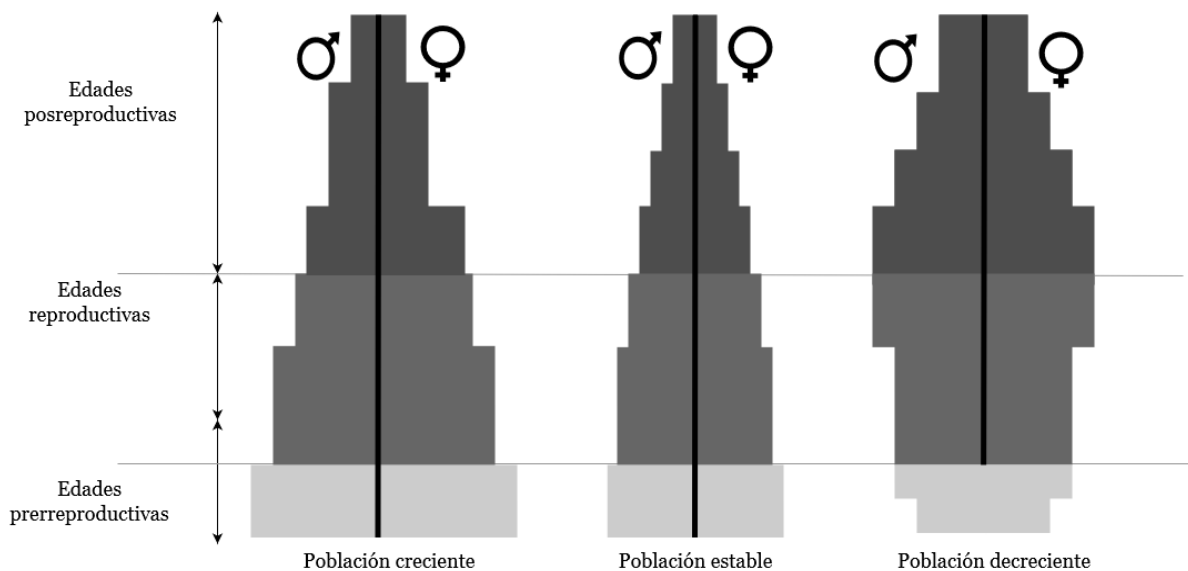


Figura 17. Diagramas de estructuras de edades para poblaciones hipotéticas que son crecientes, estables o decrecientes. Diferentes números de individuos en cada clase crean esas formas distintivas. En cada diagrama, la mitad izquierda representa a los hombres, mientras que la derecha representa a las mujeres. (Retomado de Mader y Windelspecht)

## Densidad y disposición espacial

La densidad de población es el número de individuos por unidad de área. La distribución de población es el patrón de dispersión de individuos a lo largo de un área determinada. La disponibilidad de recursos afecta la distribución de las poblaciones. Los recursos son los componentes abióticos y bióticos de un ambiente que sustenta a ciertos organismos. La disponibilidad de niveles adecuados de luz, agua, espacio, suficientes parejas y alimento son algunos recursos importantes que requieren todas las poblaciones.

Los factores limitantes son aspectos ambientales que determinan dónde vive un organismo. Hay tres patrones básicos de disposición espacial: al azar, donde el espaciamiento entre individuos es irregular y la presencia de un individuo no indica la probabilidad de encontrar a otro en la vecindad, ya que su localización no afecta de manera directa la ubicación de otro; agrupada, donde podemos ubicar a los organismos en manchones y la presencia de un individuo aumenta la probabilidad de encontrar a otro en la cercanía; y regular, donde los organismos se encuentran espaciados de manera uniforme dentro del área y la presencia de un individuo disminuye la probabilidad de encontrar a otro en la cercanía (Figura 18).

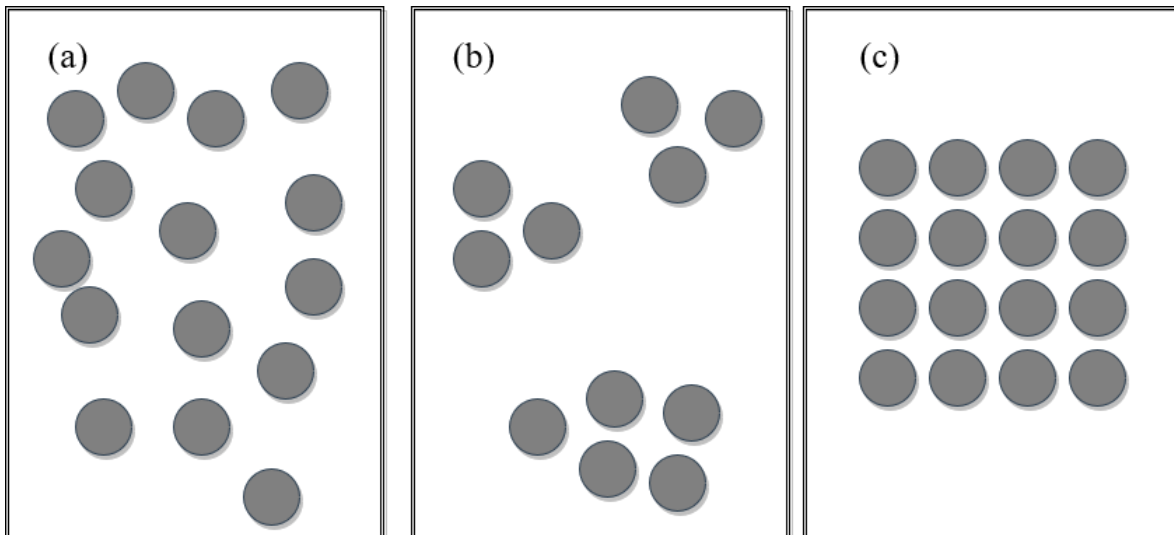


Figura 18. Patrones básicos de disposición espacial. (a) al azar, (b) agrupado, (c) regular. Los círculos pueden representar individuos de la misma especie, poblaciones de la misma especie o poblaciones de especies diferentes (Redibujado de Curtis *et al.* 2018).

La comunidad es un grupo de poblaciones de diferentes especies, que viven en un área definida, puede ser grande o pequeña. Por ejemplo, los peces, algas y crustáceos que habitan en un río. Es importante considerar las relaciones que se establecen entre las especies que forman a la comunidad, por ejemplo, la competencia por alimento, espacio, la formación de cadenas y redes alimenticias.

El siguiente nivel de organización ecológica es el ecosistema que está conformado por las comunidades que forman el factor biótico y los factores abióticos, como el clima; y que habitan un área geográfica específica, por ejemplo, la comunidad de peces, algas y crustáceos, junto con las piedras de río, el agua, la temperatura del agua, forman un ecosistema acuático.

Los ecosistemas forman un nivel más inclusivo que es el bioma, que está conformado por el conjunto de ecosistemas que tienen características similares, tanto en factores bióticos como abióticos y las áreas donde se localizan alrededor del mundo formando franjas.

El bioma tiene una vegetación representativa que le da la clave para su reconocimiento y clasificación, por ejemplo, el bioma del bosque de coníferas, bioma acuático un estuario. Los biomas no se encuentran en lugares continuos, sino que están en lugares lejanos, pero comparten características de clima, situación geográfica y bióticas similares, por ejemplo, la tundra está en Alaska, Rusia, Siberia, o sea países que se localizan muy al norte.

El bioma es una gran comunidad caracterizada por especies de plantas y animales presentes en él, es el resultado de una serie de interacciones entre el clima, factores bióticos y el sustrato donde se asienta. Los biomas están distribuidos como fajas alrededor del mundo. Sin embargo, no suele haber una línea de demarcación precisa entre biomas adyacentes, más bien, existe una vasta zona de transición donde los biomas se superponen.

En un bioma es uniforme el tipo de vegetación que constituyen la clave para su reconocimiento y clasificación. Donde el clima es el mismo, las poblaciones de organismos también son muy similares, aunque no estén relacionadas

genéticamente y/o sean evolutivamente distantes. Por ejemplo, los biomas de agua dulce incluyen a los ríos.

En el nivel más inclusivo, que abarca la totalidad de los ecosistemas del planeta Tierra es la biosfera, que es la capa donde se desarrollan los sistemas biológicos y tiene tres capas que son: litósfera, hidrósfera y atmósfera.

**Actividad 13.** Calcula el potencial reproductivo, al cabo de siete generaciones, de una mosca hembra que produce 120 huevos, de los cuales la mitad serán hembras.

Generación	Número de moscas
1	120
2	
3	
4	
5	
6	
7	

**Actividad 14.** De acuerdo a la lectura anterior, realiza los dibujos correspondientes a cada nivel ecológico y explica los factores que incluye.

Nivel	Dibujo	Descripción
Población		
Comunidad		

<b>Ecosistema</b>		
<b>Bioma</b>		
<b>Biosfera</b>		

### **Estructura y procesos en el ecosistema**

#### **Componentes bióticos y abióticos**

**Aprendizaje:** Reconoce los componentes bióticos y abióticos, así como su interrelación para la identificación de distintos ecosistemas

**Sugerencias de evaluación:** Se recomienda a manera de diagnóstico hacer las siguientes preguntas

¿Qué significa biótico? Y da un ejemplo

¿Qué es el abiótico? Y da un ejemplo

Como evaluación formativa se sugiere que el alumnado busque y escriba en equipo las características bióticas y abióticas de los ecosistemas: bosques nublados, selvas húmedas, selvas secas, arrecifes y manglares; y lo expongan mediante un organizador gráfico o presentación Power Point.

**Instrucciones:** Lee con atención el siguiente texto y después realiza las actividades propuestas.

### **Componentes bióticos y abióticos de un ecosistema**

El ecosistema está formado por dos componentes básicos que interactúan entre sí: el componente vivo, o biótico, y el físico-químico, o abiótico. Por ejemplo, en un ecosistema natural como un bosque, el componente abiótico será la atmósfera, el clima, los minerales en el suelo y el agua. El componente biótico incluirá organismos diferentes como plantas, animales y microorganismos que habitan en el bosque.

Los componentes bióticos de un ecosistema son los seres vivos que lo integran. Todos los miembros de una comunidad necesitan nutrirse, así es como se organizan los niveles tróficos. Primero se encuentran los productores, que son aquellos organismos fotosintetizadores, como plantas, algas y cianobacterias; luego están los consumidores, que son sistemas biológicos heterótrofos, y se dividen en: primarios (herbívoros), aquellos que se alimentan de los productores; los consumidores secundarios (carnívoros) se alimentan de los consumidores primarios; los consumidores terciarios se comen a los carnívoros; los descomponedores o desintegradores, que se alimentan de restos de organismos muertos, transforman la materia orgánica en sales minerales.

Los factores abióticos incluyen la radiación solar, la atmósfera, el océano, el clima y el fuego. Para un factor abiótico dado, cada organismo que vive en un ecosistema tiene un intervalo óptimo en el que sobrevive y se reproduce.

### **Factores abióticos**

Sin la energía solar, la temperatura en el planeta Tierra tendería al cero absoluto ( $-273\text{ C}$ ) y toda el agua estaría congelada, incluido el océano. Es producto de una reacción de fusión nuclear masiva, emitida al espacio en forma de radiación electromagnética, ultravioleta, visible y radiación infrarroja. En promedio, las nubes y las superficies; especialmente nieve, hielo y el océano, reflejan de inmediato 30% de la radiación solar que cae sobre la Tierra. La superficie de la Tierra y la atmósfera absorben el 70% restante, que activa el ciclo del agua, impulsa los vientos y las corrientes oceánicas, promueve la fotosíntesis y calienta el planeta. Finalmente, la



energía de onda larga (calor) regresa toda esta energía al espacio. Si las ganancias de calor no equilibran exactamente las pérdidas, la Tierra se calentará o se enfriará en exceso (Mader y Windelspecht, 2019).

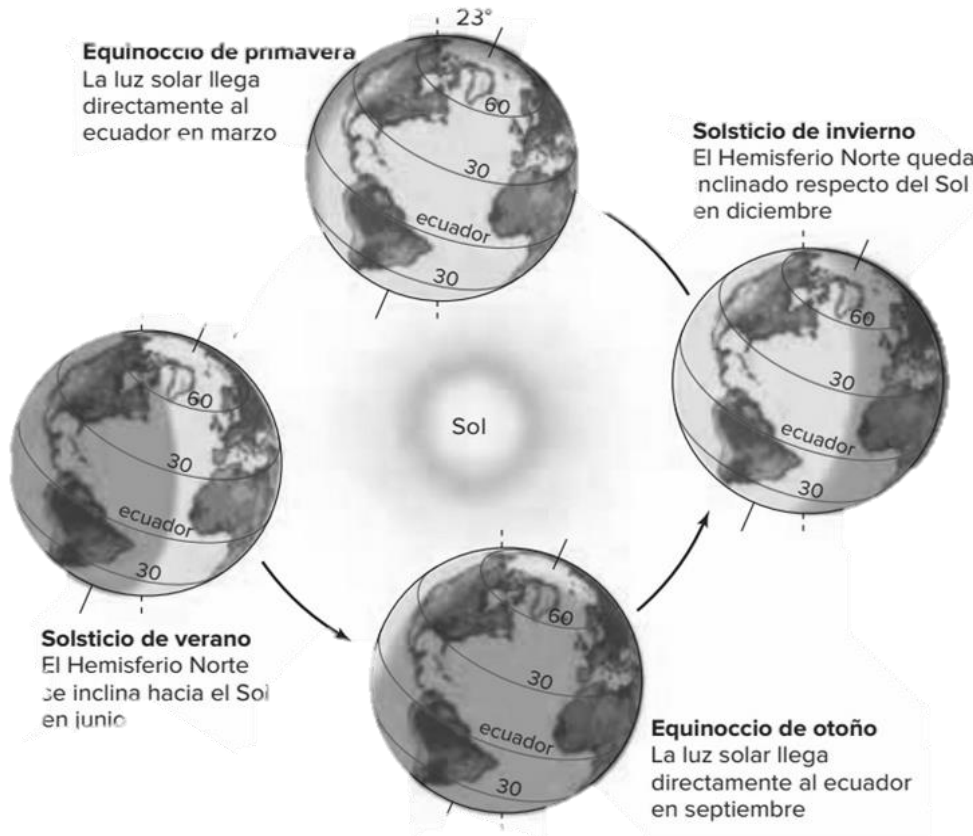


Figura 18. Distribución de la energía solar. Las estaciones de los Hemisferios Norte y Sur se deben a la inclinación de la Tierra sobre su eje a medida que gira alrededor del Sol. (Tomado de Mader y Windelspecht).

Las temperaturas anuales promedio están determinadas por la cantidad de luz solar que llega a la superficie en diferentes regiones, lo que a su vez depende de la latitud. La latitud es una medida de la distancia al norte o el sur a partir ecuador, expresada en grados. El ecuador se define como latitud 0°, y los polos están a 90° latitudes norte y sur. La luz solar golpea el ecuador de manera relativamente directa a lo largo del año.

Mientras más lejos se esté del ecuador, más inclinada llegará la luz solar, de modo que una cantidad determinada de luz solar se dispersa sobre un área más grande. La Tierra está inclinada sobre su eje, aproximadamente 23.5° en relación con una

línea perpendicular al plano de su órbita alrededor del Sol, esto provoca que durante el curso de un año las latitudes norte y sur del ecuador experimenten cambios significativos en el ángulo y duración de la luz solar, lo que resulta en estaciones pronunciadas. Cuando la posición de la Tierra en su órbita hace que el hemisferio norte se incline hacia el Sol, este hemisferio recibe luz solar relativamente directa y experimenta verano. De manera simultánea, el hemisferio sur está inclinado alejado del Sol, y por tanto experimenta invierno. Seis meses más tarde, las condiciones se invierten: es verano en el hemisferio sur e invierno en el hemisferio norte. Puesto que la luz solar golpea el ecuador de forma bastante directa a lo largo del año, los trópicos permanecen cálidos todo el año (Figura 18).

El agua es uno de los factores abióticos más importantes que determina la distribución de los organismos y su supervivencia. Se encuentra en ríos, mares y lagos de forma líquida; como hielo, granizo o nieve de forma sólida; y como humedad y nubosidad en su forma gaseosa. El agua también es crucial para la supervivencia de muchos organismos, ya que es el componente principal del citoplasma, además de ser la sustancia por la que numerosas reacciones metabólicas se llevan a cabo. La cantidad de agua en la tierra es controlada por la precipitación, que es la cantidad de agua que puede caer desde la atmósfera a la Tierra en forma de lluvia, nieve, granizo o aguanieve.

El suelo es un ambiente abiótico para las plantas, en el cual se encuentran miles de millones bacterias, hongos y animales microscópicos. La interacción entre lo biótico y lo abiótico convierte el suelo en un sistema vivo. El suelo posee longitud, ancho y profundidad. En la mayoría de los lugares sobre la faz de la Tierra, las rocas expuestas se han derrumbado y desmenuzado para producir una capa de detritos no consolidados que cubre las rocas duras y sin erosionar. Es esta superficie de contacto entre las rocas y el aire, el agua y los organismos vivos que caracterizan el ambiente superficial lo que forma el suelo. Su textura y porosidad depende la capacidad de retención de agua y nutrientes. Su composición química, textura, y profundidad, está determinada por el clima y los organismos que viven en él. El suelo está formado por humus, que es la capa superficial del suelo constituida por los restos degradados de plantas y animales que lo enriquece y determina su

fertilidad. Los minerales en el suelo están determinados por la roca de la que está formado.

**Actividad 15.** Con la información de la lectura realizada completa lo siguiente.

1. Los componentes no vivos del ambiente reciben el nombre de \_\_\_\_\_ mientras que los seres vivos son los \_\_\_\_\_.
2. La \_\_\_\_\_ regula la temperatura en la Tierra.
3. Las \_\_\_\_\_ anuales están determinadas por la cantidad de luz solar que llega a la superficie y esto depende de la \_\_\_\_\_.
4. El agua es un factor \_\_\_\_\_ importante ya que \_\_\_\_\_.
5. El \_\_\_\_\_ es la parte superficial de la Tierra y está formado por \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_.

**Actividad 16.** De acuerdo a lo que leíste, responde si se trata de factores bióticos o factores abióticos.

<b>Ejemplo: Luz solar</b>	<b>Abiótico</b>
Humedad	
Bacterias	
Conejo	
Hongo	
Viento	
Musgo	

Hielo	
Montañas	
Flores	
Arena	

## **Estructura y procesos en el ecosistema**

### **Relaciones intra – interespecíficas.**

**Aprendizaje:** Identifica las relaciones intra e interespecíficas que se pueden dar en los ecosistemas.

**Sugerencias de evaluación:** Se recomienda a manera de diagnóstico hacer una lluvia de ideas con los siguientes conceptos: simbiosis, comensalismo, parasitismo, relaciones entre especies diferentes y relaciones entre organismos de la misma especie.

Como evaluación formativa se sugiere realizar las actividades propuestas.

**Instrucciones:** Lee con atención el siguiente texto y después realiza la actividad propuesta.

### **Interacciones entre poblaciones**

Las interacciones entre poblaciones de diferentes especies se pueden clasificar según el efecto que cada población tiene sobre la otra. Competencia, depredación, parasitismo, mutualismo y comensalismo son ejemplos de relaciones directas entre las poblaciones.

Las interacciones que se presentan entre las poblaciones pueden ser de dos formas: relaciones interespecíficas y relaciones intraespecíficas. Las primeras se establecen entre poblaciones de diferente especie, y las segundas en poblaciones de la misma especie.

Las relaciones interespecíficas que se pueden establecer son: competencia, depredación, parasitismo, mutualismo y comensalismo.

<b>Interacción</b>	<b>Población 1</b>	<b>Población 2</b>
<b>Competencia</b>	-	-
<b>Depredación</b>	+	-
<b>Parasitismo</b>	+	-
<b>Mutualismo</b>	+	+
<b>Comensalismo</b>	+	0

Figura 19. En la competencia, ambas poblaciones se perjudican, en la depredación y el parasitismo una es perjudicada y la otra beneficiada; el mutualismo consiste en el beneficio recíproco y el comensalismo en el beneficio de sólo una de las poblaciones involucradas, mientras que, para la otra, la relación es neutral: no obtiene beneficio ni es perjudicada.

**Competencia:** Cuando distintos organismos utilizan el mismo recurso que se encuentra en cantidad limitada, el resultado es la competencia. Esta interacción puede ocurrir entre organismos de la misma especie, denominada competencia intraespecífica; y entre individuos que pertenecen a poblaciones de distintas especies, llamada competencia interespecífica.

Los recursos que pueden dar lugar a este tipo de competencia son variados, entre ellos el alimento, agua, luz, sitios de nidificación o madrigueras.

La competencia suele ser más intensa entre organismos con necesidades y estilos de vida similares. Por ejemplo, las plantas compiten con otras plantas por la luz y el agua, los herbívoros compiten con otros herbívoros por plantas o algas de las que se alimentan, las aves compiten entre sí por sitios de nidificación, lo que puede ocasionar que una de las especies sea perjudicada, resultando en que mueran más organismos o bien sean desplazadas del área.

**Depredación:** Las interacciones entre depredadores y sus presas incluyen la ingestión total o parcial de plantas por animales y de animales por animales o la digestión de pequeños animales por plantas carnívoras. Aquellos depredadores que

obtienen el alimento más eficientemente dejarán más descendencia; lo mismo ocurre con aquellas presas que sean más eficientes en evitar que las devoren. La depredación es beneficiosa para el depredador y perjudicial para la presa, ya que el depredador consume inmediatamente a su presa. La relación depredador-presa no implica necesariamente agresión, ya que algunas presas con frecuencia eluden a sus depredadores sin entablar combate.

**Parasitismo:** El parasitismo se puede considerar como una forma especial de depredación, en la que el depredador es más pequeño que la presa. El parásito es un depredador que se alimenta de partes de sus presas, suele hacerlo sobre pocos individuos a lo largo de su vida y suele no matarlos a corto plazo. Es más probable que enfermedades parasitarias eliminen a individuos muy jóvenes y muy viejos (directa o indirectamente) al hacerlos más susceptibles a otros depredadores, a los efectos del clima o a la escasez de alimento.

**Mutualismo:** Es una relación entre dos especies que resulta beneficiosa para ambos, que suele ser temporal y no obligatoria (siendo un caso especial la simbiosis). Un ejemplo de mutualismo es el pez limpiador (*Labroides dimidiatus*) que establece relaciones mutualistas con peces de mayores dimensiones, como la manta gigante (*Manta birostris*). El pez limpiador se encarga de desparasitar a la manta, quitándoles crustáceos y tejido muerto que le sirven como alimento, así también la manta se ve beneficiada al mantenerse limpia, evitando posibles enfermedades.

Simbiosis: El término simbiosis identifica una íntima, estrecha asociación entre especies en las que la mayor parte o el ciclo de vida completo de una especie ocurre dentro o en asociación muy cercana con otro. A menudo, una especie (el simbiote) no es de vida libre, sino que habita el cuerpo de otra especie (el anfitrión). Ocurre cuando ambos organismos o especies implicados se benefician de la misma, siendo ésta indispensable u obligada para su supervivencia, por ejemplo, las termitas en las que pensamos como insectos que comen madera; para poder degradar la lignina de la madera y obtener energía, tienen protozoos flagelados que

viven en su tracto digestivo, ellos son los que, a cambio de alimento y protección, degradan la lignina y le dan energía al cuerpo de la termita.

**Comensalismo:** Es una relación beneficiosa para una especie, pero que no beneficia ni daña a la otra. Los individuos de una población aprovechan los recursos que le sobran a los de otra población. La especie que se beneficia es llamada comensal. Por ejemplo, los pájaros estorninos negros (*Sturnus unicolor*) que habitan al noroeste de España, se alimentan en verano de moras. Cuando comen dejan caer semillas al suelo o sobre las hojas de la morera. Los pinzones (*Fringilla coelebs*), animales granívoros, buscan entre las hojas y el suelo, las semillas desechadas por los estorninos negros, tomándolas incluso directamente de las heces de los mismos, lo que permite que las semillas se dispersen y germinen.

Las relaciones intraespecíficas pueden ser: competencia o cooperación. La competencia puede ser por recursos como el alimento, el espacio, para la reproducción, dominancia social, por ejemplo, las plantas compiten por el espacio donde llega más luz; en los leones la presencia del macho dominador del área.

La cooperación se da para obtener beneficios como en el alimento, defensa o protección de crías. Se pueden presentar las relaciones familiares para el proceso de reproducción y protección de la descendencia, por ejemplo, las leonas que cuidan a las crías de la manada, sean de ellas o no; coloniales, formado por varios individuos juntos, como los corales; gregarias, que forman grupos para protección (como las cebras) y/o migración (mariposa monarca); y estatales, en el que hay una división del trabajo, como en el caso de las castas en las abejas.

**Actividad 17.** De acuerdo al enunciado, responde correctamente el tipo de interacción del que se trata:

1. Dos gallos luchan por fecundar a las gallinas de un corral \_\_\_\_\_
2. Aves (como las garcillas) que se alimentan de los parásitos de mamíferos grandes \_\_\_\_\_
3. Los líquenes son asociaciones de hongos con algas, en las que el hongo protege, da humedad y nutrientes al alga, y el alga, mediante la fotosíntesis proporciona materia orgánica al hongo. \_\_\_\_\_
4. Leones y hienas se alimentan de cebras \_\_\_\_\_
5. En lugares cálidos, es más común que a perros, gatos, humanos y otros mamíferos se les peguen garrapatas \_\_\_\_\_

### **Estructura y procesos en el ecosistema**

#### **Niveles tróficos y flujo de energía.**

**Aprendizaje:** Describe el flujo de energía y ciclos de la materia (carbono, nitrógeno, fósforo, azufre y agua) como procesos básicos en el funcionamiento del ecosistema.

**Sugerencias de evaluación:** Se recomienda a manera de diagnóstico que el alumnado escriba:

Cómo circula la energía de un nivel trófico a otro con la pregunta ¿quién se come a quién en la naturaleza? Y lo que recuerde de los ciclos biogeoquímicos.

Como evaluación formativa se sugiere trabajar en equipo los diferentes ciclos biogeoquímicos, que los alumnos realicen un organizador gráfico y lo presenten a sus compañeros de clase para una coevaluación, además de realizar las actividades propuestas.

**Instrucciones:** Lee con atención el siguiente texto y después realiza las actividades propuestas.



## **La energía y su flujo**

La fuente de energía para casi toda la vida en la Tierra es el sol. Los organismos fotosintéticos, como las plantas, absorben la luz solar y la utilizan para producir carbohidratos a partir del CO<sub>2</sub> y agua, produciendo carbohidratos (alimento) que a su vez serán transformados en ATP (por medio de la respiración celular), que es la energía química que emplean todos los sistemas biológicos.

La energía fluye a través de un ecosistema siguiendo rutas donde los nutrientes pasan de un componente del ecosistema a otro transfiriendo una porción de la cantidad original de energía, ésta con el tiempo, se disipa en el ambiente en forma de calor. Entonces, la energía del sol fluye a los ecosistemas, en primera instancia a las plantas, que la transfiere a otros sistemas biológicos a través de las cadenas o redes alimenticias y eventualmente termina como calor en la atmósfera; el calor en la atmósfera se pierde de vuelta al espacio.

## **Niveles tróficos**

Los niveles tróficos están relacionados con el flujo de energía dentro del ecosistema, un nivel trófico está constituido por organismos con requerimientos alimenticios similares. Los niveles tróficos se dividen en: productores, consumidores y desintegradores.

El primer nivel trófico está conformado por las plantas, cianobacterias y algas que realizan la fotosíntesis y por lo tanto son organismos autótrofos.

El segundo nivel lo forman los consumidores que son los que se alimentan de otros organismos y pueden ser: primarios o herbívoros; secundarios o carnívoros primarios; terciarios o carnívoros secundarios; cuaternarios o carnívoros terciarios que pueden ser carroñeros.

El tercer nivel está constituido por los desintegradores o descomponedores, y son las bacterias y hongos, que se encargan de degradar los compuestos químicos, como las proteínas en compuestos químicos más sencillos (aminoácidos); los descomponedores actúan sobre los sistemas biológicos muertos de todos los niveles.

En general, alrededor de 10% de la energía de un nivel trófico queda disponible para el siguiente nivel. De esa manera, si una población de herbívoros consume 1,000 kg de material vegetal, sólo cerca de 100 kg se convierten en tejido corporal de un herbívoro, 10 kg se convierten en tejido corporal de los carnívoros del primer nivel, y 1 kg se convierte en tejido corporal de los carnívoros del segundo nivel. Esta “regla del 10%” explica por qué una red alimentaria sólo puede dar sustento a unos cuantos carnívoros del nivel superior (Figura 19).

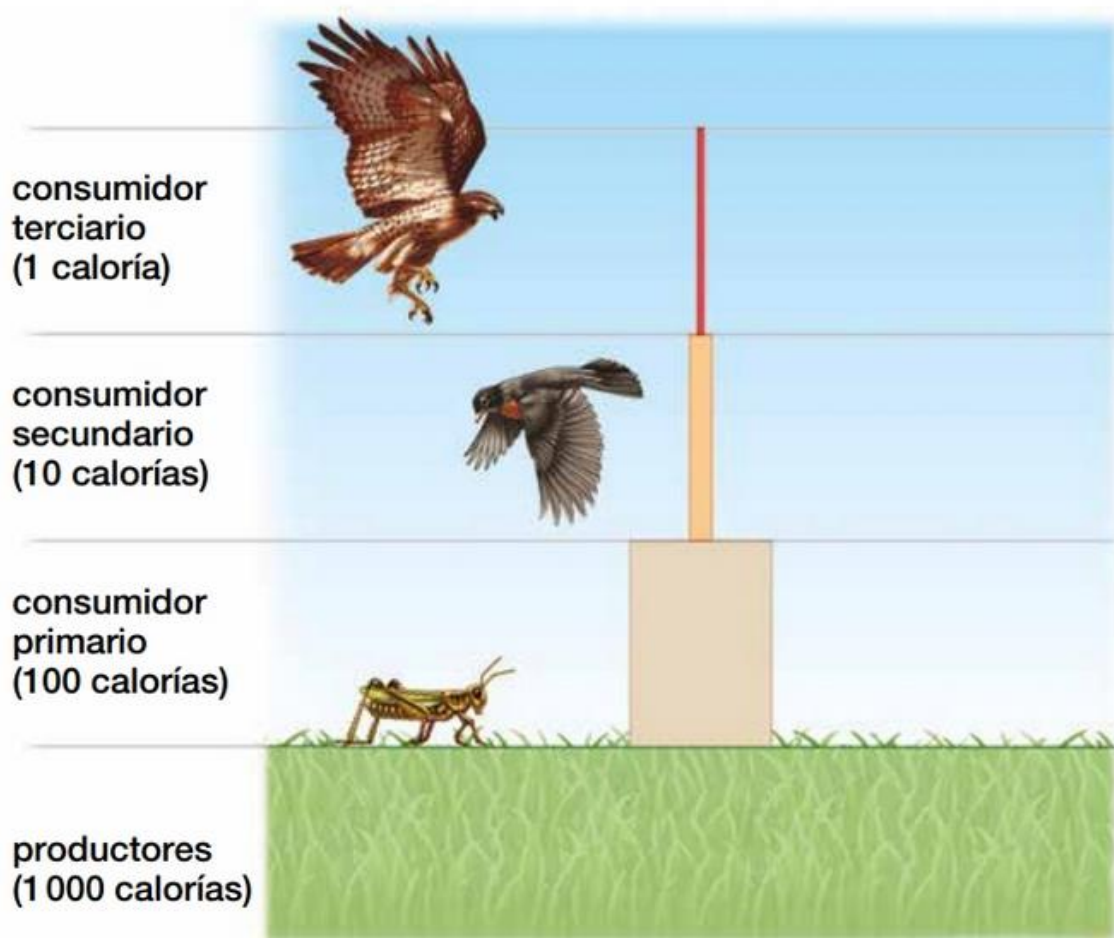


Figura 19. Ejemplo de la energía almacenada en cada nivel trófico (Tomado de Audesirk et al. 2017).

## **Ciclos biogeoquímicos**

Las rutas por las cuales las sustancias químicas circulan a través de los ecosistemas implican tanto componentes bióticos como abióticos, conocidos como ciclos biogeoquímicos. Estos pueden ser sedimentarios, atmosféricos o gaseoso.

### **Ciclos atmosféricos:**

#### **El ciclo del agua**

El ciclo del agua tiene gran impacto en los ecosistemas, debido a que los organismos requieren de agua disponible. Explica cómo el agua se mueve alrededor de la Tierra entre los océanos, la tierra y la atmósfera, experimentando cambios de fase entre sus formas sólida, líquida y gaseosa. Los océanos contienen la mayor parte del agua en la Tierra. Los glaciares y la nieve permanente almacenan pequeñas cantidades, al igual que las aguas continentales, como lagos y arroyos. Solo una pequeña cantidad se produce en la atmósfera como vapor de agua, pero tiene un gran impacto en el clima al ser un gas de efecto invernadero que retiene el calor y lo desvía hacia la superficie de la Tierra (Figura 20).

Las precipitaciones como la lluvia o nieve, caen en la Tierra a medida que el vapor de agua en la atmósfera se condensa. Pueden caer directamente en masas de agua, o pueden almacenarse temporalmente en forma de nieve. A medida que la nieve se derrite, el agua corre hacia los arroyos y finalmente hacia el océano. El agua también puede moverse subterráneamente, formando los mantos acuíferos. La energía del sol hace que el agua se vuelva a transformar en vapor de agua, devolviéndola a la atmósfera. Los organismos también liberan vapor de agua en procesos como la transpiración y la respiración celular.

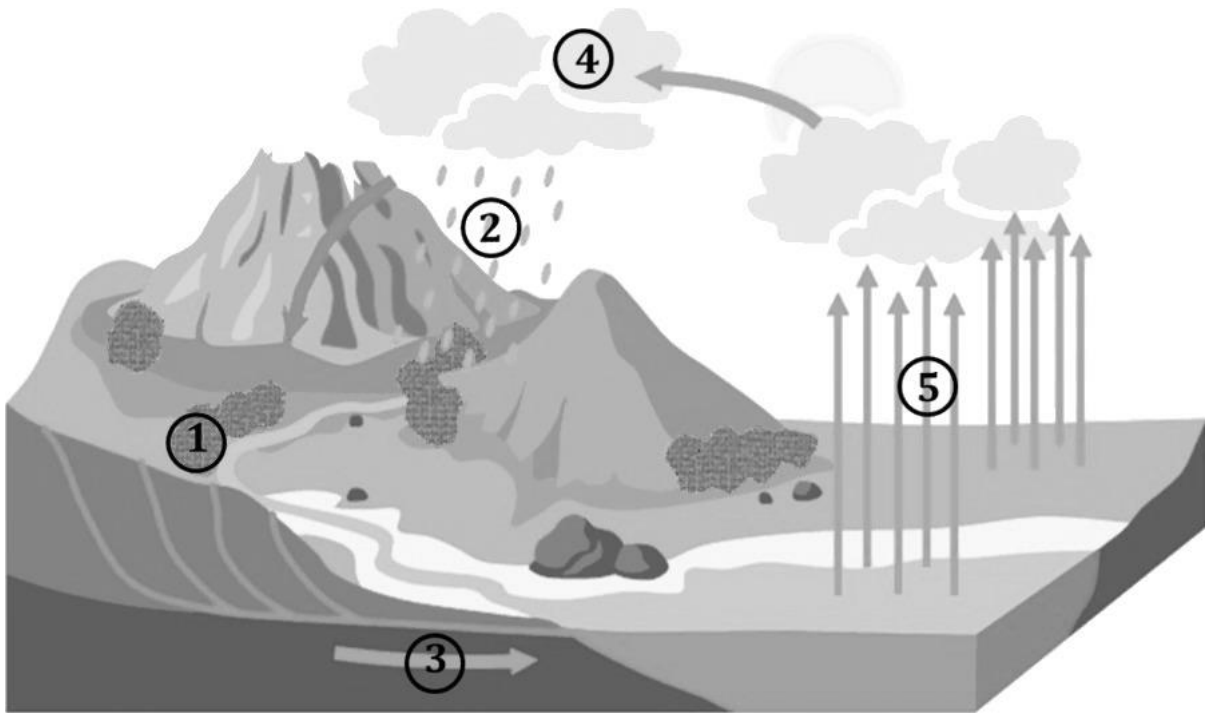


Figura 20. Ciclo del agua. 1-escorrentía, 2-precipitación, 3- infiltración, 4- condensación, 5-evaporación.

### **El ciclo del carbono**

El carbono está presente en la atmósfera, en los océanos y combustibles fósiles, como dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). Los organismos fotosintéticos capturan el  $\text{CO}_2$  y lo convierten en moléculas orgánicas como azúcares. En los niveles tróficos los azúcares transportan algo de carbono proveniente de las cadenas tróficas, a medida que los organismos comen otros organismos. Cuando los organismos mueren el carbono se reincorpora al suelo por la acción de los descomponedores, liberando carbono que se reincorpora al ciclo.

En los océanos el  $\text{CO}_2$ , también es empleado por las algas para realizar el proceso de fotosíntesis, una parte de éste se combina con calcio formando carbonato de calcio, que forma a las conchas de moluscos que al degradarse forman caliza, que con el paso tiempo se reintegra al agua.

Los combustibles fósiles se desarrollaron a partir de los restos de organismos depositados en la Tierra durante el Carbonífero, el empleo de éstos a partir de la

Revolución Industrial, el consumo de madera y combustibles fósiles aumentó, debido a la actividad humana, y al quemar grandes cantidades de éstos, aumenta la concentración de  $\text{CO}_2$  en la atmósfera, y al ser un gas de efecto invernadero, también aumenta la temperatura global, afectando el ciclo del agua y los patrones climáticos. También reducen la capacidad de los océanos para almacenar el  $\text{CO}_2$  disuelto.

### **El ciclo del nitrógeno**

El gas nitrógeno ( $\text{N}_2$ ) constituye alrededor de 78% de los gases en la atmósfera; sin embargo, las plantas no pueden utilizar el nitrógeno en su forma gaseosa. La disponibilidad de nitrógeno en un ecosistema puede limitar el tamaño de las poblaciones de productores.

Primero, consideremos que la fijación de nitrógeno ocurre cuando el gas nitrógeno ( $\text{N}_2$ ) se convierte en amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), una forma que las plantas pueden utilizar. Algunas cianobacterias en los ecosistemas acuáticos y algunas bacterias que viven libremente en el suelo son capaces de fijar el nitrógeno atmosférico de esa forma.

Otras bacterias fijadoras de nitrógeno viven en nódulos en las raíces de las leguminosas, como frijoles, guisantes y tréboles. Elaboran compuestos orgánicos que contienen nitrógeno disponible para las plantas huéspedes, de modo que éstas puedan formar proteínas y ácidos nucleicos. Las plantas también pueden utilizar nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) como fuente de nitrógeno. La producción de nitratos durante el ciclo de nitrógeno se denomina nitrificación, la cual ocurre de dos formas:

1. El gas nitrógeno ( $\text{N}_2$ ) se convierte en  $\text{NO}_3^-$  en la atmósfera cuando la radiación cósmica, las estrellas fugaces y los relámpagos suministran la energía necesaria para que el nitrógeno reaccione con el oxígeno.
2. El amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) en el suelo procedente de varias fuentes, incluyendo la descomposición de organismos y desechos animales, se convierte en  $\text{NO}_3^-$  por medio de las bacterias nitrificantes que viven en el suelo. En específico el amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) se convierte en nitrito  $\text{NO}_2^-$  y luego, el  $\text{NO}_2^-$  se convierte en nitrato  $\text{NO}_3^-$ .

Durante el proceso de asimilación, las plantas toman el  $\text{NH}_4^+$  y el  $\text{NO}_3$  del suelo y utilizan esos iones para elaborar proteínas y ácidos nucleicos. Finalmente, la desnitrificación es la conversión de nitratos de nuevo a gas nitrógeno que, luego, ingresa a la atmósfera. Las bacterias desnitrificantes que viven en el fango anaeróbico de los lagos, pantanos y estuarios realizan ese proceso como parte de su propio metabolismo. En el ciclo del nitrógeno, la desnitrificación compensaría la fijación de nitrógeno si no fuera por las actividades humanas.

Otra parte de la integración del nitrógeno a la atmósfera es cuando los productores y consumidores mueren, y los descomponedores actúan sobre ellos, para integrar el nitrógeno al suelo que junto con el agua forman nitrato y amoníaco

## **Ciclos sedimentarios**

### **El ciclo del fósforo**

Tanto la erosión de las rocas como las actividades humanas producen fósforo para la biota terrestre y acuática. Cuando el fósforo se vuelve parte de los sedimentos oceánicos, se pierde para las comunidades bióticas hasta que un levantamiento geológico lo hace de nuevo disponible. El fósforo de los sedimentos oceánicos llega al medio terrestre debido al levantamiento geológico.

En la tierra, la lenta erosión de las rocas libera iones fosfato  $\text{PO}_3^-$  y  $\text{HPO}_4$  en el suelo. Algunos quedan disponibles para las plantas, las cuales utilizan el fosfato en una variedad de moléculas, incluyendo fosfolípidos, ATP y los nucleótidos que se convierten en parte del DNA y el RNA. Los animales se alimentan de los productores e incorporan algo del fosfato a sus dientes, huesos y caparazones. Sin embargo, con el tiempo, la muerte y la descomposición de todos los organismos y de los desechos animales dejan disponibles una vez más iones fosfato para los productores.

Parte del fosfato escurre de manera natural hacia los ecosistemas acuáticos, donde las algas lo obtienen a partir del agua antes de que pueda quedar atrapado en los sedimentos. El fosfato en los sedimentos marinos no estará a la disposición de los productores terrestres, sino hasta que un levantamiento geológico exponga rocas sedimentarias en la tierra. Entonces, el ciclo comienza de nuevo.

## Ciclo del azufre

Las principales fuentes naturales de azufre que pueden hacerse disponibles para las plantas son la materia orgánica, los minerales del suelo y los gases de azufre en la atmósfera. En ecosistemas naturales donde la mayor parte del azufre tomado por las plantas vuelve al suelo, esas tres fuentes combinadas son usualmente suficientes para suplir las necesidades de crecimiento de las plantas. La materia orgánica es una fuente importante de azufre. Más de la mitad del azufre está ligado al carbono, principalmente en proteínas y en aminoácidos tales como cisteína, cistina y metionina.

Los minerales de sulfato son más fácilmente solubilizados, y el ion sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) es fácilmente absorbido por las plantas. Otra fuente importante de azufre es la atmósfera, que contiene cantidades variables de ácido sulfhídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ), dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) y otros gases de azufre y también partículas de polvo que contienen azufre. Esas formas atmosféricas de azufre pueden provenir de erupciones volcánicas, volatilización desde el suelo, spray de los océanos, y de plantas industriales de generación de electricidad que queman carbono rico en azufre y plantas que funden metales, donde el  $\text{SO}_2$  liberado por la combustión pasa al aire y luego al suelo por acción de las lluvias, como así también por difusión gaseosa.

Los vegetales pueden tomar hasta el 30% del S necesario desde la atmósfera. Algunos de esos materiales son oxidados a sulfatos en la atmósfera formando  $\text{H}_2\text{SO}_4$  y sales de sulfato, tales como  $\text{CaSO}_4$  y  $\text{MgSO}_4$ . Cuando esos sólidos y gases retornan a la tierra como partículas secas y gases el proceso se llama deposición seca; cuando se depositan con la precipitación se llama deposición húmeda. Aunque la proporción de esas dos formas de deposición varía de un lugar a otro, cada una de ellas constituye aproximadamente la mitad del total.

Las plantas absorben sulfatos y a veces dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) atmosférico por difusión gaseosa a través de las hojas, sintetizando proteínas y otros compuestos azufrados. Los residuos vegetales y animales son mineralizados por microorganismos especializados liberándose azufre inorgánico. Las proteínas,

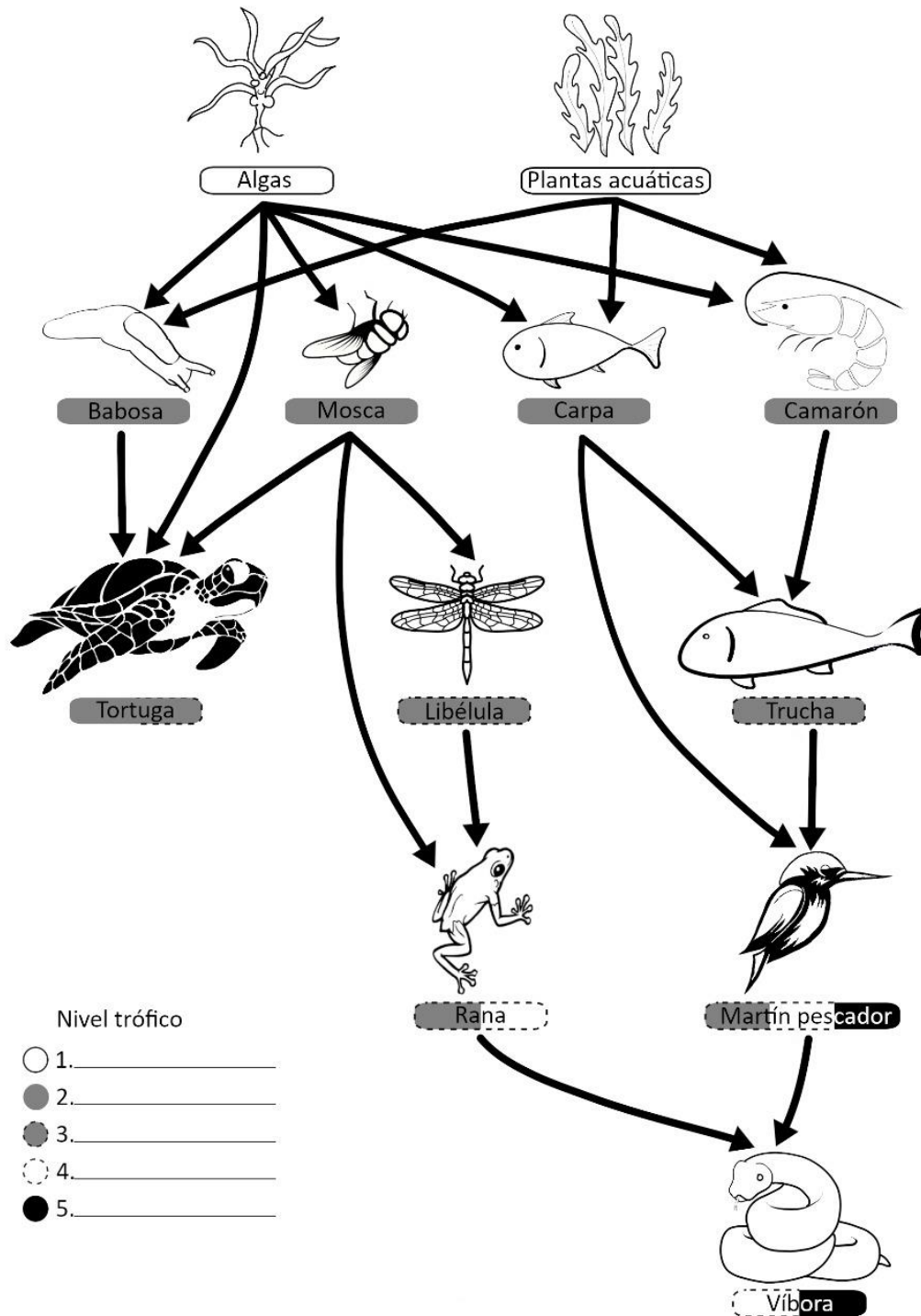
péptidos y otros compuestos son despolimerizados hasta aminoácidos y el azufre de éstos sale reducido ( $\text{SH}_2$ ), y en condiciones normales de oxidación pasa a  $\text{SO}_4^{2-}$

En este proceso intervienen bacterias heterótrofas aerobias o anaerobias y hongos. El  $\text{SO}_4^{2-}$  producido por la mineralización es en parte tomado por los microorganismos del suelo. El azufre es oxidado a  $\text{SO}_4^{2-}$  por diversas especies de bacterias, aerobias y autótrofas, que obtienen su energía de la oxidación de un material inorgánico. La oxidación de azufre a  $\text{SO}_4^{2-}$  disminuye el pH del suelo por formación de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Este proceso es aprovechado a veces en suelos alcalinos, agregando a los mismos S para reducir el pH.

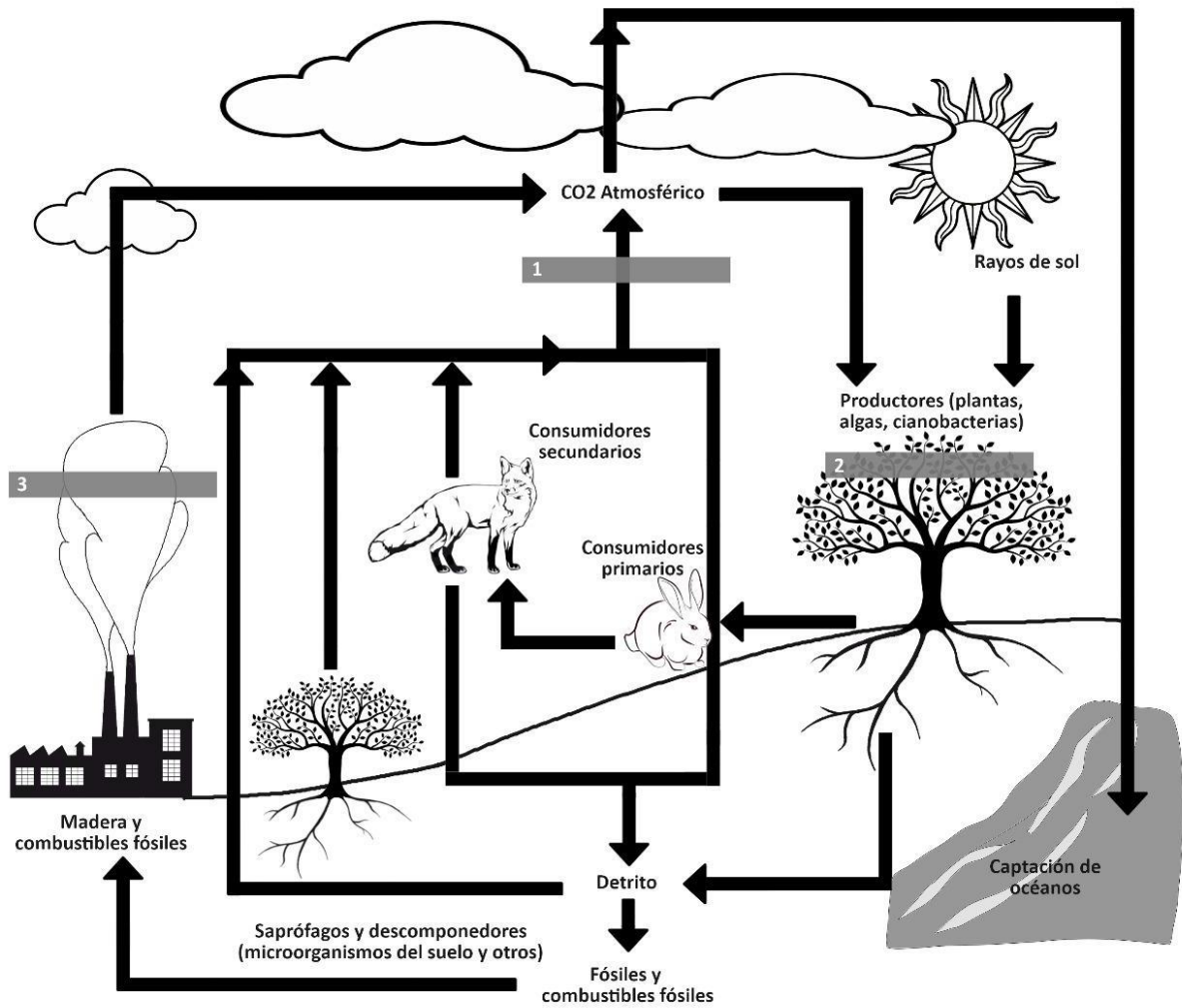
La oxidación del azufre puede llevar al suelo a condiciones de acidez extremas, por ejemplo, cuando tierras costeras inundadas con agua salada o agua de mar se drenan para incorporarlas al cultivo, ya que el agua y los sedimentos marinos contienen cantidades relativamente grandes de azufre.



**Actividad 18.** Con la información proporcionada, ubica correctamente las siguientes palabras en el diagrama de la cadena trófica: consumidores cuaternarios, consumidores primarios, consumidores terciarios, productores, consumidores secundarios.



**Actividad 19.** Con la información proporcionada, ubica correctamente las siguientes palabras en el diagrama de ciclo del carbono: quema, respiración celular, fotosíntesis. Y después con tus propias palabras describe el diagrama completo en las líneas que se encuentran debajo del mismo.



**Descripción:**

---



---



---



---



---



---

---

---

---

## **Biodiversidad y conservación biológica**

### **Concepto de biodiversidad**

**Aprendizaje:** Identifica el concepto de biodiversidad y su importancia para la conservación biológica.

**Sugerencias de evaluación:** Se recomienda que el alumnado responda las siguientes preguntas de manera escrita

¿Qué entiendes por biodiversidad?

¿Cuáles son los niveles de la biodiversidad?

¿Porque es importante conservar la biodiversidad?

Como evaluación formativa se recomienda trabajar en equipo los conceptos de valor medicinal, valor agrícola y pesquero, reciclaje de desechos, prevención de la erosión del suelo y regulación del clima; y que los alumnos realicen una presentación ante sus compañeros de clase para una coevaluación.

**Instrucciones:** Lee con atención el siguiente texto y después responde el organizador gráfico.

### **Concepto de biodiversidad**

La biodiversidad se refiere a la totalidad de especies en un ecosistema específico, así como a la variabilidad genética existente en cada una de las especies y también entre ellas, así como su distribución a través de los diferentes sitios en los que habitan, ya sean ecosistemas, paisajes, continentes u océanos. El término biodiversidad implica que ningún organismo vive en aislamiento, puesto que las formas en que los millones de organismos interactúan en la Tierra contribuyen al equilibrio del ecosistema global y a la supervivencia de la biosfera.

El concepto de biodiversidad permea en diferentes ámbitos, por ejemplo, el ecológico, en el de toma de decisiones políticas, entre otros. En la actualidad existen instituciones comprometidas con la conservación de la biodiversidad.

Frecuentemente, cuando la gente habla de la biodiversidad, se refiere en forma genérica a los espacios silvestres. Pero también es común que aludan a la abundancia de especies, en general o en particular, pensando en un conjunto como los felinos o los mamíferos herbívoros.

El concepto de biodiversidad adquiere mayor precisión cuando lo emplean los estudiosos de la naturaleza como los biólogos, los ecólogos o los botánicos, que se dedican a estudiar las poblaciones en cuanto a sus características morfológicas, funcionales, genéticas y evolutivas. Para ellos significa “la variedad y variación de los organismos biológicos”, o dicho de otra manera es la variación genética entre las especies y el número total de éstas que se presentan en un ecosistema y las interrelaciones entre ellas.

En este sentido, la naturaleza puede representarse como una serie de conjuntos, anidados uno dentro de otro, con distinta complejidad (Figura 21). En el nivel de menor complejidad, están los genes, que son unidades pequeñas que contienen la información a través de la cual se controlan todas las funciones de los organismos vivos (por ejemplo, la semejanza entre los individuos de una misma población). En el siguiente nivel de organización aparece la población o especie, que ya fue definida anteriormente. Le sigue el de comunidad abarca a las diferentes poblaciones, éstas conforman a los ecosistemas.

En este sistema de jerarquías, el resultado de los procesos de un nivel se revela en el siguiente, de mayor complejidad, que lo contiene. Entonces, si se intenta relacionar el concepto de biodiversidad con los niveles de organización biológica, descubrimos, claramente, que para describir la variedad de formas en cada uno de ellos se requieren métodos analíticos particulares e incluso diferentes estrategias para interpretar la heterogeneidad y finalmente, aproximaciones diferentes para el manejo de la biodiversidad.

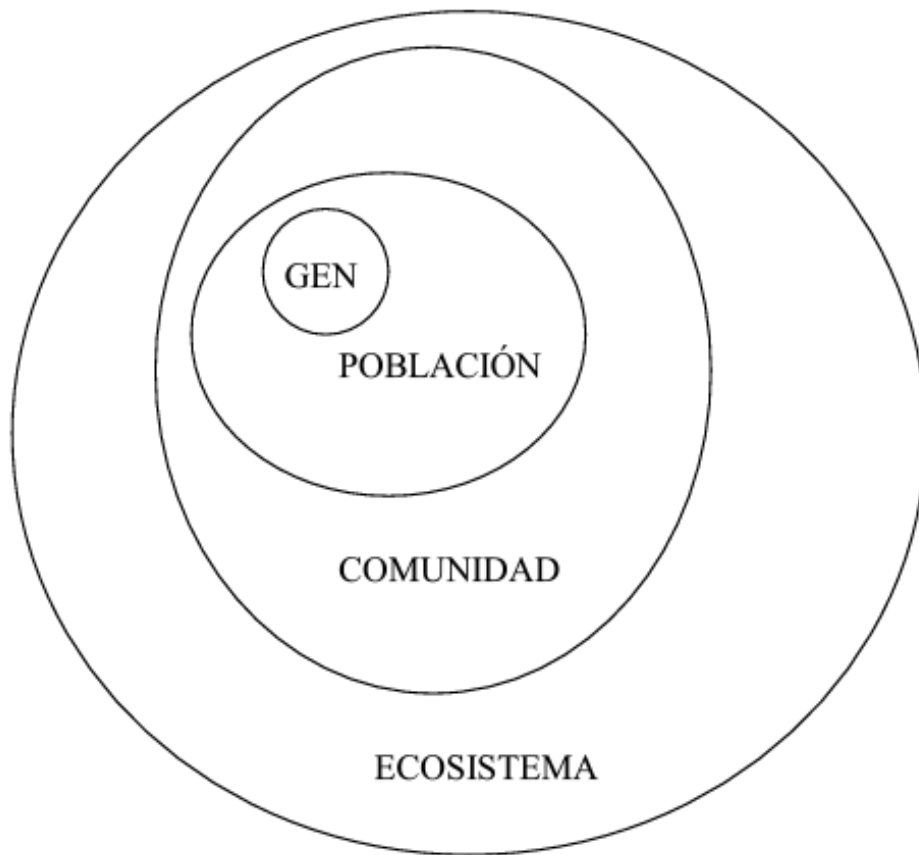


Figura 21. Estructura de jerarquías presentes en la naturaleza. Tomado de Ghera, 2007.

La biodiversidad que vemos hoy es el resultado de miles de millones de años de evolución, moldeados por procesos naturales y, cada vez más, por la influencia de los seres humanos. Estudios científicos recientes de la biodiversidad sugieren que quizás haya alrededor de 8.7 millones de especies (sin considerar a las bacterias ni a los virus) en el planeta, pero algunos creen que ese número es mucho mayor ya que muchas especies aún tienen que descubrirse y describirse.

Por tanto, la biodiversidad se considera en 3 niveles principales:

**Diversidad genética:** es la variedad de información genética contenida en todas las plantas, animales y microorganismos individuales que se encuentran dentro de las poblaciones de especies. Es la variación de genes dentro de especies y poblaciones.

**Diversidad de especies:** es la variedad de especies y se mide en términos de Riqueza de especies (recuento total de especies en un área definida). Abundancia de especies: se refiere al número relativo entre especies. Si todas las especies tienen la misma abundancia, esto significa que la variación es alta y, por lo tanto, una alta diversidad; sin embargo, si una especie está representada por 96 individuos, mientras que el resto está representado por 1 especie cada uno, esto es una diversidad baja. En la naturaleza, no todas las especies de una comunidad tienen la misma abundancia o la misma riqueza.

**Diversidad de ecosistemas:** Incluye la variedad de comunidades y los ambientes no vivos de los que dependen las comunidades. También incluyen los diferentes tipos de ecosistemas, tanto terrestres como acuáticos, que se encuentran a lo largo de la biosfera.

### **¿Por qué es importante conservar la diversidad?**

La biodiversidad es un bien intangible que todos necesitamos, por lo que es necesario conservarla en sus diferentes niveles, tanto terrestre como acuático. La biodiversidad proporciona beneficios en muchos sentidos, como la producción de alimentos, la extracción de sustancias químicas para elaborar medicamentos y materia prima para las industrias.

El conservar la vegetación, ayuda a la filtración del agua, a evitar la erosión del suelo, la eliminación del CO<sub>2</sub>, a la regulación del clima, evitar inundaciones, por ejemplo, el conservar los humedales previenen varios de estos aspectos. También ayuda a la preservación de los animales, ya que forman parte de su hábitat.

Diferentes perspectivas pueden ayudar a entender mejor el valor intrínseco de la biodiversidad:

Valor directo: servicios que representan un valor económico para los seres humanos. Por ejemplo: Valor medicinal, agrícola y pesquero.

Valor indirecto: se basa en los servicios que proveen y que no tienen un valor económico medible. Por ejemplo: los ciclos bioquímicos, reciclaje de desechos, prevención de la erosión del suelo y regulación del clima.



## **Biodiversidad y conservación biológica**

### **Impacto de la actividad humana en el ambiente.**

**Aprendizaje:** Identifica el impacto de la actividad humana en el ambiente, en aspectos como: contaminación, erosión, cambio climático y pérdida de especies.

**Sugerencias de evaluación:** Se recomienda que, al terminar la lectura, el alumno investigue de forma individual un caso de impacto ambiental en México que tenga que ver con contaminación, erosión, cambio climático o pérdida de especies.

**Instrucciones:** Lee con atención el siguiente texto y después realiza las actividades propuestas.

### **Amenazas para la diversidad**

El hombre ha aumentado su capacidad para modificar voluntaria, profunda e irreversiblemente cualquier lugar del planeta que hoy son las decisiones políticas y no los impedimentos técnicos los que limitan -cuando lo hacen- su capacidad destructiva. Somos la causa y posible solución de un problema que, lejos de tener una salida científica o técnica, deberá abordarse a través del cambio de los fundamentos sociales, económicos y filosóficos de nuestra propia existencia. Por lo tanto, la conservación de la biodiversidad trasciende a la capacidad de la investigación biológica por más que, desde hace décadas, ésta se esfuerce en responder a este reto proponiendo soluciones y nuevas aproximaciones.

La destrucción de hábitats, la sobreexplotación, las especies invasoras, la contaminación, el cambio climático global y las alteraciones a los ciclos biogeoquímicos son los mayores peligros para la biodiversidad. Las especies en peligro con frecuencia enfrentan varios de estos peligros de manera simultánea. Por ejemplo, los arrecifes de coral, hogar de casi un tercio de las especies de peces marinos, sufren de una combinación de sobreexplotación, contaminación, acidificación oceánica y calentamiento global.



## **Destrucción de hábitats**

La pérdida de hábitat pone en peligro a más de 85% de todos los mamíferos, aves y anfibios en peligro de extinción. La amenaza más seria es la pérdida de bosques lluviosos tropicales, hogar de casi la mitad de las especies de plantas y animales de la Tierra. La principal causa de la destrucción de los bosques lluviosos tropicales es la conversión de la tierra para uso agrícola, tanto pequeños cultivos y granjas como enormes plantaciones; además de ranchos para obtención de carne vacuna, soja, aceite de palma, caña de azúcar y bio-combustibles, casi siempre para los países desarrollados. Aun cuando un ecosistema no sea destruido, puede dividirse, separarse por caminos, parcelas o desarrollos inmobiliarios. Esta fragmentación de hábitat es una seria amenaza para la vida silvestre.

**Sobreexplotación:** Es la caza o recolección de poblaciones naturales a una tasa que supera su capacidad para reabastecer su cantidad. La sobreexplotación de muchas especies aumenta conforme crece la demanda de animales y plantas silvestres. La sobreexplotación es la mayor amenaza individual para la vida marina, y provoca declives dramáticos de muchas especies, incluidos invertebrados como abulón, almejas y corales, y peces como bacalao, muchos tiburones y atún. Tanto la pobreza como la riqueza pueden contribuir a la sobreexplotación, en particular de especies en peligro de extinción. Las poblaciones que crecen rápidamente en los países menos desarrollados aumentan la demanda de productos animales, pues el hambre y la pobreza impulsan a la gente a recolectar todo lo que pueda venderse o comerse, legal o ilegalmente, sin importar su rareza. Los consumidores ricos con frecuencia alimentan la explotación de las especies en peligro al pagar altos precios por productos ilegales como marfil de colmillo de elefante, orquídeas raras y aves exóticas. La venta de especies en peligro de extinción, o productos derivados de ellos, es muy lucrativa.

**Especies invasoras:** Los humanos han transportado muchas especies alrededor del mundo: desde aves hasta insectos. En muchos casos, la especie introducida no causa gran daño. En ocasiones, las especies no nativas se vuelven invasoras: aumentan en número a costa de las especies nativas, y compiten con ellas por

alimento o hábitat, o las depredan directamente. Muchas especies amenazadas sufren competencia o depredación por especies invasoras. Los ecosistemas isleños son en particular vulnerables a las especies invasoras, porque las poblaciones de plantas y animales por lo general son pequeñas, con frecuencia no se encuentran en otras partes del mundo y, si no pueden competir con las invasoras, las nativas no pueden moverse con facilidad hacia un nuevo hábitat. Muchas de las pérdidas han sido provocadas por competencia y depredación por especies invasoras.

**Contaminación:** La contaminación incluye productos químicos sintéticos como plastificadores, retardantes de flama y pesticidas; metales tóxicos como mercurio, plomo y cadmio; y altos niveles de nutrientes, por lo general provenientes de drenajes o escurrimientos agrícola. Puesto que los químicos sintéticos con frecuencia son solubles en lípidos, incluso pequeñas cantidades en el ambiente pueden acumularse hasta niveles tóxicos en el tejido graso de los animales. Un ejemplo del siglo XX, es el insecticida DDT que se acumuló en muchas especies de aves depredadoras, lo que hizo que pusieran huevos con cascarones tan delgados que se rompían cuando los progenitores se sentaban sobre ellos durante la incubación. El DDT y otros 11 contaminantes orgánicos se prohibieron o restringieron por un tratado firmado por cerca de 180 países. Las disputas acerca de posibles efectos ambientales y de salud humana de muchos otros químicos orgánicos sintéticos continúan. La minería, los procesos industriales y la quema de combustibles fósiles libera metales pesados en el ambiente. Incluso niveles muy bajos de ciertos metales pesados, como mercurio y plomo, son tóxicos para casi todos los organismos. La quema de combustibles fósiles libera compuestos de nitrógeno y azufre, lo que perturba sus ciclos biogeoquímicos naturales y provoca precipitación ácida que amenaza bosques y lagos. El escurrimiento de fertilizantes desde granjas y prados con frecuencia entra a las aguas cercanas y puede provocar explosiones dañinas de algas.

**Erosión:** La erosión del suelo se define como la eliminación acelerada de la capa superior del suelo de la superficie de la tierra por agua, el viento o la labranza. El proceso de erosión está estrechamente vinculado con la desertificación y el cambio climático, la pérdida de la biodiversidad, lo que acentúa los índices de pobreza y

migración, disminución de la productividad del suelo e incrementa la frecuencia de eventos extremos como lluvias torrenciales, abandono de tierras por efectos de la sequía y desertificación. La erosión acelerada del suelo, agravada por las perturbaciones antropogénicas, es un proceso destructivo, ya que agota la fertilidad y degrada la estructura del suelo, reduce la profundidad efectiva de enraizamiento, destruyendo el más básico de todos los recursos naturales y agrava la desertificación.

**Cambio climático:** El rápido ritmo de cambio climático inducido por los humanos desafía la habilidad de las especies para adaptarse. Los impactos del cambio climático global, incluyen que los desiertos pueden volverse más calientes y más secos; las condiciones más calurosas fuerzan a algunas especies a retirarse hacia los polos o las montañas para permanecer dentro de las zonas climáticas donde pueden sobrevivir y reproducirse; las especies relativamente inmóviles, en especial las plantas, pueden no ser capaces de retirarse con suficiente rapidez para permanecer dentro de un rango de temperatura adecuado, porque por lo general sólo van tan lejos y tan rápido como el viento o los animales dispersan sus semillas; el hábitat frío tal vez desaparecerá por completo de las cimas de las montañas; los animales que viven a grandes alturas, enfrentan reducción de hábitat conforme las montañas se calientan; las plagas de insectos que antes eran aniquiladas por la escarcha o heladas sostenidas pueden dispersarse y florecer; las enfermedades transmitidas por parásitos o insectos se dispersan más cerca de los polos.

**Pérdida de especies:** Las especies son piezas básicas de los ecosistemas. Son responsables de los flujos de materia y energía que configuran la vida en nuestro planeta generando los servicios ambientales básicos de los que dependemos. La progresiva pérdida de estas entidades tiene consecuencias evidentes, aunque todavía mal cuantificadas. La progresiva pérdida de especies, en la medida en que puede afectar la funcionalidad de los ecosistemas del planeta, es un proceso de consecuencias imprevisibles. En realidad, salvando ciertos enclaves privilegiados por su protección o marginalidad, estamos fracasando en la conservación de la diversidad biológica del planeta. Lo urgente nos impide hacer lo importante con lo que, a día de hoy, seguimos siendo los responsables de la denominada sexta gran

extinción. Cuando se extingue una especie, primero se afecta la estructura y la función de los sistemas biológicos, de los sistemas ecológicos y que si se extingue una especie hay algún impacto en la naturaleza, estas especies de plantas y animales son fundamentales para mantener los servicios ambientales. El tráfico ilegal de especies es una actividad clandestina que comprende: la extracción, movilización, compra, venta y tenencia no autorizada de especies silvestres o productos derivados. El comercio ilícito se encuentra en mercados, tiendas de mascotas, particulares, puestos en carreteras, internet y anuncios en medios impresos. Anualmente se ofertan alrededor de cinco millones de aves vivas, 10 millones de unidades de piel de reptil, 15 millones de mamíferos y 350 millones de peces tropicales, según la World Wildlife Fundation (WWF).

### **Alteraciones a los ciclos biogeoquímicos**

Los seres humanos alteran de manera significativa las tasas de transferencia en el ciclo de nitrógeno al producir fertilizantes a partir de  $N_2$ . Los fertilizantes escurren hacia los lagos y ríos, lo que da como resultado la proliferación de algas y plantas acuáticas con raíz. Cuando las algas mueren, las mayores poblaciones de descomponedores consumen todo el oxígeno en el agua, y el resultado es la muerte masiva de peces.

La lluvia ácida ocurre porque los óxidos de nitrógeno ( $NO_x$ ) y el dióxido de azufre ( $SO_2$ ) entran en la atmósfera procedentes de la quema de combustibles fósiles. Ambos gases se combinan con el vapor de agua para formar ácidos, los cuales terminan por regresar a la Tierra. La lluvia ácida ha afectado de manera drástica los bosques y lagos al alterar el pH de sus suelos y aguas superficiales; también reduce los rendimientos agrícolas y corroe el mármol, los metales y la cantera.

Otro aspecto importante es el uso de productos fosfatados que se utilizan en la producción de fertilizantes y detergentes, los desechos animales de haciendas ganaderas, y la descarga de las plantas de tratamiento de aguas residuales que producen la eutroficación (enriquecimiento excesivo) del agua, lo que provoca que los organismos que viven en esos cuerpos de agua disminuyan o mueran.



## **Biodiversidad y conservación biológica**

### **Desarrollo sustentable.**

**Aprendizaje:** Reconoce las dimensiones del desarrollo sustentable y su importancia para el uso, manejo y conservación de la biodiversidad.

**Sugerencias de evaluación:** Se recomienda que, al terminar la lectura, el alumno investigue de forma individual las secretarías y políticas ambientales implementadas en México y su situación actual.

**Instrucciones:** Lee con atención el siguiente texto y después realiza las actividades propuestas.

### **Historia del desarrollo sustentable**

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), fue creada el 5 de octubre de 1948 en la ciudad francesa de Fontainebleau. Como primera unión medioambiental mundial, reunió a gobiernos y organizaciones de la sociedad civil en torno a un objetivo común: proteger la naturaleza. Encaminada a fomentar la cooperación internacional y proveer conocimientos científicos y herramientas para guiar acciones de conservación.

El desarrollo sustentable es un concepto que comenzó a tomar forma a fines de la década de 1960. Años después, en 1971, un grupo de expertos se reunió en Founex, Suiza, para hablar sobre desarrollo y medio ambiente. La Conferencia de las Naciones Unidas (ONU) sobre el Ambiente Humano que se celebró en Estocolmo en junio de 1972 proclamó al ambiente como una cuestión de interés constante para todos los países. Además, incluyó en el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) la maquinaria para afrontar esta dimensión recién descubierta del desarrollo y de los asuntos internacionales. En la larga serie de conferencias se llegó al consenso en el que los países en desarrollo entendieron que, lejos de constituir un problema exclusivo del mundo industrializado, la degradación ambiental y el abuso de la naturaleza también son su problema. Asimismo, los países industrializados admitieron que los patrones del uso y la mala distribución de los recursos constituyen un aspecto importante de la

problemática ambiental. Al hacer hincapié en la problemática del ambiente humano se intenta recurrir a políticas internacionales y nacionales para que se afronte el reto del desarrollo socioeconómico sostenido a largo plazo.

En 1968, la UNESCO organizó la Conferencia Intergubernamental para el Uso Racional y la Conservación de la Biosfera. Esta reunión tuvo como resultado la puesta en marcha del programa MAB (Programa sobre el Hombre y la Biosfera) de la UNESCO. Las Reservas de la Biosfera se concibieron como áreas para experimentar, perfeccionar, demostrar e implementar la conservación de la biodiversidad. El nombre “Reserva de la Biosfera” fue elegido a comienzos de los años de 1970 para identificar estos lugares de experimentación con el MAB. En 1983 la ONU estableció la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. En abril de 1987, se publica el documento “Nuestro futuro común”, mejor conocido como Informe Brundtland. El que advierte que la humanidad debe cambiar los modos de vivir y de interacción comercial si no desea ingresar en una era con niveles de sufrimiento humano y degradación ecológica inaceptables. Asimismo, indica que está en manos de la sociedad hacer que el desarrollo sea sustentable, es decir, asegurar que “satisfaga las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias”. Se sugiere que el desarrollo económico y social deben tener como objetivo la sustentabilidad, y como conceptos claves de las políticas de desarrollo sustentable identifica los siguientes: la satisfacción de las necesidades básicas de la humanidad: alimentación, vestido, vivienda, salud; la necesaria limitación del desarrollo impuesta por el estado actual de la organización tecnológica y social, su efecto sobre los recursos naturales y la capacidad de la biosfera para absorber dicho efecto.

Dentro de la definición de desarrollo sustentable se advierte que el individuo es el elemento central, pero a partir de él se escala hacia lo global. Todos están involucrados, no importa dónde vivan, qué hacen o qué hicieron para vivir. Ninguno está exento, ninguno puede transferir la responsabilidad a otro, ni a la próxima generación. Es un enfoque multidisciplinario, multiescala, multiperspectiva porque abarca la economía, la cultura, las estructuras sociales, el uso de los recursos, etc.

Según el pensamiento de la mayoría de las personas, la sustentabilidad se refiere a la supervivencia humana y trata de evitar el desastre ecológico. Por el contrario, el discurso profesional es complejo y técnico. Sin embargo, ambos enfoques comparten la perspectiva antropocéntrica. La supervivencia y el bienestar humano es la preocupación básica, mientras que en este panorama la naturaleza solo se considera un medio.

En el año 1985 ante el reconocimiento internacional del enorme problema que representaba el agujero en la capa de ozono, se convoca a los países a la llamada Convención de Viena para la Protección de la Capa de Ozono, se firmó en 1987 con base en los artículos 2 y 8 de esa convención uno de los primeros acuerdos internacionales en materia ambiental llamado Protocolo de Montreal.

El 12 diciembre de 2015, en la COP21 de París, las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, actividades forestales y uso del suelo (CMNUCC) alcanzaron un acuerdo histórico para combatir el cambio climático y acelerar e intensificar las acciones e inversiones necesarias para un futuro sostenible con bajas emisiones de carbono. El Acuerdo de París se basa en la Convención y, por primera vez, hace que todos los países tengan una causa común para emprender esfuerzos ambiciosos para combatir el cambio climático y adaptarse a sus efectos, con un mayor apoyo para ayudar a los países en desarrollo a hacerlo. Como tal, traza un nuevo rumbo en el esfuerzo climático mundial.

En diciembre de 2018 la activista Greta Thunberg ofreció un discurso ante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. La adolescente de 16 años ha movilizado a miles de estudiantes de todo el mundo, menores de 29 años a tomar palabra liderando lo que denomina la revolución verde, un llamando de atención a tomar medidas urgentes para detener la catástrofe ambiental que han heredado de sus mayores: “Si nadie actúa lo haremos nosotros. No somos simples jóvenes que se saltan las clases. Somos la vía para el cambio. Juntos somos imparables”, ha afirmado la activista.



## **Dimensiones del desarrollo sustentable**

Como ya se mencionó el desarrollo sustentable se basa en la mejora de las diferentes actividades productivas, sin dañar el ambiente y sin poner en riesgo a las futuras generaciones, por lo que se plantea se base en cuatro dimensiones: económica, ecológica y social, donde todas están interrelacionadas (Figura 22).

La dimensión económica, hace referencia al hecho de que las industrias sigan progresando, que las producciones sean más limpias y eficientes, que sean de mejor calidad, sin alterar el ambiente.

La dimensión social tiene que ver con la equidad intergeneracional e intergeneracional, que es la integración de las personas vulnerables en la misma generación y con generaciones futuras, la equidad también deberá de darse entre los países desarrollas y en vías de desarrollo, lo que podrá apoyar la estabilidad social, tener servicios básicos, reducir la pobreza, entre otros.

En la dimensión ecológica se tiene que considerar la conservación, uso racional y sustentable de los diferentes ecosistemas tanto los terrestres como los acuáticos, para mantener la diversidad genética. Aquí se encuentran los recursos renovables y los no renovables que permiten que un ecosistema se pueda sostener.

El uso adecuado de los recursos del ecosistema permitirá evitar la producción de residuos que pueden ser tóxicos para todas las especies, las diferentes formas de contaminación. Entre las dimensiones debe de existir un equilibrio para que se pueda llevar a cabo un desarrollo sustentable, ninguna debe de tener prioridad sobre las otras dos.

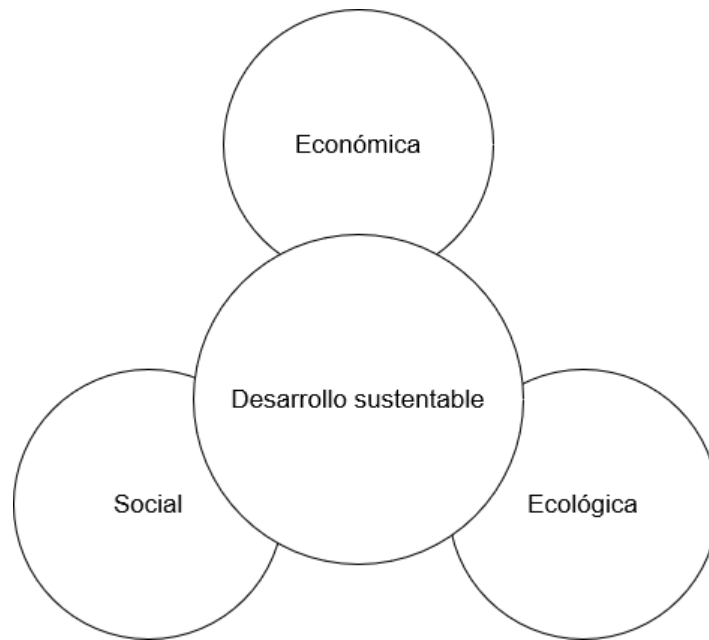


Figura 22. Interrelación de las dimensiones del desarrollo sustentable.

### **Educación ambiental**

El desarrollo sustentable debe tener una serie de atributos y características que le permitan su permanecer y reproducirse a niveles cada vez más amplios. El desarrollo sustentable requiere de una política donde toda actividad productiva se ocupe de satisfacer las necesidades de la población actual, y se preocupe por atender las necesidades de las generaciones futuras, en función de los recursos disponibles, lo que implica orden y límites que deben establecerse a la organización social actual.

El desarrollo sustentable tiene que ver con la formulación, concertación y gestión de un nuevo tipo de políticas públicas, así como con el fortalecimiento de los actores sociales colectivos, de tal suerte que las decisiones concertadas y planificadas, que guíen las actuales y futuras inversiones públicas y privadas, tomen en cuenta los criterios de balance y resguardo de la capacidad reproductiva y regenerativa de los distintos tipos de capital: el humano, el natural, la infraestructura física, el económico y financiero y, finalmente, el institucional.

En 1983 se crea la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE). No obstante, este avance institucional expresa la respuesta tardía del Estado ante la gravedad de la contaminación ambiental urbana y de la degradación ecológica acumulada en el país.<sup>7</sup>

En México, en 1988, se publica la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), dentro de esta Ley, se reunieron un conjunto de herramientas jurídicas que no sólo regulan la contaminación del ambiente, sino que también incorpora el tema del uso sustentable de los recursos naturales. Existen otros ordenamientos que regulan conductas que inciden en la protección de medio ambiente como son la Ley de Vida Silvestre, la Ley Forestal, la Ley de Pesca, la Ley de Bienes Nacionales que ordena la Zona Federal Marítimo Terrestre, la Ley de Aguas Nacionales.

A comienzos de la década de los 90, con una lenta y muy concentrada recuperación económica, parecía que México podría estar en el camino de consolidar el desarrollo sustentable, sin embargo, los acontecimientos que se originaron en el país como el levantamiento armado en Chiapas en la misma fecha en que se ponía en vigor el TLCAN, así como la crisis institucional del país entero, nos alejaron en todo de la sustentabilidad.

La lenta y tardía evolución institucional del país en materia ambiental se demuestra con la creación de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) hasta 1992 y que la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) cediera el paso a la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), para que más tarde, también en diciembre de 1994, se conformara la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMRNAAP), creada con el compromiso de formular y vigilar el cumplimiento de las leyes y normas en materia ambiental, así como estimular el aprovechamiento racional de los recursos naturales renovables, no sólo para su preservación sino también para asegurar el stock de capital natural del desarrollo económico nacional y contribuir a mejorar el nivel de vida de la población, garantizando su sustentabilidad presente y futura. La SEMRNAAP se constituye con los recursos de varias dependencias públicas de la

extinta Secretaría de Pesca y su Instituto Nacional de Pesca, de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, de donde provienen el área forestal y los organismos desconcentrados Comisión Nacional del Agua (CNA) e Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), del Instituto Nacional de Ecología (INE) y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), sectorizados en la Secretaría de Desarrollo Social, y de la parte relativa a la zona federal marítimo terrestre (ZOFEMAT), anteriormente ubicada de la Dirección General de Patrimonio Inmobiliario de la Secretaría de la Contraloría General de la Federación.

Durante décadas, las estrategias y políticas de desarrollo subestimaron los costos económicos y sociales del crecimiento demográfico, la desigual distribución territorial de la población, el impacto de las actividades productivas y la urbanización sobre la calidad del aire, el agua y los suelos, eludiendo las implicaciones de la degradación y destrucción de los recursos naturales, lo cual se tratará de analizar mediante una revisión histórica de los principales indicadores económicos y ambientales.

El concepto de desarrollo sustentable se implementó en México como resultado de acuerdos internacionales, muchos de los cuales tienen que ver con las políticas liberalizadoras que se impusieron en todo el mundo a partir de la década de los 80. Podría decirse que durante su primera etapa este concepto se quedó en un ámbito discursivo e institucional, aunque si se formaron nuevas dependencias encargadas de implementar dicho concepto, sin embargo, es hasta la década de los 90 y particularmente a partir de 1996, cuando podemos observar un crecimiento sustancial en el gasto de gobierno con propósitos ambientales.

Es indudable que se ha avanzado mucho en estas últimas décadas, sin embargo, al comparar los discursos con los datos económicos sólidos, no superan esta prueba, lo que da como resultado un crecimiento económico basado en la insustentabilidad del aprovechamiento de los bienes públicos del stock de capital natural y una tasa de inversión promedio de 5.10% con el fin de resarcir el abatimiento de los recursos.

De esta manera, parece que el desarrollo sustentable continúa siendo un discurso difícil de alcanzar en una nación que tiene como proporción de su PIB un 10% de degradación ambiental y que sólo invierte aproximadamente el 5% del valor de su consumo de los recursos naturales.

**Actividad 22.**

1. Explica con tus propias palabras qué es el desarrollo sustentable.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

2. Investiga los siguientes conceptos y escribe un ejemplo:

Concepto	Descripción	Ejemplo
PIMVS		
UMA		
Área Natural Protegida		

Reserva ecológica		
Parque Nacional		
Reserva de la Biosfera		
Área de Protección de recursos naturales		
Áreas de Protección de fauna y flora		
Santuario		
Corredor ecológico		

Monumento natural		
-------------------	--	--

3. Con la información de la lectura, realiza una línea del tiempo sobre los acontecimientos que llevaron a considerar el desarrollo sustentable, su manejo y conservación.

## **Formas e instrumentos de evaluación**

Las formas e instrumentos de evaluación se indican en la sección pertinente a cada aprendizaje. En cada uno se considera una evaluación diagnóstica y una formativa, además de que se proporcionan elementos para integrar para una evaluación sumativa. En la evaluación diagnóstica general se considera la participación grupal, y en la evaluación de cada aprendizaje, de manera individual, en equipo o grupal. Para la formativa se presentan las actividades al final de cada aprendizaje, y son individuales o colaborativas. De igual manera, en la evaluación sumativa se puede considerar una coevaluación de las actividades entre el alumnado; se sugiere una prueba escrita por unidad y un breve ensayo final en el que se integren todos los elementos del curso, así como una autoevaluación.

## **Valoración del profesor de los resultados obtenidos**

Este cuaderno de trabajo de trabajo se implementó de manera sincrónica en un grupo de Programa de Apoyo al Egreso de Biología II durante el semestre 2021-2.

Se pudo ver que, de manera virtual, el alumnado realiza las lecturas proporcionadas, pero busca información o las respuestas en línea. Se considera que es posible que la razón sea una mecanización en sus métodos y hábitos de estudio, y una posible falta de atención a las actividades que se llevan a cabo.

El nivel de dificultad de algunas actividades es más elevado que otras, por lo que se recomienda observar el desempeño del alumnado al realizarlas y dar el acompañamiento que se considere pertinente.

Las primeras actividades fueron realizadas de manera muy somera por el alumnado, por lo que se necesitó retroalimentación por parte del docente para la realización correcta de los ejercicios.

Otro aprendizaje difícil con el que se enfrentó el alumnado fue la teoría de endosimbiosis. Se considera que esto se debió al tiempo asignado a la actividad, pero se recomienda seguir la lectura con el alumnado y hacer preguntas acerca de la lectura, para poder identificar dudas particulares.



Los resultados cuantitativos de la aplicación de este cuaderno en la modalidad sincrónica fueron obtenidos de un curso intensivo implementado para el Programa de Apoyo al Egreso, en el que se tuvieron 19 alumnos, de los cuales 15 obtuvieron una nota aprobatoria. Trece alumnos obtuvieron notas de 6 o 7, mientras que cinco alumnos obtuvieron 8 y un alumno obtuvo 9. Esto significa que el 79% del alumnado en el que se aplicó aprobó el curso, y un 47% lo hizo de manera satisfactoria.

Estos datos reflejan que el cuaderno está proporcionando al alumnado herramientas para poder cubrir todos los aprendizajes que se indican en el programa de manera satisfactoria.

## Literatura

Audesirk, T., Audesirk, G. y Byers, B. (2017). *Biología. La vida en la Tierra con Fisiología*. 10ª edición. Pearson Educación de México.

Audesirk, T., Audresirk, G. y Byers, B. (2018). *Biología*. Pearson Educación de México.

Bodył, A & Mackiewicz, P. (2013). Endosymbiotic Theory. In S. Maloy & K. Hughes (Eds.) *Brenner's Encyclopedia of Genetics* (pp. 484-492). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374984-0.01678-8>.

Biggs, A., Crispen Hagins, W., Holliday, W. G., Kapicka, C., Lundgren, L., MacKenzie, A. H., Rogers, W. D., Sewer, M. B., & Zike, D. (2012). *Biología*. McGraw-Hill.

Bolaños, G., Paz Pellat, F., Cruz Gaistardo, C. O., Argumedo Espinoza, J. A., Romero Benítez, V. M. y de la Cruz Cabrera, J. C. (2016). Mapa de erosión de los suelos de México y posibles implicaciones en el almacenamiento de carbono orgánico del suelo. *Terra Latinoamericana*, 34: 271-288.

Cardinale, B. J., Duffy, J. E., Gonzalez, A., Hooper, D. U., Perrings, C., Venail, P., Narwani, A., Mace, G. M., Tilman, D., Wardle, D. A., Kinzig, A. P., Daily, G. C., Loreau, M., Grace, J. B., Larigauderie, A., Srivastava, D. S., & Naeem, S. (2012). Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*, 486(7401), 59–67. <https://doi.org/10.1038/nature11148>

Damineli, A. & Damineli, D. (2007). Origins of life. *Estudos Avançados*, 21(59), 263-284.

Erice Zúñiga, E. V. de, González Mandujano, J. A., Illoldi Rangel, P., & Ávila Cisneros, M. P. (2012). *Biología: la ciencia de la vida* (Segunda edición). McGraw-Hill Interamericana.

- Curtis, H., Barnes, S., Schnek, A., & Massarini, A. (2011). *Curtis, biología* (7a edición). Editorial Médica Panamericana.
- Escobar, D., J. L. (2008). El desarrollo sustentable en México (1980-2007). *Revista Digital Universitaria*, 9(3), 1-13. <http://www.revista.unam.mx/vol.9/num3/art14/int14.htm>
- Fernández-López, S. (1997). Fósiles de intervalos sin registro estratigráfico: una paradoja geológica. En: Aguirre, Morales y Soria (Eds). *Registros fósiles e Historia de la Tierra*. Editorial Complutense.
- Gallardo Narcisi, M. (2011). *Evolución: el curso de la vida*. Editorial Médica Panamericana.
- Gama Fuertes, M. de los Á., & Fernández Gama, D. (2016). *Biología* (Primera edición). Pearson.
- Ghera, C. M. (2007). *Biodiversidad y ecosistemas: La naturaleza en funcionamiento*. Eudeba. [https://eureka.upo.es/permalink/34CBUA\\_UPO/1qnd2ds/alma991001933347404989](https://eureka.upo.es/permalink/34CBUA_UPO/1qnd2ds/alma991001933347404989)
- Hagen, J. B. (2012). Five Kingdoms, More or Less: Robert Whittaker and the Broad Classification of Organisms. *BioScience*. 62(1), 67–74. <https://doi.org/10.1525/bio.2012.62.1.11>
- Hendricks, J.R., Stigall, A.L., and Lieberman, B.S. (2015). The *Digital Atlas of Ancient Life*: delivering information on paleontology and biogeography via the web. *Palaeontologia Electronica* 18.2.3. <https://doi.org/10.26879/153E>
- Holland, J. N., & Bronstein, J. L. (2008). Mutualism. In *Encyclopedia of Ecology, Five-Volume Set*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-008045405-4.00673-X>

- Hongoh, Y., Sato, T., Dolan, M. F., Noda, S., Ui, S., Kudo, T., & Ohkuma, M. (2007). The motility symbiont of the termite gut flagellate *Caduceia versatilis* is a member of the "Synergistes" group. *Applied and environmental microbiology*, 73(19). <https://doi.org/10.1128/AEM.00750-07>
- Kratz, F. R. (2019). *Biología. Método de autoaprendizaje utilizando el color*. Librero Ediciones.
- Kutschera, U., & Niklas, K. J. (2004). The modern theory of biological evolution: an expanded synthesis. *Die Naturwissenschaften*, 91(6). <https://doi.org/10.1007/s00114-004-0515-y>
- Lazcano-Araujo, A. (1977). *El origen de la vida. Evolución química y evolución biológica*. Trillas. México.
- Mader, S. y Windelspecht, M. 2019. *Biología*. McGraw-Hill.
- Marchisio, A., Deversa H., Rosso, C. y Sica, F. (2012). *La evolución biológica. Actualidad y debates*. Instituto Nacional de Formación Docente. Buenos Aires.
- Medrano, G. L., Acevedo W. K. y Paniagua, M. A. (2019). *Ciencia*. Vol. 70:3.
- Negrón, M. A., Mosqueira F. G. & Ramos, B. S. (2004). *Evolución química y el origen de la vida. Educación química*. Vol. 15:4e. <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2004.4e.66151>
- Olson, K. R., & Straub, K. D. (2016). The Role of Hydrogen Sulfide in Evolution and the Evolution of Hydrogen Sulfide in Metabolism and Signaling. *Physiology* (Bethesda, Md.). <https://doi.org/10.1152/physiol.00024.2015>

Pardo, G. Evidencias de la evolución. (2014). En Introducción a la Biología evolutiva. Méndez y Navarro (eds.). Sociedad Chilena de Evolución.

Plascencia, R. L., Castañón, B. A., Raz-Guzmán, A. (2011). La biodiversidad en México su conservación y las colecciones biológicas. Ciencias 101. Redalyc. UNAM.

Pickrell, J. (2019). How the earliest mammals thrived alongside dinosaurs. Nature 574. doi: <https://doi.org/10.1038/d41586-019-03170-7>

Reguero, Marcelo A., Gelfo, Javier N., López, Guillermo M., Bond, Mariano, Abello, Alejandra, Santillana, Sergio N., Marensi, Sergio A., (2014). Final Gondwana breakup: The Paleogene South American native ungulates and the demise of the South America-Antarctica land connection, Global and Planetary Change. doi:10.1016/j.gloplacha.2014.07.016

Sánchez, C. (27 de enero de 2020). Citar Libro – Referencia Bibliográfica. Normas APA (7ma edición). <https://normas-apa.org/referencias/citar-libro/>

Sanzano, A. (2019). El azufre del suelo. Cátedra de Edafología. Facultad de Agronomía y Zootecnia. Universidad de Tucumán.

Smith, T. M. y Smith, R. L. (2007). Ecología. Pearson Educación. México.

Tellería, J. L. (2013). Pérdida de biodiversidad. Causas y consecuencias de la desaparición de las especies. Memorias R. Soc. Hisp. Nat. 2(10).

Wise, R. Robert. (2007) The Diversity of Plastid Form and Function. In: Wise, R.R., Hooper J.K. (eds) The Structure and Function of Plastids. Advances in Photosynthesis and Respiration, vol 23. Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4061-](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4061-0_1)

[0\\_1](#)

## Imágenes:

Figura 4. Miller-Urey: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Miller-Urey\\_experiment-es.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Miller-Urey_experiment-es.png)

Figura 7. Tiktaalik: By Obsidian Soul - Own work, CC BY 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=47401797>

Figura 9. Mamífero ancestral: Cárdenas, G. G. (2017). Dinosaurios. Novedades de la era Mesozoica. Revista ¿Cómo ves?. Vol. 225.

Figura 15: <https://cdn.britannica.com/09/108909-050-681E996E/tree-life-three-domain-system.jpg>

Figura 16. Demografía poblacional por OpenStax College, Biology, CC BY 4.0

Actividad 19: zorro: <https://es.dreamstime.com/silueta-del-vector-fox-image113572039>

conejo: [https://www.pngjoy.com/preview/h1u7i5k9d0n7v9\\_rabbit-vector-transparent-png/](https://www.pngjoy.com/preview/h1u7i5k9d0n7v9_rabbit-vector-transparent-png/)

árbol: <https://www.freepatternsarea.com/designs/black-tree-silhouette-vector-art/>

fábrica: [https://www.123rf.com/photo\\_37568443\\_stock-vector-factory-vector-icon-on-white-background.html](https://www.123rf.com/photo_37568443_stock-vector-factory-vector-icon-on-white-background.html)

nube: [https://www.seekpng.com/ipng/u2a9o0o0q8w7a9q8\\_vector-cloud-png-white-clouds-vector-png/](https://www.seekpng.com/ipng/u2a9o0o0q8w7a9q8_vector-cloud-png-white-clouds-vector-png/)

sol: <https://www.123freevectors.com/sun-vector-illustrator/>

Figura 20: Ciclo del agua: <https://concepto.de/ciclo-del-agua/>



## Programa de Apoyo al Egreso (PAE)

Cuaderno de Trabajo para la Asignatura de

# Biología



Plan actualizado (2016)

# 2021

### Elaboraron:

Valeria Isabel Cuellar  
Sánchez Roberto López García

