



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
PLANTEL ORIENTE
ÁREA DE CIENCIAS EXPERIMENTALES**

**GUÍA DE ESTUDIO
PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO
DE BIOLOGÍA II**

(PLAN ACTUALIZADO 2016)

ELABORADA POR:

**Yazmín Anaín Mendoza Segovia
Carlos Peralta Olmedo
Eva Cristina Ramírez Aguilar
Daría Razo Balcázar
Gabriela Serrano Reyes**

FEBRERO DE 2024

INDICE

INDICE	2
PRESENTACIÓN	3
INSTRUCCIONES PARA EL MANEJO DE LA GUÍA	5
TEMARIO BIOLOGÍA II	6
PRESENTACIÓN DE LA UNIDAD 1	8
UNIDAD I ¿Cómo se explica el origen, evolución y diversidad de los sistemas biológicos?	10
1. Origen de los sistemas biológicos	10
Explicaciones acerca del origen de la vida	10
Teoría quimiosintética.....	18
Modelos precelulares.....	25
Teoría de endosimbiosis.....	35
2. Evolución biológica	45
Evolución	45
Aportaciones de las teorías al pensamiento evolutivo.....	51
Escala de tiempo geológico	60
Evidencias de la evolución	69
Especie biológica	79
3. Diversidad de los sistemas biológicos	86
Características generales de los dominios y los reinos.....	86
PRESENTACIÓN DE LA UNIDAD 2	99
UNIDAD II. ¿Cómo interactúan los sistemas biológicos con su ambiente y su relación con la conservación de la biodiversidad?	100
1. Estructura y procesos en el ecosistema	100
Niveles de organización ecológica	100
Componentes bióticos y abióticos	107
Relaciones intra – interespecíficas	114
Niveles tróficos y flujo de energía	121
2. Biodiversidad y conservación biológica	132
Concepto de biodiversidad	132
Impacto de la actividad humana en el ambiente	139
Desarrollo sustentable	145

PRESENTACIÓN

El presente documento Guía de Estudio para el Examen Extraordinario de Biología II, fue elaborado colegiadamente, con base en el programa de la asignatura¹, con el propósito de orientar a los estudiantes en la preparación del examen extraordinario. Esta guía contempla todos los aprendizajes y temáticas planteados para la asignatura de Biología II, considerando los enfoques didácticos y disciplinares, cuenta con instrucciones para el manejo de la Guía, presentación de cada unidad, palabras clave para cada aprendizaje, sugerencias de actividades de enseñanza-aprendizaje, una autoevaluación con las preguntas más representativas, fuentes consultadas y materiales recomendados para ampliar la información.

En lo que respecta al enfoque disciplinario, esta guía adopta una perspectiva integral de la biología, centrada en la evolución como su eje principal y estructurador. El conocimiento en esta disciplina se construye a través de cuatro ejes fundamentales que se intercalan y reflejan en las distintas unidades temáticas de los programas: el pensamiento evolutivo, que proporciona una comprensión dinámica del desarrollo de la vida; el análisis histórico, que ofrece una perspectiva del desarrollo científico a lo largo del tiempo; las interacciones entre sociedad, ciencia, tecnología y medio ambiente, destacando su importancia en el contexto contemporáneo; y el estudio de las propiedades inherentes a los sistemas biológicos, fundamentales para la comprensión de los organismos y sus procesos vitales.

La asignatura de Biología II busca, por tanto, contribuir en la formación integral de los alumnos mediante la adquisición de conocimientos y principios propios de esta disciplina, así como, el desarrollo de habilidades, actitudes y valores que les permitan enfrentar con éxito los problemas relativos al aprendizaje de nuevos conocimientos en este campo.

La estructura de la guía se organiza en dos secciones principales, cada una correspondiente a una Unidad del Programa de Estudios. En la introducción de cada unidad, se detalla su presentación y finalidad.

La organización y dosificación de las temáticas se realiza de la siguiente manera:

- a) **Objetivos de Aprendizaje:** se especifican los logros que se buscan alcanzar en cada temática.
- b) **Conceptos Clave:** conceptos que facilitan la comprensión resaltados en negritas en el texto.
- c) **Actividades:** se proponen una serie de ejercicios (lecturas, investigaciones, completar esquemas, etc.) para lograr los aprendizajes esperados.

¹ ENCCH. 2016. Programas de Estudio de Biología I y II. UNAM.

- d) Autoevaluación: reactivos de opción múltiple que permiten verificar la comprensión y logro del aprendizaje al finalizar cada temática.
- e) Referencias: se integran las citas de los documentos consultados en formato APA 7.
- f) Sección "Para saber más": variedad de recursos adicionales (lecturas, artículos, sitios web, videos) para profundizar y expandir la comprensión de los temas.

INSTRUCCIONES PARA EL MANEJO DE LA GUÍA

Esta guía está diseñada para facilitar la reafirmación y autoevaluación de tus conocimientos en Biología II. Para optimizar su uso, se recomienda seguir las siguientes etapas en tu proceso de estudio:

- 1 Lectura General y Análisis Inicial:**
 - Lee completamente la guía para obtener una visión global del contenido.
 - Analiza los aprendizajes esperados, temáticas y conceptos clave de cada unidad para comprender los propósitos de la asignatura.
- 2 Estudio Detallado y Actividades de Aprendizaje:**
 - Revisa en detalle el "Desarrollo de Contenidos" de cada temática.
 - Realiza las "Actividades de Aprendizaje" propuestas.
- 3 Sugerencias para el Estudio:**
 - Lee cada tema completo para una comprensión integral.
 - Identifica las ideas clave en cada párrafo, enfocándote en los puntos principales y su relevancia.
 - Elabora preguntas para cada idea clave (quién, qué, cuándo, dónde, por qué, cómo, etc.). Responder estas preguntas te ayudará a profundizar tu comprensión y a relacionar conceptos.
 -
- 4 Autoevaluación y Repaso:**
 - a) Completa las "Actividades de Autoevaluación".
 - b) Compara tus respuestas con las soluciones proporcionadas.
 - c) Si no alcanzas al menos un 70% de aciertos por unidad, revisa nuevamente los contenidos y actividades relacionados.

Además, si encuentras dificultades en comprender alguna temática, recuerda que puedes acceder al Programa Institucional de Asesorías (PIA) para recibir apoyo adicional.

[Programa Institucional de Asesorías](#)



TEMARIO BIOLOGÍA II

UNIDAD I ¿Cómo se explica el origen, evolución y diversidad de los sistemas biológicos?

1. Origen de los sistemas biológicos

- 1.1. Explicaciones acerca del origen de la vida
- 1.2. Teoría quimiosintética
- 1.3. Modelos precelulares
- 1.4. Teoría de endosimbiosis

2. Evolución biológica

- 2.1. Evolución
- 2.2. Aportaciones de las teorías al pensamiento evolutivo
- 2.3. Escala de tiempo geológico
- 2.4. Evidencias de la evolución
- 2.5. Especie biológica

3. Diversidad de los sistemas biológicos

- 3.1. Características generales de los dominios y los reinos

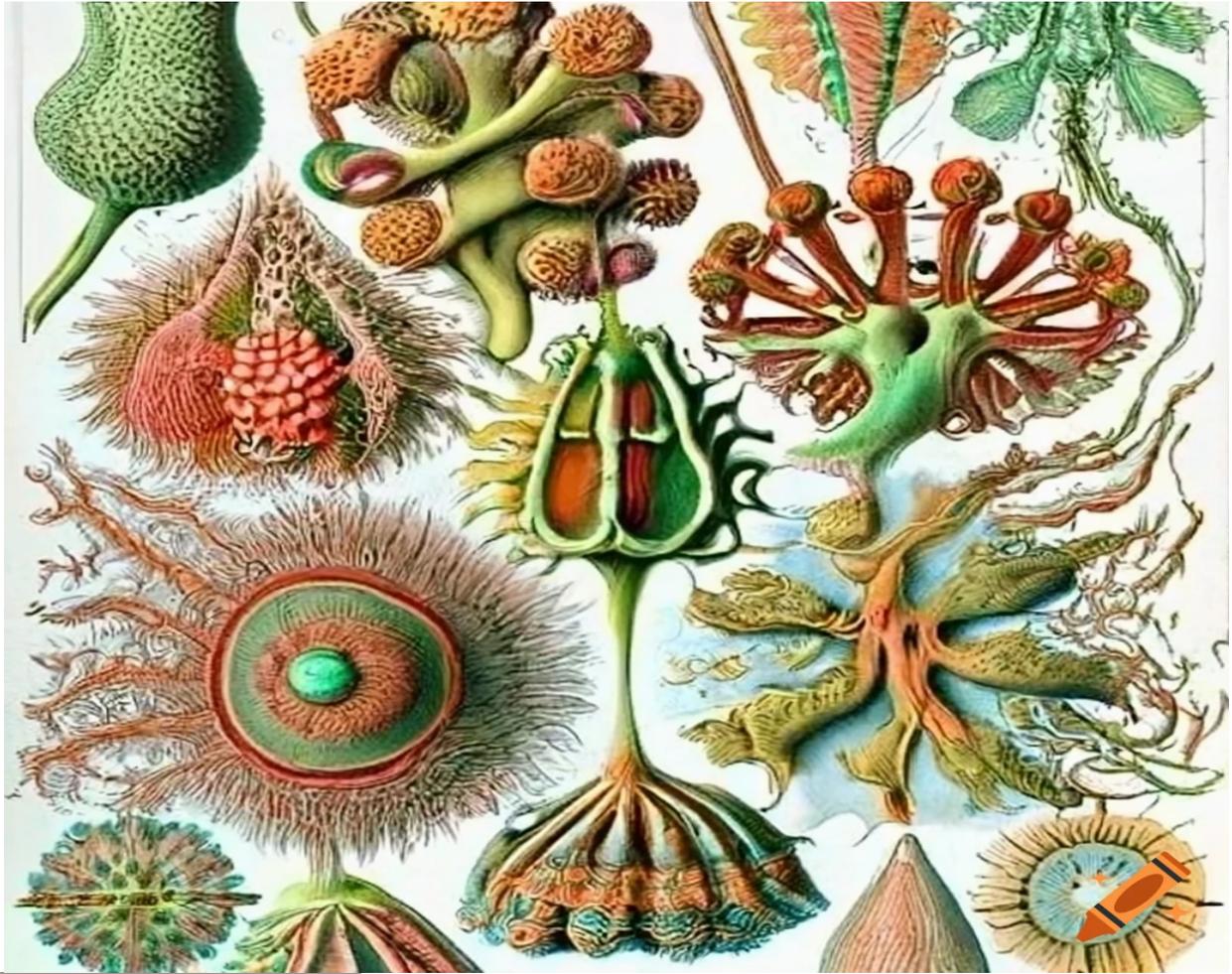
UNIDAD II. ¿Cómo interactúan los sistemas biológicos con su ambiente y su relación con la conservación de la biodiversidad?

1. Estructura y procesos en el ecosistema

- 1.1. Niveles de organización ecológica
- 1.2. Componentes bióticos y abióticos
- 1.3. Relaciones intra – interespecíficas
- 1.4. Niveles tróficos y flujo de energía

2. Biodiversidad y conservación biológica

- 2.1. Concepto de biodiversidad
- 2.2. Impacto de la actividad humana en el ambiente
- 2.3. Desarrollo sustentable



Biología 2

Unidad 1

¿Cómo se explica el origen, evolución y diversidad de los sistemas biológicos?

Propósito

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



PRESENTACIÓN DE LA UNIDAD 1

Bienvenidos a la Unidad 1 de la Guía de Estudio para el Examen Extraordinario de Biología II. En esta sección, nos sumergiremos en los fascinantes temas del origen de la vida, la evolución biológica y la diversidad de los sistemas biológicos. Nuestro viaje explorará desde las teorías científicas que explican cómo comenzó la vida en la Tierra hasta la rica diversidad de formas de vida que conocemos hoy.

Origen de la vida

Partiremos de las *Explicaciones acerca del Origen de la vida* desde las hipótesis sobre cómo comenzó la vida en nuestro planeta, la generación espontánea hasta las teorías modernas. En la *Teoría Quimiosintética*, describiremos cómo los compuestos orgánicos podrían haberse formado a partir de compuestos inorgánicos simples en la Tierra primitiva, continuamos con las propuestas de los *Modelos Precelulares* en la exploración de los protobiontes y coacervados como estructuras precelulares que pudieron haber sido los precursores de las primeras células, en la *Teoría de Endosimbiosis* revisaremos cómo ciertas organelos de las células eucariotas podrían haberse originado a partir de la simbiosis entre diferentes organismos.

Evolución biológica

En el aprendizaje de *Evolución* daremos la definición y principios básicos de la evolución biológica, hablaremos sobre las aportaciones de las *Teorías al Pensamiento Evolutivo*, revisando las contribuciones de científicos como Charles Darwin y Alfred Russel Wallace y cómo sus ideas conformaron nuestra comprensión de la evolución. En el apartado de *Escala de Tiempo Geológico* estudiaremos la visión general de la historia de la Tierra y cómo la vida ha evolucionado a lo largo de diferentes eras geológicas, además apreciarás cuales son las *Evidencias de la Evolución* en la que se sustenta la teoría evolutiva. Para cerrar este tema de evolución biológica se aborda el concepto de *Especie Biológica* en el contexto de la evolución y la biodiversidad.

Diversidad de los Sistemas Biológicos

En este último apartado de la Unidad I, las lecturas abordan las *Características Generales de los dominios y los reinos*, en la que se describen los criterios utilizados para la clasificación según los estudios taxonómicos.

La Unidad 1 nos proporciona una base sólida para entender los conceptos fundamentales de la biología. Al explorar el origen de la vida, la evolución biológica y la diversidad de los sistemas biológicos, ganamos una perspectiva más profunda de nuestro lugar en el árbol de la vida y la importancia de preservar la biodiversidad en nuestro planeta.

Actividades de Aprendizaje y Autoevaluación

Cada sección de esta unidad está acompañada de actividades diseñadas para reforzar tu aprendizaje y ejercicios de autoevaluación para verificar la comprensión de los conceptos clave. Te animamos a participar activamente en estas actividades para prepararte de manera efectiva para tu examen extraordinario.

¡Prepárate para embarcarte en un viaje a través del tiempo y la vida en la Tierra, y descubre la maravillosa complejidad de la biología!

UNIDAD I ¿CÓMO SE EXPLICA EL ORIGEN, EVOLUCIÓN Y DIVERSIDAD DE LOS SISTEMAS BIOLÓGICOS?

1. 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.

Palabras clave

Teoría, abiogénesis, generación espontánea, creacionismo, biogénesis, panspermia.

Desarrollo del tema

El **Origen de la Vida** representa uno de los problemas más antiguos y con un gran número de ideas y planteamientos diferentes que ofrecen respuesta a esta interrogante.

Todas las culturas humanas, incluidas las primitivas, intentan dar explicaciones a los fenómenos naturales, al menos desde el descubrimiento de la agricultura cuando se comprendió la existencia de ciertas relaciones causales entre la lluvia, la luz solar, las estaciones, los ciclos biológicos de plantas y animales. Estas explicaciones han surgido de observaciones y de diferentes fuentes, en momentos y épocas de la historia humana. La discusión sobre el origen de la vida, entre ellas, ha atravesado diversas perspectivas a través de los años.

Una de las posturas sobre el origen de la vida se encuentra en el ámbito religioso y conforma lo que se conoce como **creacionismo**, el cual se basa en la idea de que la vida fue creada por la voluntad divina y perdura hasta la actualidad debido a las prácticas religiosas. Estos relatos han quedado plasmados en textos sagrados, inscripciones y códices de diferentes culturas que han llegado hasta nuestros días. Sin embargo, es esencial reconocer que estas narrativas no son las únicas, el estudio científico ha aportado otras diversas teorías que explican el origen de la vida, como la abiogénesis, biogénesis y la panspermia (Figura 1).

La **abiogénesis**, derivada del griego antiguo (ἀ-βίο-γένεσις), describe el proceso natural en el que la vida surge a partir de la materia inerte, partiendo de simples compuestos orgánicos, por ejemplo, el filósofo y científico griego **Aristóteles** (384 a. C.- 322 a. C.)² dijo que el hombre es por naturaleza ávido de conocimientos,

² Las fechas de nacimiento y muerte de los personajes, son para ubicar el contexto histórico-social, en el que se desarrollaron las diversas teorías. No se recomienda para la elaboración de reactivos del extraordinario.

que intenta comprender los fenómenos naturales e intenta comprenderse a sí mismo por pura curiosidad intelectual. Él planteaba que los pulgones surgían del rocío que cae de las plantas, las pulgas de la materia en putrefacción, los ratones del heno sucio o los cocodrilos de los troncos en descomposición en el fondo de las masas acuáticas. *Todos se originaron de una fuerza vital a la que nombró entelequia*. Esta fuerza sopla "pneuma" o alma a la materia inerte, animándola.

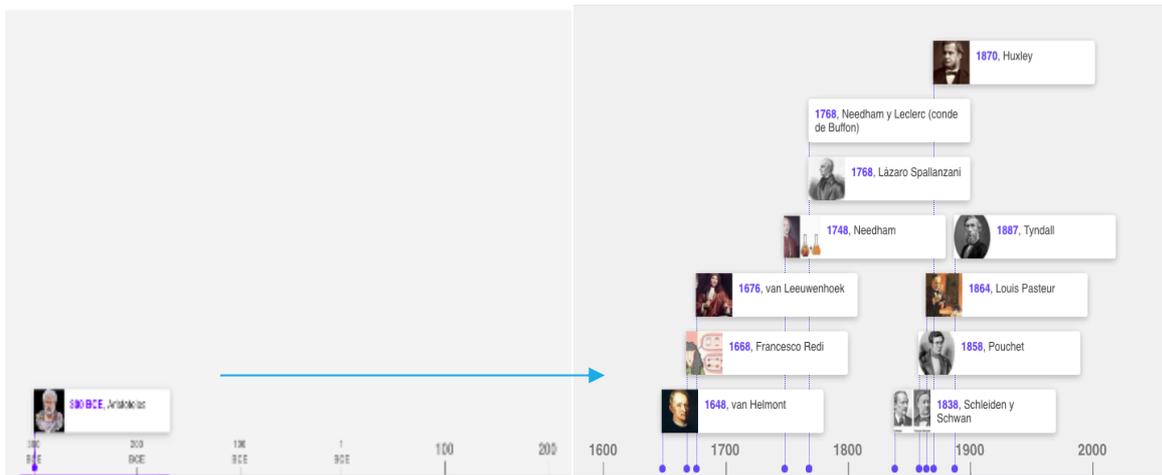


Figura 1. Línea de tiempo de los naturalistas y científicos que abordaron las ideas del origen de la vida. Tomada de <https://n9.cl/u1qbv>.

La autoridad que se le reconoció a Aristóteles hizo que esta opinión prevaleciera durante siglos y fuera admitida por pensadores tan ilustres como Descartes, Bacon o Newton. También importantes naturalistas defendieron esta doctrina, como Alexander Ross y Jan Baptista van Helmont. Sin embargo, comenzaron a aparecer fuertes oposiciones a esta teoría entre otros naturalistas, como Lazzaro Spallanzani, siguiendo la doctrina de William Harvey en el aforismo *omne vivum ex ovum*³ que hace referencia a la teoría biogenista.

Jan Baptista van Helmont (1580 - 1644) un científico que en 1667, daba recetas para producir ratones espontáneamente, recomendaba a todo aquel que deseara producir ratones espontáneamente, emplear un puñado de granos de trigo, envueltos en una camisa sucia y dispuesto en el interior de un recipiente oscuro. En aquella época, las personas también pensaban que las moscas se originaban a partir de carne en descomposición.

En 1668, **Francesco Redi** (1626 - 1697) un médico italiano que realizó experimentos para demostrar que las moscas no surgían espontáneamente, presentó

³ *Omne vivum ex vivo* (u, *Omne vivum ex ovo*) frase latina que literalmente significa y se traduce como «toda vida sale de vida», y cuyo significado es «todo ser vivo viene de otro ser vivo». Fue expresada por el médico italiano Francesco Redi (1626-1698), tras realizar brillantes experiencias para demostrar la falsedad de la creencia en la generación espontánea de vida a partir de cosas no-vivas presentes en el medio. Para evitarse problemas con la inquisición tales como los que sufriera Galileo Galilei: usó la frase en latín de resonancias bíblicas *omne vivum ex vivo* ("Todo vivo procede de la vida").

uno de los primeros desafíos a la teoría de la generación espontánea. Redi colocó trozos de carne en diferentes recipientes: uno destapado, uno con una malla (gasa) y otro que mantuvo tapado. Redi observó que solo en el primer recipiente aparecieron moscas. De esta manera, dedujo que las moscas depositaban sus huevos, los cuales con el tiempo se convertían en moscas adultas. Con estos experimentos, la teoría de la generación espontánea comenzó a ser desacreditada para organismos de tamaño considerable como ratones y moscas.

Antón van Leeuwenhoek (1632 - 1723) fue un comerciante y científico holandés reconocido por sus avances en la fabricación de microscopios y sus descubrimientos sobre protozoos, glóbulos rojos, el sistema de capilares y los ciclos vitales de los insectos. Él sostenía la idea de que los microorganismos provenían del aire. El descubrimiento de los microorganismos por parte de Leeuwenhoek volvió a plantear el problema. Ante la posibilidad de que, si bien la generación espontánea no era factible para organismos de gran tamaño como ratones y moscas, sí podía explicar el origen de microorganismos más simples. Se creía que estas diminutas criaturas surgían espontáneamente a partir de alimentos en descomposición.

Entre 1680 a 1740, en respuesta a las variadas observaciones de distintos científicos, emerge una nueva perspectiva: la vida surge de manera espontánea en el reino de los organismos microscópicos. Este momento marca el inicio de una controversia entre los **abiogenistas**, *defensores de la generación espontánea*, y los **biogenistas**, *quienes sostienen que todo ser vivo proviene de un progenitor*. Este conflicto entre ambas posturas resulta fascinante desde una perspectiva histórica.

John Tuberville Needham (1713 - 1781) fue un naturalista inglés que se destacó como defensor de la teoría de la generación espontánea. En 1750, presentó los resultados de sus experimentos, los cuales consistían en llenar botellas con caldos nutritivos, hervirlos durante dos minutos y luego sellarlos con corcho y parafina. Estos invariablemente se infestaban de microorganismos. Needham concluyó que la generación espontánea era el resultado de una *fuera vital*.

Lazzaro Spallanzani (1729 - 1799) sacerdote italiano y naturalista, desafió la idea de la generación espontánea también en el caso de los microorganismos. En sus experimentos, llevados a cabo en el año 1769, hirvió caldo nutritivo en matraces de vidrio, sellándolos herméticamente para evitar cualquier contaminación externa. Después de un período significativo, el caldo permanecía claro y estéril, contradiciendo la creencia en la generación espontánea. Aunque los escépticos argumentaron que el calentamiento del aire dentro de los matraces podría haber alterado las condiciones lo suficiente como para impedir la generación espontánea.

Spallanzani abordó estas preocupaciones y realizó experimentos similares a los de Needham, pero esta vez selló completamente los matraces y los sometió a ebullición. Tras varios días de observación, no encontró organismos vivos, llegando a

la conclusión de que los organismos observados antes por Needham probablemente provenían del aire infiltrado por los corchos. Los defensores de esta teoría argumentaron que, al excluir el aire de los matraces sellados, se impedía la entrada de la *fuerza vital*.

Felix Archimède Pouchet (1800 - 1872) naturalista francés experimentó con infusiones de paja y sostenía que la fuerza vital actuaba en la descomposición de la materia orgánica y era responsable de la aparición de microorganismos. Pouchet introdujo sobre una tina de mercurio un frasco de agua destilada y hervida con la boca hacia abajo, lo destapó e instaló en el frasco oxígeno y nitrógeno obtenidos por métodos químicos y luego, con una borra de heno extraída de otro frasco que mantuvo en una estufa durante 20 minutos. Después de algunos días el agua estaba llena de microorganismos. Él afirmó que la generación espontánea era el mecanismo que explica el surgimiento de los microorganismos.

Finalmente, **Louis Pasteur** (1822-1895) nacido en Dolé, Francia, fue un eminente científico, que se centró en desafiar la idea de la generación espontánea, a lo largo de su carrera. Pasteur se convirtió en un ferviente opositor de la generación espontánea y dedicó esfuerzos significativos a investigar este fenómeno.

Desde 1859, Pasteur emprendió estudios rigurosos sobre la generación espontánea y logró un hito en 1864 al recibir el premio de la Academia por su famoso experimento con matraces de cuello de cisne. En este experimento, demostró que la esterilidad del caldo nutritivo persistía pese a la apertura de los matraces, refutando las afirmaciones a favor de la generación espontánea, como las de estos hallazgos desacreditaron a la Generación Espontánea definitivamente, y a partir de entonces a finales del siglo XIX y principios del siglo XX, se plantea el origen de la vida desde **Panspermia**. Esta teoría se basa en la observación de las esporas del viento y establece que podría ocurrir a escala cósmica, que la Tierra habría sido sembrada por gérmenes provenientes del cosmos.

Actividades de aprendizaje

Actividad 1

Organiza la información de acuerdo con el material revisado, sobre las explicaciones acerca del origen de la vida.

Abiogénesis		
Autores	Año	Experimento principal
Biogénesis		

Actividad 2

En el siguiente espacio investiga, explica y dibuja los experimentos de la abiogénesis y biogénesis.

Teorías	Explicación
Generación espontánea de ratones, van Helmont	
Moscas en la carne Francesco Redi	
Botellas con corcho John T. Needham	
Botellas totalmente selladas Lazzaro Spallanzani	
Experimento de los matracas de cuello de cisne. Louis Pasteur	

Autoevaluación

Aciertos:

1. Teoría que explica el origen de la vida a partir de la materia inerte
 - a) Abiogénesis
 - b) Biogénesis
 - c) Creacionismo
 - d) Panspermia
2. ¿Qué científico desafió la teoría de la generación espontánea para microorganismos mediante experimentos con caldo nutritivo sellado?
 - a) Anton van Leeuwenhoek
 - b) John Tuberville Needham
 - c) Lazzaro Spallanzani
 - d) Justus Liebig
3. ¿Qué técnica innovadora utilizó Louis Pasteur para demostrar la esterilidad del caldo nutritivo en sus experimentos?
 - a) Cierre hermético de los matraces
 - b) Uso matraz con cuello en forma de "S"
 - c) Sellado con corcho y parafina
 - d) Observación de esporas traídas por el viento
4. ¿Quién fue el científico que presentó uno de los primeros desafíos a la teoría de la generación espontánea al demostrar que las moscas no surgían espontáneamente?
 - a) Louis Pasteur
 - b) Francesco Redi
 - c) Anton van Leeuwenhoek
 - d) Claude Bernard
5. Entre 1680 a 1740, comenzó una gran controversia entre los _____ defensores de la generación espontánea, y los _____, quienes sostienen que todo ser vivo proviene de un progenitor.
 - a) Creacionistas, abiogenistas
 - b) Biogenistas, abiogenista
 - c) Abiogenistas, biogenistas
 - d) Creacionistas, biogenistas

Respuestas correctas: 1-a, 2-c, 3-b, 4-b, 5-c

Referencias

- Curtis, H., Barnes, S., Shenk, A. y Flores, G. (2007). *Invitación a la Biología*. Médica Panamericana.
- Jiménez, L., Ruiz, R., Argueta, A., Quiroz, I., Chacón, J. Saldaña, M., Núñez, J. y Hernández, M. (2006). *Conocimientos fundamentales de Biología* (Vol. 1). Pearson Educación.

Para
saber
más

[Conferencia “La generación espontánea”](#)



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.

Palabras claves

Atmosfera primitiva, evolución química, sopa primitiva, monómeros, polímeros, protobionte, evolución prebiótica, eubionte.

Desarrollo del tema

La **Teoría del Big Bang** establece que el universo comenzó en un pequeño instante, entre 13 y 15 mil millones de años atrás, cuando toda la materia y energía existente explotó hacia el exterior a partir de un solo punto; en cuestión de minutos aparecieron el hidrógeno y el helio. Luego, durante millones de años, la gravedad reunió a los gases, los cuales se condensaron para formar estrellas gigantes que más tarde explotaron y dispersaron los elementos más pesados que formaron las galaxias actuales. La Vía Láctea, nuestra galaxia, probablemente comenzó como una nube de desechos estelares de billones de kilómetros de extensión que se condensaron y formaron las estrellas (Starr, 2013).

Hace aproximadamente 5,000 millones de años se creó el Sol y fue hasta hace 4,600 – 4,500 millones de años cuando se formó la Tierra, que en sus inicios fue un planeta frío con condiciones homogéneas, pero con el paso del tiempo, la continua contracción de los materiales que la formaban y la radioactividad de los elementos más pesados la convirtieron en una esfera caliente de roca fundida carente de atmósfera con condiciones hostiles e inhóspitas. El hierro y el níquel, los elementos químicos más pesados, se hundieron en el núcleo terrestre, mientras que los más ligeros como el silicio, el magnesio, el oxígeno y el aluminio, se mezclaron y formaron estructuras rocosas en la superficie terrestre (Fungueiro et al., 2016).

Poco después de la formación de la Tierra, un planeta más pequeño colisionó en ella, fundiendo ambos cuerpos celestes, pero una parte del material expulsado tras la colisión se juntó para dar origen a la Luna hace unos 4,450 a 4,500 millones de años (Kleine et al., 2005).

Conociendo las condiciones de la Tierra primitiva surge una gran pregunta ¿Cómo se formaron las primeras formas de vida en un ambiente tan inhóspito? En 1924, **Alexander Ivánovich Oparin** publicó el libro titulado “El Origen de la vida”, en el que postuló su teoría en los siguientes términos: “La vida se originó debido a una larga evolución, organización y especialización de la materia”. Cuatro años después, un biólogo inglés, **John Haldane** publicó un artículo también titulado “El origen de la vida”, donde presentaba una hipótesis muy parecida a la de Oparin (Galindo et al., 2013). Las ideas de ambos autores se incluyeron en lo que hoy conocemos como

Teoría de Oparin – Haldane o **Teoría quimiosintética**, que plantea el origen de los sistemas vivos se produjo a partir de una serie de procesos químicos.

Oparin - Haldane coincidieron en que la actual atmósfera rica en oxígeno (oxidante) no habría permitido la formación espontánea de las complejas moléculas orgánicas necesarias para la vida debido a que este compuesto reacciona fácilmente con otras moléculas, rompiendo sus enlaces químicos. Por lo tanto, especularon que la atmósfera primitiva era más bien reductora, rica en **compuestos inorgánicos gaseosos** como el metano (CH_4), el amoníaco (NH_3), el hidrógeno (H_2) y el agua (H_2O) en forma de vapor (Collado, 2014). Este último compuesto se condensó precipitándose en forma de lluvia y llevaba disuelto otros compuestos inorgánicos gaseosos formando mares nuevos en la Tierra; a la par, el agua disolvió los minerales de las rocas como el fósforo (P).

En esta lista de moléculas destacan los átomos de hidrógeno (H), carbono (C), oxígeno (O), nitrógeno (N) y fósforo (P), que hoy sabemos son la bases para la formación de biomoléculas (Garzón, 1996).

También propusieron que estaban presentes algunas fuentes de energía sobre la superficie terrestre, por ejemplo, enormes cantidades de energía en forma de *radiación ultravioleta* que llegaban a la Tierra debido a que en la atmósfera primitiva no había capa de ozono que la protegiera.

Las *descargas eléctricas* en la atmósfera también pueden haber contribuido con grandes cantidades de energía. Otra fuente pudo ser la térmica debido a *las altas temperaturas* producto del vulcanismo (Figura 2). Estos compuestos disueltos en los mares primitivos junto con las energías formaron las primeras **moléculas orgánicas simples** “monómeros” (Galindo et al., 2013).

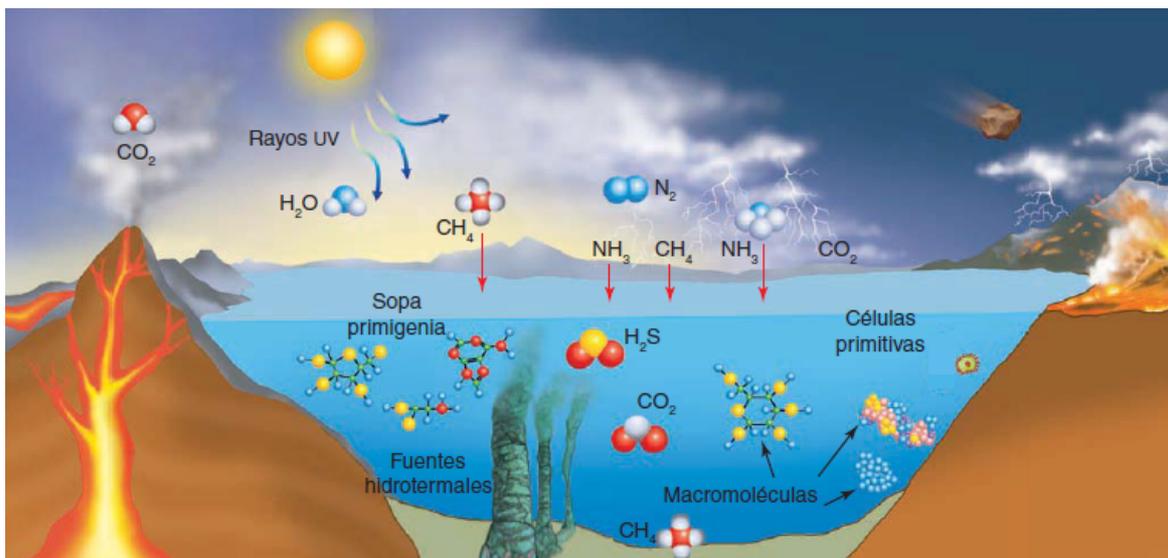


Figura 2. Condiciones de la Tierra primitiva (De Erice y González, 2012).

En 1953, las condiciones primitivas de la atmósfera, propuestas por Oparin y Haldane, fueron simuladas en el laboratorio por **Stanley Miller** y **Harold Urey**. Ellos construyeron un aparato de vidrio cerrado herméticamente, en el cual colocaron una mezcla de gases de CH_4 , NH_3 e H_2 , los cuales fueron sometidos a descargas eléctricas constantes producidas por electrodos, además dentro de este aparato se producía vapor de agua que actuaba como “lluvia”. Los gases disueltos en el agua circulaban continuamente debido a la ebullición y la condensación constante, lo que provocó el ensamblaje de diversos compuestos formados por las descargas y se acumulaban de forma disuelta en la parte inferior del aparato (Figura 3). Después de una semana, observaron que se habían formado un gran número de compuestos entre los que se encuentran ácidos orgánicos y urea, así como varios aminoácidos como la glicina, alanina, ácido aspártico, ácido glutámico (componentes de las proteínas de los sistemas biológicos) y ácidos grasos.

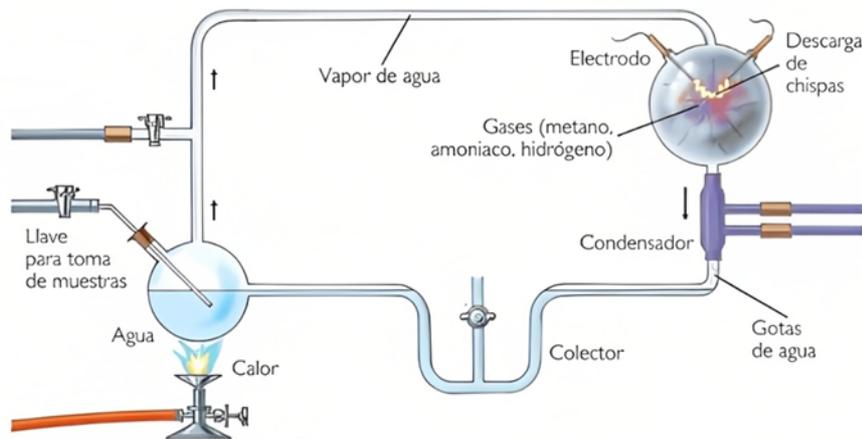


Figura 3. Experimento de Stanley Miller y Harold Urey. Tomada de: bit.ly/45EjqzK. Se te recomienda escanear el código QR para ver un video que detalla este experimento.

En 1965, **Cyril Andrew Ponnamperna** (1923 - 1994) diseñó otro experimento en el que **simuló la atmósfera primitiva secundaria de la Tierra**, la hidrosfera y empleando diversos tipos de energía como radiaciones ultravioletas y utilizando diversos precursores químicos le fue posible sintetizar gran variedad de aminoácidos, ácidos grasos, lípidos y carbohidratos (Vázquez, 1998).

Otros científicos también llevaron a cabo experimentos de simulación de la Tierra primitiva agregando otros compuestos como el ácido sulfhídrico (H_2S), ácido cianhídrico (HCN), formaldehído (H_2CO), monóxido de carbono (CO), etcétera. De estas mezclas surgieron compuestos orgánicos, todos importantes para el desarrollo de la vida: porfirinas, purinas y pirimidinas, carbohidratos y ATP (la molécula energética de todo sistema biológicos), entre otras (De Erice y González, 2012).

En la siguiente etapa de evolución, los monómeros se combinaron para formar moléculas orgánicas complejas (**polímeros**); se tiene la hipótesis que las reacciones químicas que permitieron la unión de los monómeros sucedieron a orillas de los mares y en acumulaciones de agua que existían en pequeños charcos y lagunas poco profundas donde las soluciones se acumulaban rápidamente al evaporarse el agua de

ellas. Luego la materia orgánica se depositaba en las arcillas y lodos donde fácilmente podrían ocurrir las reacciones químicas en pequeños charcos del mar (Galindo et al., 2012). Durante miles de millones de años, estos y otros compuestos orgánicos, cada vez más abundantes, se acumularían en los océanos primitivos pudiendo formar sustancias coloidales a medida que su concentración aumentaba. A esta acumulación de compuestos, a partir del cual pudieron haber surgido las primeras formas de vida, se le llama caldo primitivo o **caldo primigenio** (Collado, 2014).

Posteriormente, pudieron surgir los **protobiontes**, agregados de moléculas producidos de forma abiótica rodeados por una membrana o una estructura similar a ésta (Campbell y Reece, 2007).

Una vez formados estos sistemas de agregados moleculares, la etapa de **evolución química** habría dado lugar a una nueva etapa, a la que Oparin llamó **evolución prebiótica** (Curtis et al, 2022). Dentro de los protobiontes comenzaron a llevarse a cabo nuevas reacciones químicas que permitieron el intercambio de energía entre estos y su ambiente, con esto dando inicio al **metabolismo primitivo**. Otra molécula biológica fueron los **ácidos nucleicos** que están relacionados con la transmisión genética; actualmente se postula que el RNA fue el primer ácido nucleico que pudo copiarse a sí misma (Fungueiro et al., 2016). El último paso en la evolución prebiótica permitió la formación de los **eubiontes**.

Actividad de aprendizaje

Actividad 3

Completa las oraciones utilizando las siguientes palabras:

- | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|
| 1) <i>amoniaco</i> | 6) <i>descargas eléctricas</i> |
| 2) <i>radiaciones UV</i> | 7) <i>metano</i> |
| 3) <i>reacciones químicas</i> | 8) <i>Stanley Miller</i> |
| 4) <i>Harold Urey</i> | 9) <i>Alexander Ivanovich Oparin</i> |
| 5) <i>John Haldane</i> | 10) <i>aminoácidos</i> |

La Teoría quimiosintética plantea que la vida se produjo a partir de una serie de _____. Dicha teoría fue propuesta por _____ y _____ de forma independiente; en esta explicación se describe que en la Tierra primitiva existieron condiciones tales como _____, elevada temperatura y _____ que permitieron que moléculas inorgánicas como el hidrógeno (H_2), el _____ (CH_4) el a _____ (NH_3) y el vapor de agua (H_2O) reaccionaran, lo cual permitió una evolución química que dio origen a las primeras formas de vida.

En 1953, _____ y _____, mediante un circuito herméticamente cerrado simulaban las condiciones y la atmósfera de la Tierra primitiva; al cabo de una semana el experimento había producido _____ y otras moléculas de importancia biológica.

Autoevaluación

Aciertos:

1. La atmósfera primitiva era rica en compuestos inorgánicos gaseosos como el amoníaco, el hidrógeno, el vapor de agua y:
 - a) metano.
 - b) oxígeno.
 - c) nitrógeno.
 - d) argón.
2. Una vez formados estos sistemas de agregados moleculares, la etapa de evolución _____ habría dado lugar a una nueva etapa, a la que Oparin llamó evolución _____.
 - a) química – prebiótica.
 - b) química – biológica.
 - c) biológica – química.
 - d) prebiológica – biológica.
3. El experimento de simulación de Miller y Urey tenía la finalidad de demostrar que:
 - a) la evolución de moléculas orgánicas hasta la formación de eubiontes.
 - b) la formación de compuestos orgánicos a partir de sustancias inorgánicas.
 - c) la formación del DNA.
 - d) la replicación del RNA.
4. ¿Qué parte del aparato de Miller y Urey simuló la energía que prevalecía en la Tierra primitiva?
 - a) El recipiente de vidrio.
 - b) El electrodo.
 - c) La trampa.
 - d) El condensador.
5. Ordena la secuencia de eventos que explican el origen de la vida en la Tierra.
 - i. formación de polímeros.
 - ii. formación de monómeros.
 - iii. metabolismo y replicación.
 - iv. primeros eubiontes.
 - v. surgimiento de protobiontes.
 - a) i, ii, iv, v, iii
 - b) i, ii, v, iii, iv
 - c) ii, i, v, iii, iv
 - d) v, ii, i, iii, iv

Respuestas correctas: 1-a, 2-a, 3-b, 4-b, 5-c.

Referencias

- Audesirk, T., Audesirk, G. y Byers, B. E. (2013). *Biología. La vida en la Tierra*. Pearson.
- Collado, G. (2014). El origen de la vida. En M. A. Méndez y J. Navarro (Eds.). *Introducción a la biología evolutiva* (pp. 18-164). Sociedad Chilena de Evolución.
- Curtis, E., Barnes, N. S., Schnek, A. y Massarini, A. (2022). *Biología en contexto social*. Editorial Médica Panamericana.
- De Erice, E. y González, A. (2012). *Biología. La ciencia de la vida*. McGraw Hill.
- Fungueiro, M., Rivas, L. I. y Serrano, A. E. (2016). *Biología 2. Origen, evolución y herencia en los seres vivos*. Estación Mandioca.
- Galindo, A. R., Avendaño, R. C. y Angulo, A. A. (2012). *Biología Básica*. Universidad Autónoma de Sinaloa.
- Garzón, L. (1996). *El origen de la vida (un nuevo escenario)*. Universidad de Oviedo.
- Kleine, T., Palme, H., Mezger, K. y Halliday, A. N. (2005). H-W Chronometry of Lunar Metals and the Age and Early Differentiation of the Moon. *Science* 310 (5754): 1671-1674.
- Vázquez Conde, R. (1998). *Biología 1*. Publicaciones Cultural S. de C. V.
- Starr, C., Evers, C. A. y Starr, L. (2009). *Biología, la unidad y la diversidad de la vida*. Cengage Learning Editores.

Para
saber
más

[¿Qué Fue El Experimento De
Miller-Urey?](#)



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.

Palabras clave

Carbohidratos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, coacervados, esférulas, metabolismo primigenio, gen desnudo, mundo del RNA, replicador primordial.

Desarrollo del tema

Modelos precelulares = evolución protobiológica

La evolución protobiológica es el *proceso de transformación progresiva de los polímeros del caldo primitivo hasta llegar a la formación de las primeras células* (Jimeno, Ballesteros y Ugedo, 2003). Las teorías del origen de la vida actualmente se dividen en dos modelos opuestos (Figura 4), el que supone la aparición de un **replicador primordial** (RNA) y el que se fundamenta en la formación de un sistema metabólico de moléculas pequeñas, llamado **metabolismo primigenio**, impulsado por una fuente de energía (ATP), ambas hipótesis parten de moléculas formadas en procesos químicos no biológicos (Shapiro, 2007).

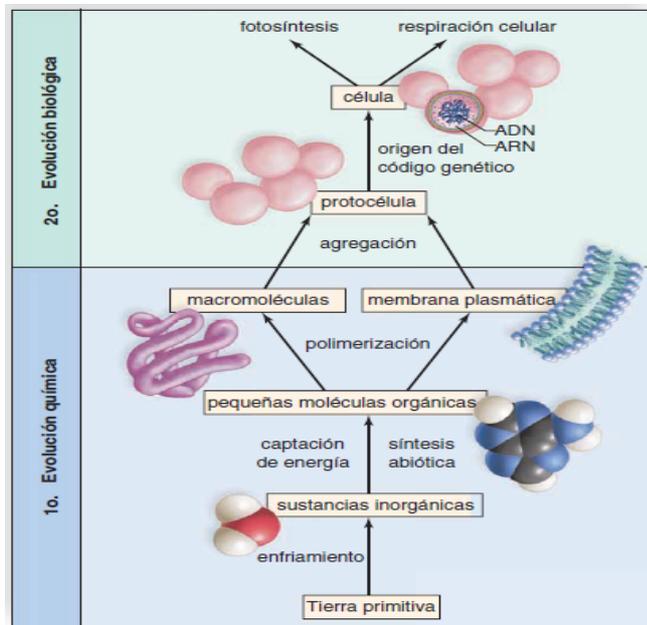


Figura 4. Evolución química a la evolución biológica. 1. Durante la evolución química, se incrementa la complejidad de las macromoléculas hasta llegar a un sistema de replicación (DNA → RNA → Proteína) limitado por una membrana. 2. La protocélula dio origen a la evolución biológica al convertirse en una célula verdadera, la cual se diversificó (De Erice y González, 2012).

I. Modelos que apoyan al metabolismo primigenio

a) Coacervados

Originalmente los propuso el químico holandés, **H. G. Bungenber de Jong** (1893 - 1977), quien los obtuvo mezclando dos soluciones diluidas de compuestos orgánicos, como carbohidratos y proteínas, a esas gotas microscópicas las llamó **coacervados**, en la mezcla líquida original de los compuestos orgánicos las macromoléculas se agregaban (Figura 5, 6 y 7) debido a cargas eléctricas contrarias, dando como resultado un aumento de tamaño y la formación de una membrana que las delimitaba (Gama, 2007).

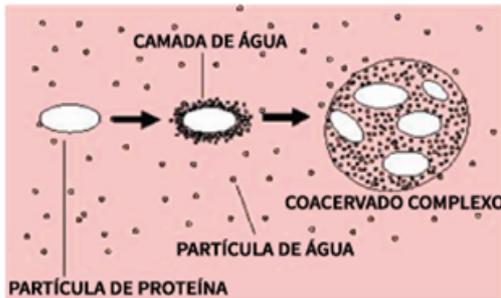


Figura 5. Coacervado.

Tomado de <https://n9.cl/rtfu59>.

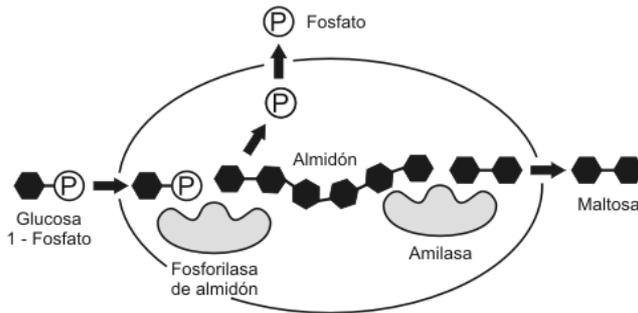


Figura 6. Interior de un coacervado.

Tomado de <https://n9.cl/eoz0o>.

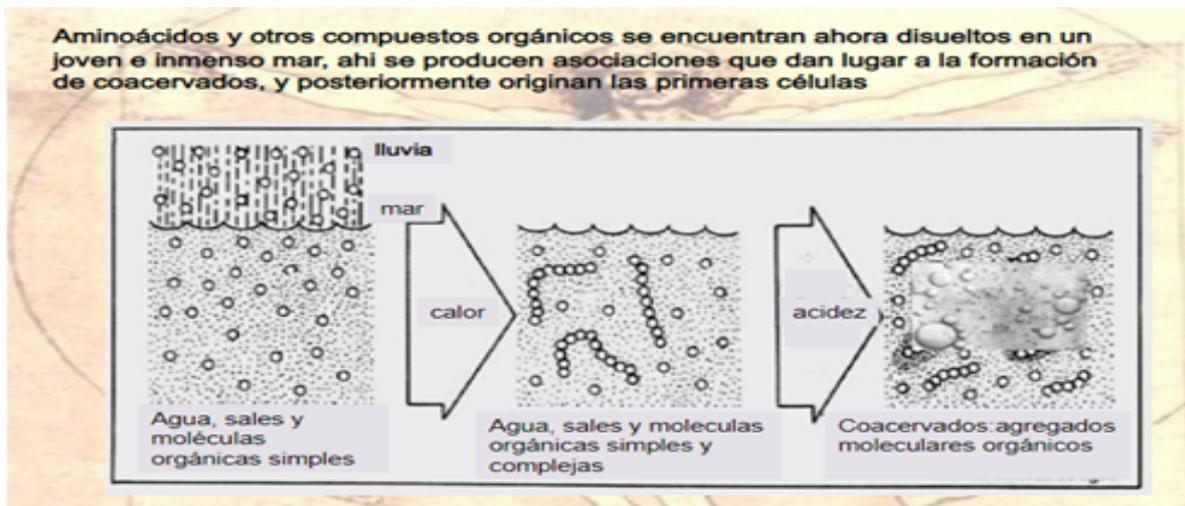


Figura 7. Proceso de formación de un coacervado. Tomado de <https://n9.cl/38rus>.

En 1924 el bioquímico ruso **Alexander Ivanovich Oparin** (1894 - 1980) fue el primero en indicar la necesidad de una evolución química previa a la aparición de la vida y propuso a los **coacervados** como precursores de los sistemas biológicos en la Tierra, los define como gotas microscópicas formadas por una envoltura de polímeros (carbohidratos, lípidos y proteínas) y un medio interno en el que podrían existir enzimas, que quedarían aislada del exterior. Los coacervados se formaron en el caldo primitivo al contactar espontáneamente los polímeros en solución acuosa. Según Oparin, los coacervados poseerían un metabolismo muy sencillo al disponer de molécula catalíticas como enzimas, lo que les permitiría crecer al captar moléculas del

exterior y dividirse al adquirir un determinado tamaño (Figura 8). Esta hipótesis no explica el origen de las enzimas internas de los coacervados ni cómo estos podrían evolucionar sin información genética (Jimeno, Ballesteros y Ugedo, 2003).

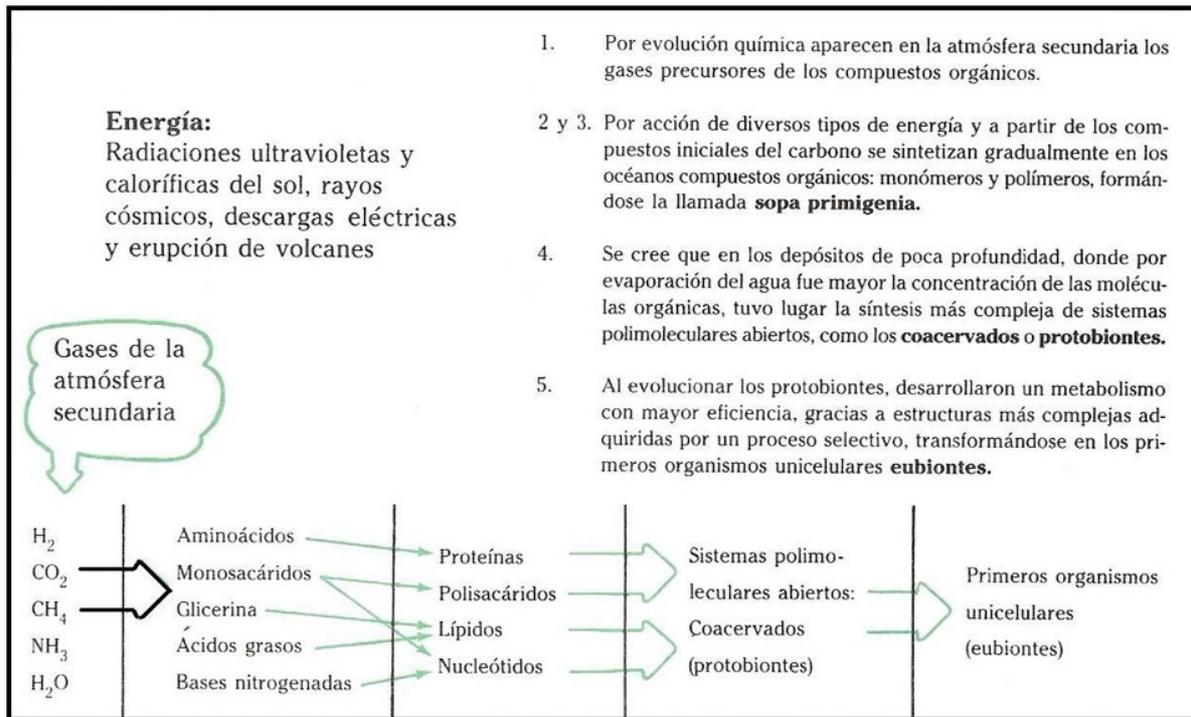


Figura 8. Proceso de formación de un coacervado y surgimiento de protobiontes.

Tomado de Vázquez, 1998.

b) Microesferas proteínoides (esférulas)

En 1972 **Sidney Walter Fox** (1912 - 1998) encontró un tipo de coacervados con actividad enzimática propia las **microesferas proteínoides** como precursoras de los sistemas biológicos. (Según Fox, en las regiones volcánicas de la Tierra primitiva próximas al mar, las mezclas de aminoácidos del caldo primitivo se calentaron a temperaturas entre 130°C y 180°C y posteriormente se desecaron, formándose polímeros, que se conocen como *proteínoides termales* (Jimeno, Ballesteros y Ugedo, 2003).

Las microesferas presentaban una doble envoltura permeable, con una estructura parecida a las membranas celulares, pero sin lípidos, lo que permite que estas se hinchen o se deshidraten (Gama, 2007); tendrían la capacidad de captar energía a partir de la ruptura de enlaces de molécula del exterior y dividirse mediante procesos de bipartición o gemación.

Algunas características de las microsférulas son:

- a. pueden aumentar su tamaño,
- b. son capaces de absorber más protenoides, y

- c. pueden formar yemas parecidas a las que se observan en las levaduras e incluso aparentar un proceso de bipartición como el que se lleva a cabo en las bacterias (Valdivia, Granillo y Villareal, 2006).

Aunque las microesferas de Fox probablemente hayan sido las precursoras de los primeros sistemas biológicos o protobiontes. Esta hipótesis no explica la transmisión de información genética y su evolución. Se piensa que en aquella fase tan temprana de la evolución protobiológica debió de originarse alguna molécula capaz de tener actividad catalítica (Jimeno, Ballesteros y Ugedo, 2003).

Al sumergirse en agua, las microesferas proteínoides generaban un proceso de repliegue sobre sí mismos adoptando una forma globosa y estaban limitadas por una doble capa que las protegía del exterior; apareciendo así el ancestro de lo que posteriormente sería la membrana plasmática (Figura 9), a través de la cual, podían tomar del exterior sustancias como agua, glucosa, aminoácidos, etc., que producían la energía suficiente para continuar con el desarrollo de las microesferas supuso que estas unidades bien definidas pudieron haber sido las precursoras de los primeros sistemas vivos llamados **protobiontes** (Vázquez, 1998).

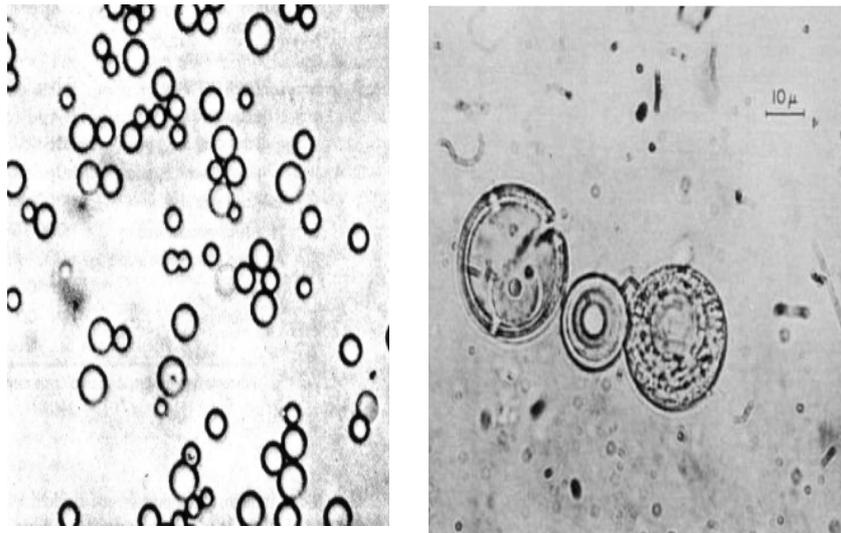


Figura 9. Microprotenoides (A) y Protenuoides con una doble capa y de forma globosa (B). Tomado de Bocchino y Márquez, s.f.

En 1942 **Alfonso Luis Herrera** (1860 - 1942) propuso la teoría de la **plasmogénia**, que estudia la generación del citoplasma. Según está a partir de mezclas de *formaldehído con sulfocianato de amonio* se podían obtener **sulfobios**, microestructuras de sistemas coloides (son mezclas de dos o más fases: líquidos, sólidos o gases), parecidas a células vivientes. También *mezcla gasolina, petróleo, resinas, aceites vegetales, minerales, ácidos y colorantes* para obtener **colpoides** (Figura 10 y 11). En 1968 **Smith reprodujo** los experimentos de Herrera y encontró que uno de los sulfobios formaba vacuolas (Jimeno, Ballesteros y Ugedo, 2003).

De acuerdo con **Robert Shapiro** (1935 - 2011) en 2007, para que se haya dado un origen metabólico de la vida se tienen que cumplir con cinco principios básicos comunes:

- 1 Entre lo vivo y lo inerte se requiere de una barrera de separación: la **membrana plasmática**.
- 2 Una fuente de energía que impulse el proceso de organización: como los carbohidratos y las grasas, que en presencia de oxígeno ocurren reacciones de oxidación - reducción y la **formación de** energía en forma de **ATP**.
- 3 El mecanismo de acoplamiento de las reacciones químicas en presencia de catalizadores primitivos necesarios para iniciar la vida actividad **enzimática**.
- 4 Del entramado de las reacciones químicas se debe generar y captar más energía para **crecer y reproducirse**.
- 5 Se necesita construir circuitos o rutas metabólicas en las que las reacciones químicas basadas en ensayo y error, que promoverían la aparición de compuestos que catalizarían (enzimas) las etapas cruciales que faciliten la **adaptación y la evolución**.
- 6 Los primeros organismos unicelulares debieron ser de **nutrición heterótrofa**, es decir, obtenían de la materia orgánica presente en el caldo primigenio. Se debió establecer una competencia por la obtención de nutrientes (**selección natural**). Este proceso probablemente causó en los organismos una variación que los **convirtió en autótrofos**, con capacidad de utilizar la energía de los compuestos químicos inorgánicos (nutrición autótrofa quimiosintética), como lo hacen algunas bacterias.

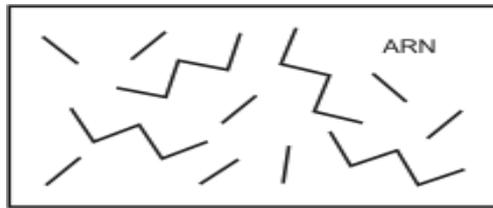
II. Modelo del replicador primordial (RNA)

e) Gen desnudo versión antigua

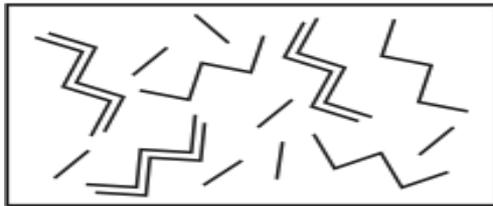
En 1990 **Walter Gilbert** (1932 -) propone que la primera molécula con información biológica (genes), fue un **RNA** (ácido ribonucleico) *con capacidad de autorreplicación y función catalítica*. La evolución funcional posterior del protobionte determinaría que la molécula de RNA cediera la función de contener la información genética al DNA (ácido desoxirribonucleico), una molécula más estable. Las funciones catalíticas serían otorgadas a las proteínas enzimáticas del protobionte, cuyas secuencias de aminoácidos estarían codificadas en el propio DNA, de esta manera, el RNA perdió su papel de molécula principal (Figura 13).

En los organismos actuales, *el RNA aparece como una molécula intermedia entre el DNA y las proteínas (flujo de información genética)*. Se piensa que, una vez adquirida la información genética, los protobiontes constituidos por una doble membrana de fosfolípidos en cuyo interior había ácidos nucleicos, proteínas y carbohidratos dispersos en agua, evolucionaron hasta alcanzar la estructura celular en una atmósfera exenta de oxígeno. Tampoco se sabe que apareció primero, si el protobionte o la molécula con la información genética. Mientras Oparin opinaba que el primero en aparecer fue el protobionte, Haldane era partidario de que primero apareció

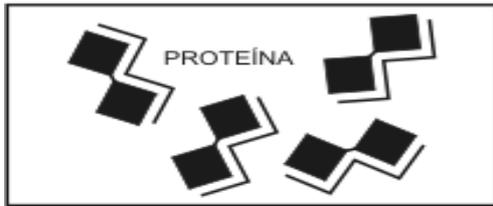
el gen desnudo posteriormente se formaron los protobiontes, qué incorporaron a estas moléculas con información genética (Jimeno, Ballesteros y Ugedo, 2003).



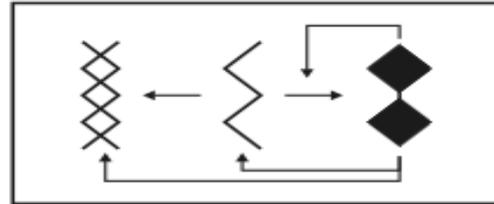
1. El ARN se forma con ribosa y otros compuestos orgánicos



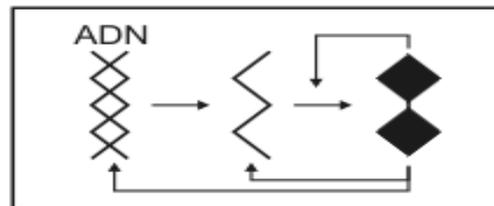
2. A medida que las moléculas de ARN evolucionan, "aprenden a autocopiarse.



3. Las moléculas de ARN comienzan a sintetizar proteínas, que pueden actuar de catalizadores



4. Las proteínas ayudan al ARN a replicarse y sintetizar proteínas con mayor eficacia. También ayudan al ARN a fabricar su versión bicatenaria, que acaba evolucionando hacia ADN.



5. El ADN toma el mando. Utiliza al ARN para fabricar proteínas, que a su vez ayudan al ADN a autorreplicarse y transferir su información genética al ARN.

Figura 13. Gen desnudo. Tomado de <https://n9.cl/eoz0o>.

f) Replicador primordial moderno

A finales de la década de los setenta **Carl Richard Woese** (1928 - 2012), **Leslie Eleazer Orgel** (1927 - 2007) y **Francis Crick** (1916 - 2004) de manera independiente propusieron el modelo del replicador primordial, este modelo explica que (Figura 12 - 1 a 6), algunos de estos compuestos se unen entre sí en una cadena que, de un modo aleatorio, dan lugar a una molécula de RNA autorreplicante que puede fabricar numerosas copias de sí misma y en ocasiones forma versiones mutantes, también autorreplicantes. Los replicadores mutantes que mejor se adaptan al medio suplantando a las versiones anteriores. Al final, ese proceso evolutivo debió llevar al desarrollo de compartimentos como células y de un metabolismo en el que moléculas menores usan energía para realizar procesos biológicos.

Actividades de aprendizaje

Actividad 4

Completa el siguiente cuadro:

Hipótesis	Modelo que apoya	¿Quién(es) lo propone(n)?	Explicación
Coacervados			
Gen desnudo (versión antigua)			
Metabolismo Primigenio			
Microesférulas			
Replicador primordial			
Plasmogenia: Sulfobios y colpoides			

Autoevaluación

Aciertos:

1. Se conoce como _____ al proceso de transformación progresiva de los polímeros del caldo primitivo hasta llegar a la formación de las primeras células:
 - a) evolución molecular
 - b) evolución física
 - c) evolución abiótica
 - d) evolución protobiológica
2. Modelo que se fundamenta en la formación de un entramado metabólico de moléculas pequeñas.
 - a) Metabolismo primigenio
 - b) Replicador primordial
 - c) Precelular
 - d) Coacervados
3. Relaciona el autor con el modelo que proponen
Modelos: I. Coacervados II. Esferulas III. Gen desnudo IV. Metabolismo primigenio V. Sulfobios y Colpoides
Autores: a) Alfonso L Herrera, b) B. de Jong y Oparin c) Gunther Wächtershäuser d) Walter Gilbert e) Sidney W. Fox
 - a) I: a – II: b – III: c – IV: d – V: e.
 - b) I: b – II: e – III: d - IV: c - V: a.
 - c) I: e – II: a – III: b – IV: d V: c.
 - d) I: d – II: c – III: a – IV: e – V: b.
4. Se forman al mezclar aceite de oliva y gasolina puros, agregándoles unas gotas de solución de hidróxido de sodio.
 - a) Coacervados
 - b) Colpoides
 - c) Microesferas
 - d) Sulfobios
5. ¿Cuál sería la biomolécula que se propone en el replicador primordial?
 - a) Ácidos nucleicos (RNA)
 - b) Carbohidratos
 - c) Lípidos
 - d) Proteínas

Respuestas: 1-d, 2-a, 3-b, 4-b, 5-a

Referencias

- Bocchino C. y Márquez S. (s.f.) Origen de la vida.
<http://www.genomasur.com/lecturas/Guia15.htm>
- De Erice, E. V. y González, J. A. (2012). *Biología. La ciencia de la vida*. McGraw Hill.
- Gama Fuertes, M. A. (2007). *Biología I. Un enfoque constructivista*. Pearson Educación de México.
- Genoma Sur: <http://www.genomasur.com/lecturas/Guia15.htm>
- González Peña, A. (2004). *Biología molecular y celular. Material para la enseñanza activa de la biología*. Trillas.
- Herrera A. (1932). *La Plasmogenia. Nueva ciencia del origen de la vida*.
<https://www.uv.es/orilife/textos/Plasmogenia.pdf>
- Jimeno A., Ballesteros, A. y Ugedo. (2003). *Biología*. Santillana Bachillerato
- Shapiro, R. (2007). El origen de la vida. *Investigación y Ciencia*. 371, 18 – 25.
- Valdivia Urdiales, B. Velázquez Granillo, P. y Villareal Domínguez, M. del S. (2006). *Biología, la vida y sus procesos*. Publicaciones Cultural.

Para
saber
más

[Modelos precelulares](#)



TEORÍA DE ENDOSIMBIOSIS

Aprendizaje

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

Palabras clave

Coevolución, endosimbiosis, eucarionte, fagocitosis, membrana celular, mitocondria, plastos, procarionte, simbiote.

Desarrollo del tema

La vida en nuestro planeta aparece hace 3,800 millones de años con células procariontes y a partir de estas células evolucionaron los eucariontes que aparecieron entre 1,500 – 2,000 millones de años en el precámbrico. La transición de procarionte a eucarionte fue un proceso tan repentino que no se puede explicar por cambios graduales en el tiempo.

En 1883 **Andreas F. W. Schimper** (1856 - 1901) dijo que era posible que una planta verde sea el resultado de la unión entre un organismo incoloro y una cianobacteria (antes algas azules) que poseen pigmentos clorofílicos (Alzogaray, 2006). En 1884 **Richard Altmann** (1852 -1900) *fue el primero en observar organelos celulares*, sugirió que los *bioblastos (mitocondrias)* eran organismos elementales autónomos con capacidades metabólicas y genéticas, por lo que intuyó la posibilidad de que las mitocondrias fueran parásitos intracelulares.

Posteriormente, en 1905, el biólogo ruso **Konstantín Sergéyevich Merezhkovki** (1855 - 1921) explicó la posibilidad de que algunas células fueran el resultado de un proceso endosimbótico entre dos tipos celulares diferentes, define a las cianobacterias como un endosimbionte reducido. Tiempo después, **Paul Portier**, propuso por primera vez que las mitocondrias tienen un origen bacteriano, dicha hipótesis fue ampliamente rechazada y en 1923 **Iván Emanuel Wallin** (18883 - 1969) nuevamente involucró a la simbiosis como mecanismo evolutivo para explicar su origen (Margulis y Sagan, 1995; Castro- Muñozledo, 2021).

Las propuestas sobre el origen endosimbótico de las células eucarióticas fueron objetadas, por lo que permanecieron en el olvido por mucho tiempo. Sólo hasta 1960 con la aparición del trabajo de **Lynn Margulis** (1938 - 2011) quien propone nuevamente que la aparición de los eucariontes es consecuencia de un proceso de **endosimbiosis seriada**. Margulis expone que el origen de las mitocondrias y los cloroplastos son el resultado de procariontes fagocitados por una célula eucariótica ancestral y propone un origen similar para cilios y flagelos.

En su trabajo, ella vincula el origen de las mitocondrias con la acumulación del oxígeno producido por las cianobacterias en la atmósfera hace unos 2.400 millones

de años, permitiendo la aparición de bacterias aeróbicas que evolucionaron en mitocondrias (Castro- Muñozledo, 2021).

La historia demuestra que debió de existir algún tipo de cooperación entre organismos que han de vivir juntos para sobrevivir, mostrando la competencia y la cooperación evolutiva. Sin embargo, este origen puede explicarse por la conjunción de varias teorías: la de endosimbiosis en serie de Andreas Shimper (1883), y Lynn Margulis (1972), en esta se incluye la de doble endosimbiosis propuesta por Sarah P. Gibbs (1978).

La *teoría endosimbiótica serial* de **Konstantin Mereschowky** sugiere la posibilidad de que algunas células fueran el resultado de un proceso al que denominó **simbiogénesis**; el término que actualmente se utiliza para hablar del origen de los eucariontes por endosimbiosis. Sus estudios sobre líquenes lo llevaron a proponer esta teoría, que consideraba a las *mitocondrias*, los *cloroplastos* y el *núcleo* de las células *derivaban del establecimiento de relaciones simbióticas entre diferentes organismos*.

La *teoría de doble endosimbiosis* sugiere una segunda endosimbiosis para explicar la existencia de plastos con cuatro membranas en algas pardas llamadas heterocontas y criptofitas, que viven en las costas mexicanas (Figura 14). Tienen plastos pardos, además, cuentan con clorofilas tipo a y c. Entre la segunda y tercera membrana hay un espacio citoplasmático contiene vesículas, ribosomas, microtúbulos y un organelo que recibe el nombre de nucleomorfo, que es parecido al núcleo (Díaz-Zagoya y Oropeza, 2007).

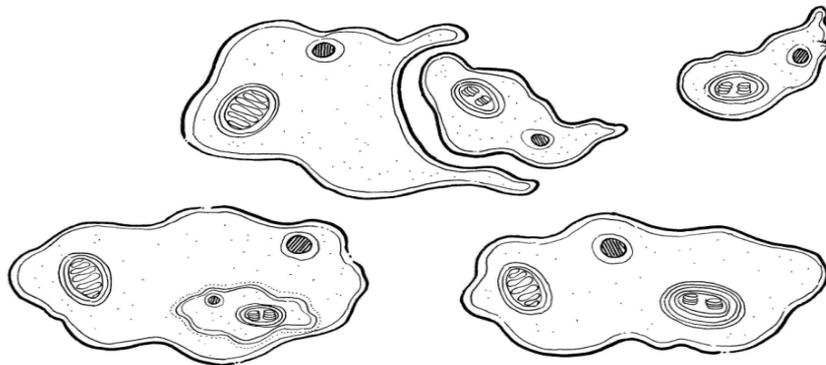


Figura 14. Teoría de la doble endosimbiosis, explica la existencia de cloroplastos de cuatro membranas. Tomado de <https://n9.cl/ty412>.

La simbiosis que se postula como el origen de las células eucariotas y tienen algunos caracteres especiales: implican a bacterias, se trata de simbiosis intracelulares los organismos en simbiosis han adquirido particularidades metabólicas que no poseían separadamente; hoy la asociación se transmite de generación en generación (Margulis y Sagan 1985). Ese vivir juntos constituye una de las estrategias más fructíferas, que ha reforzado los procesos de especialización y generación de nuevas especies.

El beneficio para al menos uno de los organismos asociados puede estar relación con la obtención de alimento, refugio o transporte entre otros. La simbiosis deja su sello en adaptaciones de diversa índole, desde el comportamiento hasta el ciclo biológico, pasando por la morfología y la fisiología de los asociados.

Algunos ancestros de las arqueas (bacterias antiguas) parecidos a *Thermoplasma* y *Sulfolobus* incapaces de utilizar el oxígeno (anaerobios) para poder obtener energía, perdieron su pared celular; esto ocasionó que su membrana plasmática fuera más flexible y pudiera replegarse (invaginarse) sobre si misma para dar origen al núcleo y otras membranas intracelulares tales como el retículo endoplásmico y el aparato de Golgi; al tiempo que la célula adquiría la capacidad de engullir y digerir a otras bacterias, sin tener que recabar siempre los nutrientes por absorción de pequeñas moléculas de su entorno, (Figura 15).

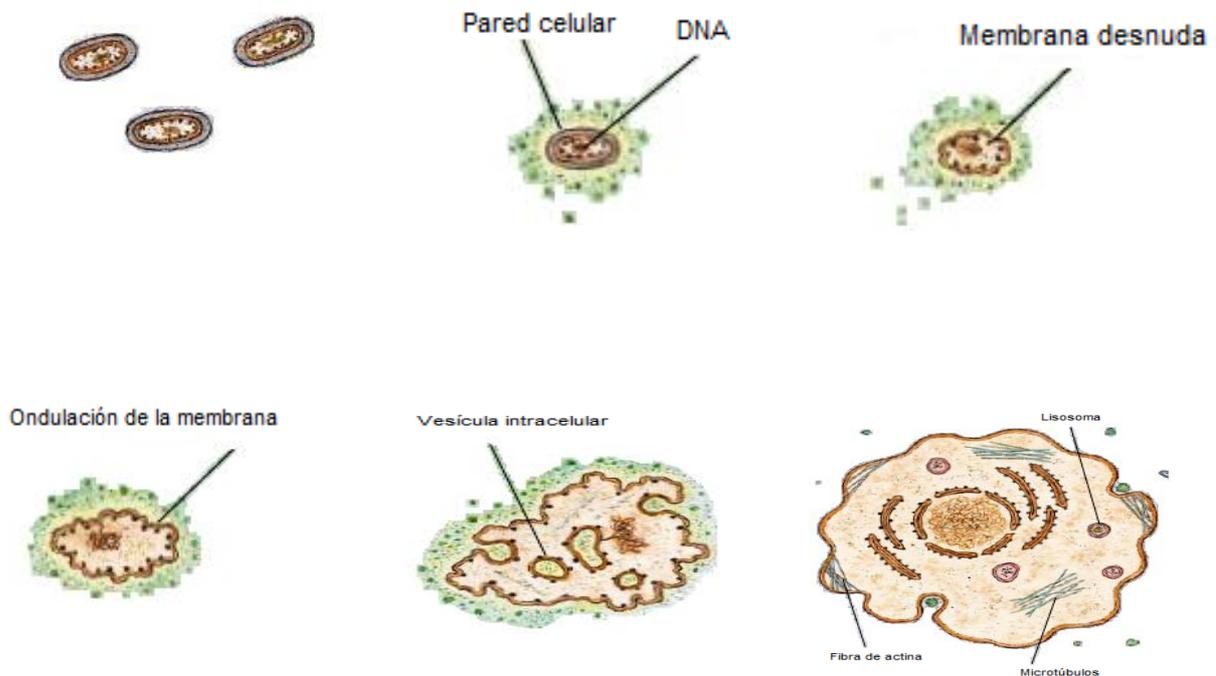


Figura 15. Proceso de endosimbiosis. Tomado de Duve, 1996.

Luego un antepasado aerobio del grupo de las protobacterias alfa, parecidas a *Escherichia coli* fue endocitado por este protoeucarionte y no fue digerido, estableciendo una relación mutuamente beneficiosa entre ellas (Figura 16). Por tanto, el protoeucarionte daba protección y alimento a las bacterias engullidas y el endosimbionte le proveía de energía extra (Margulis y Sagan 1985; De Duve, 1996; Margulis 2001).

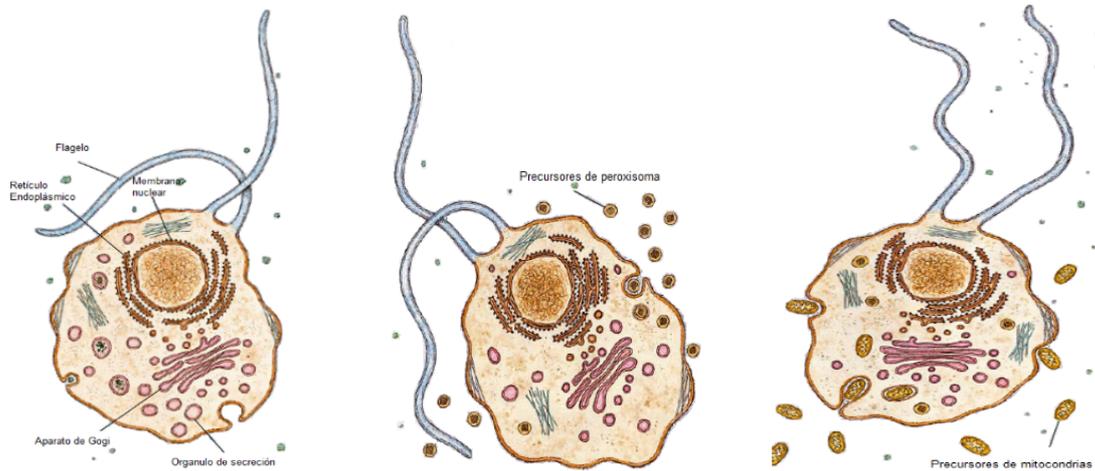


Figura 16. Proceso de endosimbiosis de las mitocondrias. Tomado de Duve, 1996.

El origen de los *peroxisomas* también pudo ser por endosimbiosis, pero a diferencia de las mitocondrias y cloroplastos, este organelo cedió todo su material genético al núcleo y solo conservaron sus membranas. Estos organelos también desempeñan *funciones metabólicas* como son la *transformación del peróxido de hidrógeno en agua y oxígeno molecular*, así como la oxidación del ácido fólico.

Los endosimbiontes perdieron los genes que hasta entonces precisaban para el crecimiento independiente y otros se transfirieron al núcleo de la célula hospedadora, y terminaron dando origen a las mitocondrias.

Actualmente, las mitocondrias y la célula dependen de una de la otra, que, si se les aislara, morirían. De esta relación surgió un nuevo linaje de organismos quiméricos que en la actualidad conocemos como eucariontes (*eu* = verdadero *carion* = núcleo) (de Duve, 1996; Margulis, 2001; Díaz - Zagoya y Juárez 2007).

En un proceso similar, de hace unos 1.500 millones de años, surgieron los plastos en tres tipos: los **leucoplastos**, incoloros que almacenan carbohidratos, lípidos y proteínas; los **cromoplastos** con pigmentos como las antocianinas, las ficobilinas y las xantófilas, que dan color a flores y hojas de árboles caducifolios en otoño, (Figura 17) y los **cloroplastos** que pueden tener pigmentos como la clorofila *a*, *b* y *c* con la que realizan la fotosíntesis.

El origen de estos organelos pudo derivar de una cianobacteria parecida a *Prochloron*, la cual fue engullida y retenida, en cierto momento de su historia por una célula eucariota portadora de mitocondrias (Margulis y Sagan, 1985; de Duve 1996; Margulis, 2001).

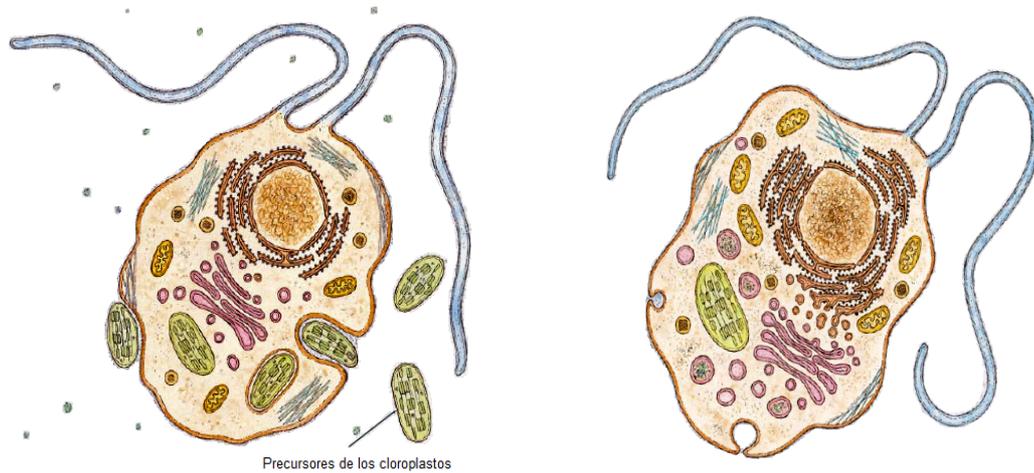


Figura 17. Proceso de endosimbiosis de los cloroplastos. Tomado de Duve, 1996.

Los *cilios* y *flagelos* son otro grupo de organelos que permiten el movimiento celular, y se considera que estas estructuras descienden de bacterias de vida libre similares a las espiroquetas que se adhirieron a la superficie de sus hospederos con el fin de aprovechar el alimento excretado a través de la membrana externa. Al cabo del tiempo las espiroquetas por su movimiento ondulante comenzaron a propulsar a sus hospederos a través del medio acuoso. Las espiroquetas que viven en el intestino de las termitas muestran tendencia natural a adherirse a objetos, vivos o no, y a moverse (Figura 18) (Margulis, 2001).

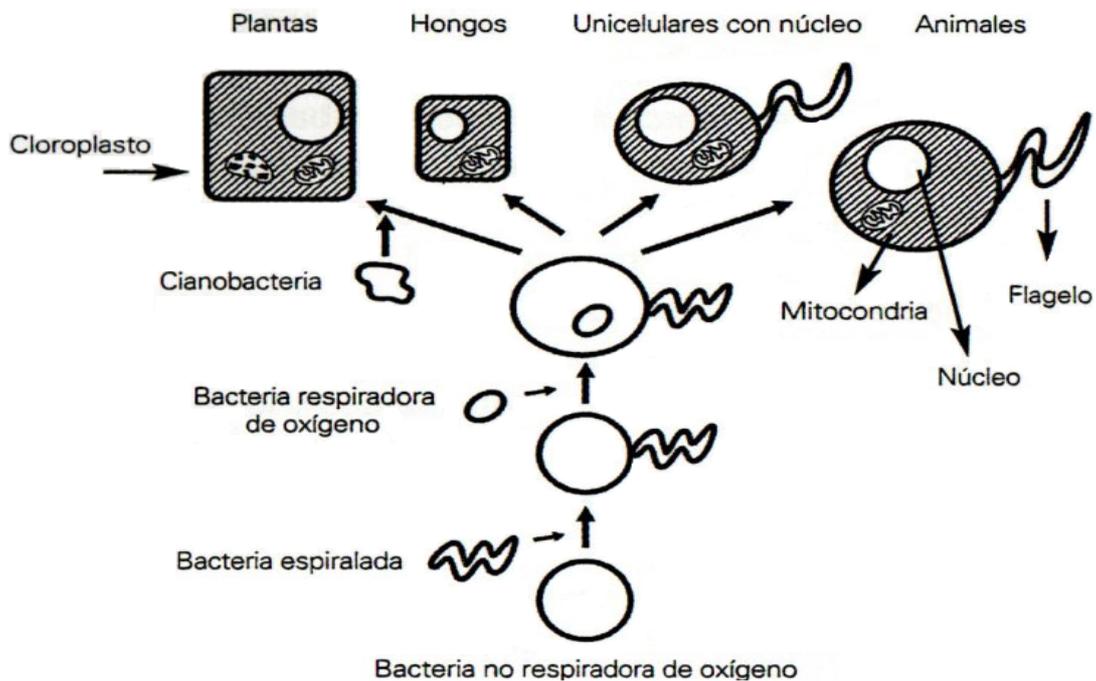


Figura 18. El origen de las células con núcleo según la teoría de endosimbiosis. Tomado de Alzogaray, 2006.

Los beneficios de la simbiosis son la formación muy rápida de organismos quiméricos que generan nuevos linajes, por procesos de **coevolución**. Por lo que la endosimbiosis es uno de los motores más poderosos de la evolución (De Duve, 1996).

En resumen, la teoría de endosimbiosis en serie propone que un procarionte engulló sin digerir a otro procarionte de respiración aerobia y que el procarionte “tragado” no digerido sobrevivió y aún persiste en las células eucariontes actuales en forma de mitocondrias y cloroplastos.

Actividades de aprendizaje:

Actividad 5

Completa el cuadro comparativo de las teorías del origen de los eucariontes.

Teoría	Autor (es)	Propuesta
Autógena		
Endosimbiosis		
Endosimbiosis seriada		
Doble endosimbiosis		

Actividad 6

A partir de la siguiente imagen describe el proceso de endosimbiosis que dio origen a las células eucariotas.

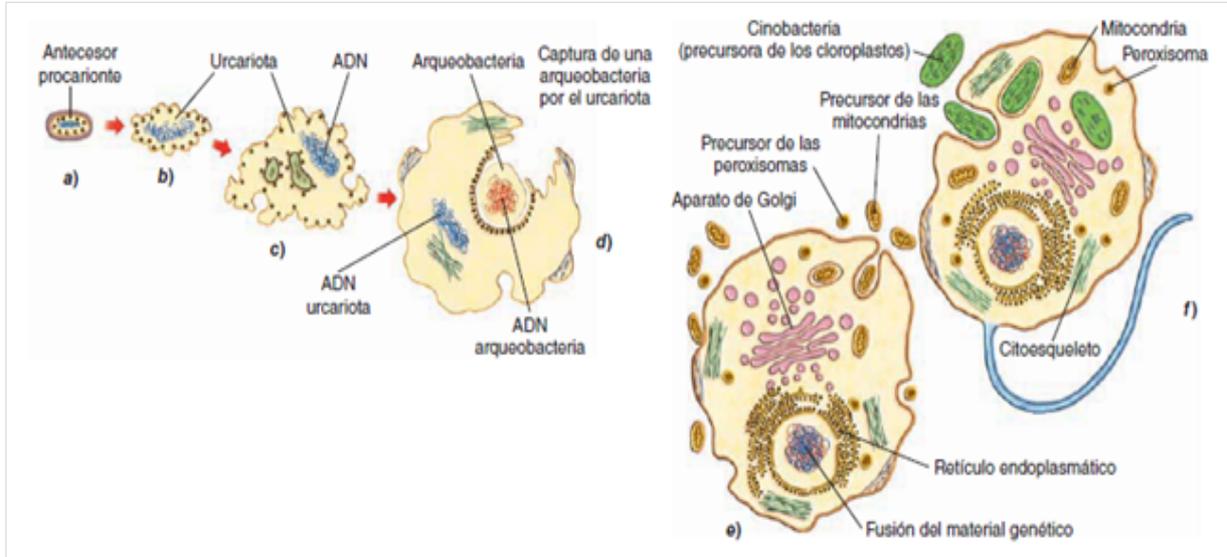


Figura 19. Teoría de endosimbiosis. Tomado de Erice y González, 2012.

Autoevaluación

Aciertos:

1. Teoría que propone que un procarionte engulló sin digerir a otro procarionte de respiración aerobia y que el procarionte “tragado” sobrevivió y forma mitocondrias y cloroplastos.
 - a) Autógena
 - b) Endosimbiosis
 - c) Doble endosimbiosis
 - d) Plasmogenia
2. Relaciona las columnas de las teorías de simbiosis colocando dentro del paréntesis el número romano que le corresponda con su(s) autor (es):

I. Teoría autógena	a ()	Lynn Margulis
II. Teoría de la endosimbiosis	b ()	Sarah P. Gibbs
III. Teoría de doble endosimbiosis	c ()	Andreas Shimper
IV. Teoría de endosimbiosis en serie	d ()	F. J. A, Taylor y E. D. Dodson

 - a) Id – Ilc – IIIb –IVa
 - b) Ib – IId – IIIa – IVc
 - c) Ia – I Ib – IIIc - IVd
 - d) Ic –IIa –IIIa -IVd
3. ¿Quién fue el primero en ver orgánulos celulares?
 - a) Lynn Margulis
 - b) Konstantin Merezhowsy
 - c) Richard Altmann
 - d) Iván Wallin
4. ¿Qué organelos celulares son el resultado de endosimbiosis?
 - a) Membrana - lisosomas
 - b) Cloroplastos - mitocondrias
 - c) Núcleo - Aparato de Golgi
 - d) Citoplasma – ribosomas
5. ¿Qué organelo celular de acuerdo con la teoría de endosimbiosis si cedió su material genético a la célula hospedadora?
 - a) Cloroplasto
 - b) Cilios
 - c) Flagelos
 - d) Peroxisomas

Respuestas correctas: 1-a, 2-d, 3-c, 4-b, 5-d

Referencias

- Alzogaray A. Raúl. (2006). *Historia de las células*. Capital Intelectual.
- Castro - Muñozledo, Federico. (2021). *Eucariogenésis y el origen del núcleo de las células eucariotas*. Revista de Educación Bioquímica (REB) 40(4): 204 -213. Recuperado de: <https://www.medigraphic.com/pdfs/revedubio/reb-2021/reb214f.pdf>
- De Erice, E. V. y González, J. A. (2012). *Biología. La ciencia de la vida*. McGraw Hill.
- Díaz - Zagoya, J. C. y Juárez Oropeza, M. A. (2007) *Bioquímica: un enfoque básico aplicado a las ciencias de la vida*. McGraw-Hill/Interamericana.
- De Duve, C. (1996). El origen de las células eucariotas. *Investigación y Ciencia*: 371, pp.18 – 26.
- Margulis, L. (2001). *El origen de la célula*. Editorial Reverté.
- Margulis, L. y Sagan, D. (1985). El origen de las células eucariotas. *Mundo Científico*. 5 (46), pp. 366 - 374.
- Margulis, L. y Sagan, D. (1985). *Microcosmos*. Omega
- Sagan, D. y Lynn, M. (1988). Doña bacteria y sus dos maridos. *Ciencias*, UNAM. Especial 2: 2-16.

Para
saber
más

[Teoría de endosimbiosis](#)



2. EVOLUCIÓN BIOLÓGICA

EVOLUCIÓN

Aprendizaje

Identifica el concepto de Evolución biológica.

Palabras clave

Evolución, cambio, desarrollo, progreso, variación, sobrevivencia, Fijismo, ancestro, diversidad, inmutabilidad.

Desarrollo del tema

Hace 2,500 años un joven llamado Sakyamuni, afirmó la impermanencia del universo y la inexistencia de un principio creador como una de las bases de su teoría espiritual. Para ese entonces la teología era la idea que prevalecía y sostenía que todos los organismos fueron creados simultáneamente por Dios (creacionismo), y que toda forma de vida permanecía inalterable desde el momento de su creación (Fontdevila y Moya, 2008). Dicha idea del origen de la diversidad de la vida fue expresada por Platón (427-347 a.C.) quien propuso que todo objeto existente en la Tierra era simplemente un reflejo temporal de su *forma ideal* inspirada por la divinidad. Por su parte, Aristóteles (384-322 a.C.), discípulo de Platón, clasificó todos los organismos en una jerarquía lineal a la que llamó la *escala de la Naturaleza*. Estas ideas constituyeron el fundamento de la idea de que la forma de cada tipo de organismo permanecía inalterable desde su creación, idea conocida como **Fijismo** (Audesirk et al., 2013) que se adhirió a las antiguas ideas judeocristianas, según las cuales el universo actual permanece igual desde su creación.

Sin embargo, algunos pensadores en siglos antes de cristo como Heráclito (s. VI a.C.) adoptaron la idea del cambio constante, contradiciendo el Fijismo, que prevaleció sin cuestionarse durante casi 2,000 años. Incluso se asumía que ninguna especie se había extinguido, creencia que comenzó a venirse abajo cuando en 1669 Steno confirmó que los fósiles encontrados representaban animales que existieron en el pasado y que no habían llegado hasta nuestros días. Los geólogos y paleontólogos fueron los primeros en darse cuenta de que a lo largo de la historia de la tierra se habían producido muchos e importantes cambios en los organismos.

Fue hasta la publicación del trabajo de Charles Darwin a finales del siglo XIX que las principales ideas de la **inmutabilidad** de los organismos cambiaron. Este naturalista sugirió y demostró que las especies, incluido el hombre, han cambiado. Con estas ideas se fundamenta que la evolución implica dejar descendientes con modificación y casi siempre con diversificación (Futuyma 1998).

La **evolución biológica** es un proceso de cambio en el tiempo, pero no implica la transformación de un individuo de una especie en otra. Para que se dé la evolución es preciso que los cambios se hereden a las siguientes generaciones, todo lo contrario, a lo que sucede en las células óseas las cuales se multiplican por mitosis,

un proceso de reproducción celular, en el cual se producen nuevas células sin que haya modificaciones heredables en el material genético que contienen.

El concepto de evolución ha sido utilizado también para referirse a etapas del **desarrollo** de un individuo, a la mejora de un objeto, la modificación de las teorías o formas de pensar o incluso para informarnos el estado de salud de un paciente, entre otros (Cuadro 1), estas ideas hacen referencia al **progreso**. En contraste, con la definición de evolución biológica, que se entiende como *el cambio en las características de las poblaciones de organismos o grupos de tales poblaciones, a través del curso de sucesivas generaciones* (Futuyma, 1998).

Cuadro 1. Diferentes concepciones del concepto de evolución.

Contexto	Descripción
Biología	Modificación de la composición genotípica y fenotípica de una población en el tiempo de acuerdo con el medio en el que habita.
Filosofía	Cambio en la concepción de determinado objeto de estudio o en su análisis.
Tecnología	Proceso de mejora continua de los productos y servicios, con el fin de adaptarse a las necesidades del mercado y de los usuarios.
Historia	Proceso de cambio y transformación de las sociedades y culturas a lo largo del tiempo.
Psicología	Cambio y desarrollo de los procesos cognitivos y emocionales en los humanos.

Un ejemplo del concepto de evolución biológica es el pez bruja o *mixino*, un animal marino baboso, con forma de anguila y casi ciego, que se abre paso por el fondo del mar usando el olfato y el tacto (Figura 20). En el estudio de su evolución se descubrió un fósil de mixino de 300 millones de años, el cual reveló que tuvo ojos funcionales, con ello se observa que la evolución causa adaptación del organismo a su medio.



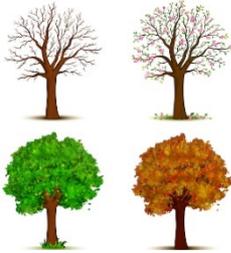
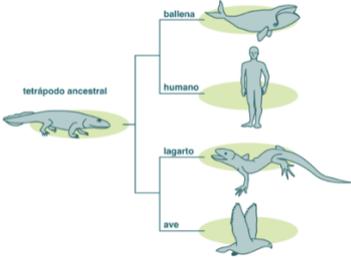
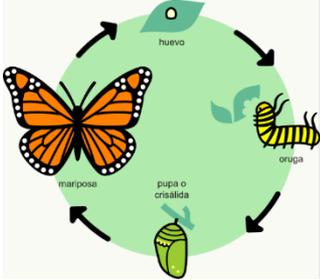
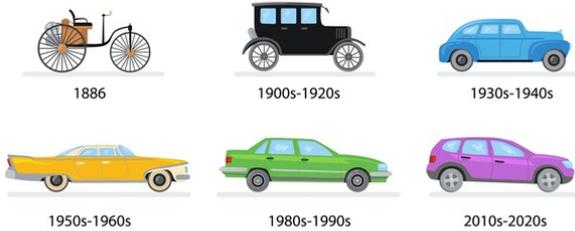
Figura 20. Pez bruja (*Eptatretus stoutii*). Tomado de bit.ly/3UrZeI9.

Una de las conquistas más valiosas de la ciencia ha sido fundamentar la teoría de qué el universo evoluciona y los sistemas biológicos.

Actividades de aprendizaje

Actividad 7

Observa las imágenes y escribe el concepto que le corresponda: cambios en el tiempo, desarrollo, progreso y descendencia con modificación.

Imagen	Concepto
 <p>Figura 21. Tomado de https://n9.cl/uyisc.</p>	
 <p>Figura 22. Tomado de https://n9.cl/623mx.</p>	
 <p>Figura 23. Tomado de https://n9.cl/alyuw.</p>	
 <p>Figura 24. Tomado de https://n9.cl/h3j1f.</p>	

Actividad 8

Relaciona la imagen con el concepto de evolución biológica y escríbela en el cuadro.

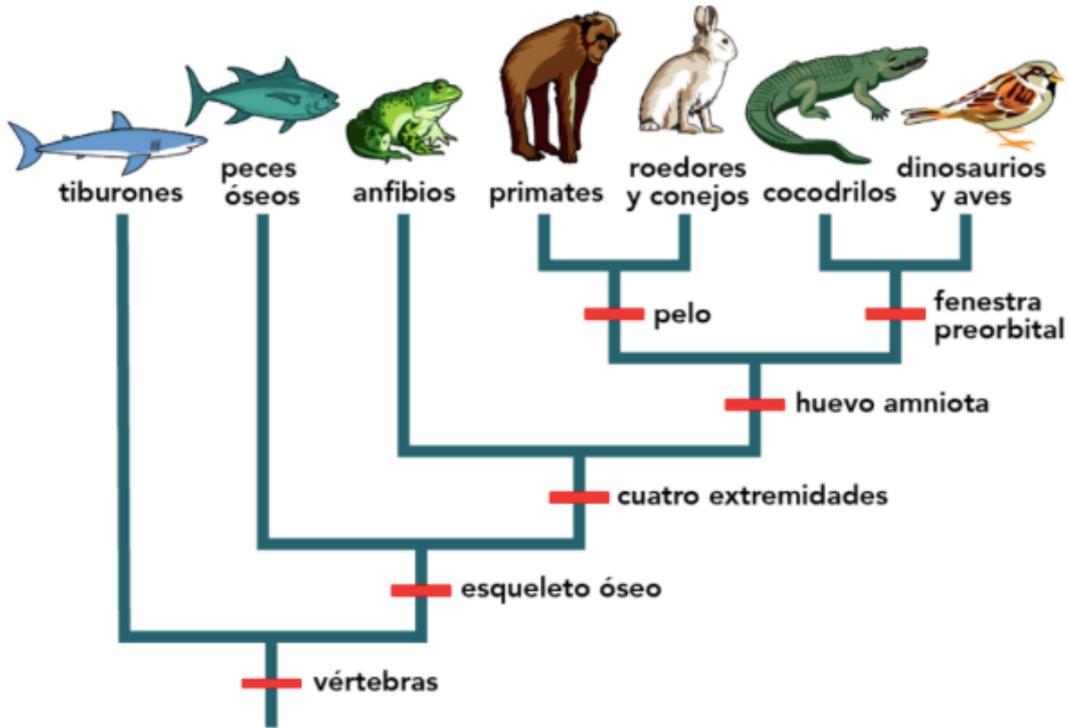


Figura 25. Tomada de <https://n9.cl/roiya>.

Autoevaluación

Aciertos:

1. Según el contexto histórico como concebían al proceso evolutivo los griegos.
 - a) Inmutabilidad y linealidad de las especies
 - b) Cambio en el tiempo para mejorar la especie
 - c) Cambio con variabilidad y descendencia con modificación
 - d) Linealidad y cambio en el tiempo

2. Es la visión de inmutabilidad de las especies a través del tiempo.
 - a) Creacionismo
 - b) Gradualismo
 - c) Fijismo
 - d) Evolución

3. Se considera al cambio de los organismos a través del tiempo y la variación de los descendientes.
 - a) Creacionismo
 - b) Gradualismo
 - c) Fijismo
 - d) Evolución

4. Fueron los primeros en observar que las especies cambiaban a través del tiempo:
 - a) Biólogos.
 - b) Geólogos.
 - c) Físicos.
 - d) Genetistas.

5. El concepto de evolución nos permite:
 - a) Explicar la diversidad de sistemas biológicos.
 - b) Predecir el curso futuro de la evolución.
 - c) Asignar valores a los sistemas vivos.
 - d) Establecer un punto más alto de gustos humanos.

Respuestas correctas: 1-a, 2-c, 3-d, 4-b, 5-a

Referencias

- Audersik, G. y Audersik, T. (1997). *La vida en la tierra*. Prentice Hall.
- Lomelí, R. (1995). *Biología 2*. Trillas.
- Rossi, M. y Levin, I. (2006) *Qué es (y qué no es la evolución) el círculo de Darwin*. Siglo XXI.
- Fontdevila A. y Moya A. (2008). *Evolución, origen, adaptación y divergencia de las especies*. Editorial Síntesis.
- Futuyma, D. (2005). *Evolution*. Sinauer.
- Soler, M. (2002). *La evolución y la biología evolutiva*. En *Evolución: la base de la biología* (pp. 21-26). Proyecto Sur.

Para
saber
más

[¿QUÉ ES LA EVOLUCIÓN?](#)



APORTACIONES DE LAS TEORÍAS AL PENSAMIENTO EVOLUTIVO

Aprendizaje del alumno

Reconoce las aportaciones de las teorías de Lamarck, Darwin - Wallace y Sintética, al desarrollo del pensamiento evolutivo.

Palabras clave

Teoría, evolución, Lamarck, Darwin - Wallace, selección natural, Teoría Sintética.

Desarrollo del tema

La **teoría de la evolución** se basa en observaciones, descubrimientos y análisis procedentes de diversas disciplinas. Estos conocimientos son el resultado de un extenso período de investigación y el esfuerzo conjunto de numerosos personajes. Con el tiempo, ha alcanzado un consenso general en la comunidad científica y actualmente es reconocida como una teoría que proporciona una explicación coherente para el origen y el mantenimiento de la biodiversidad (Strickberger, 2000).

Las primeras explicaciones acerca del origen de las especies fueron **creacionistas** y **fijistas**, las cuales planteaban que la vida había sido creada por uno o varios seres superiores (dioses) y que desde su creación las especies se mantenían fijas, es decir sin cambio (National Academy of Sciences, 2008). Aunque existen registros de explicaciones “evolucionistas” desde los griegos, el creacionismo y el fijismo imperaron durante toda la Edad Media hasta finales del Renacimiento cuando comienzan a cuestionarse estas ideas (Proyecto Nodo, 2015).

Teoría de Lamarck

En el proceso de construcción de la teoría evolutiva, se reconoce al naturalista francés Jean Baptiste Lamarck por proponer, en su libro “Filosofía zoológica” (1809), un **primer mecanismo para explicar la evolución**. A Lamarck le impresionaba la progresión de las formas en las capas de roca, pues observó que los fósiles más antiguos tienden a ser más simples, en tanto que los fósiles más recientes tienden a ser más complejos y parecidos a los organismos actuales (Figura 26).

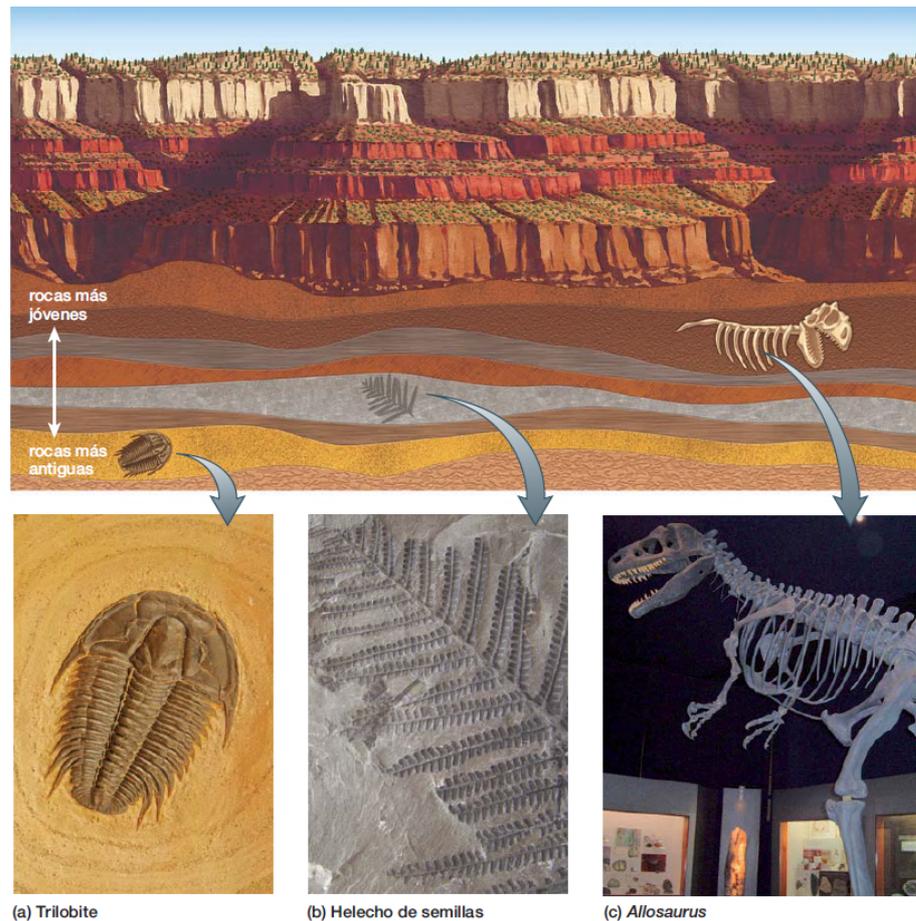


Figura 26. Sucesión de Fósiles como evidencia de que los organismos surgieron con el transcurso del tiempo por el proceso de evolución. Si todas las especies se hubieran creado simultáneamente, no se encontraría (a) los primeros trilobites en capas de roca más antiguas y (b) los primeros helechos, en capas más antiguas que (c) los dinosaurios. Tomada de Audesirk et al., 2013.

Para explicar el cambio en los sistemas biológicos, propuso que todos los organismos poseen un **impulso innato** hacia la perfección y por ello, tienden a modificarse mediante la **herencia de caracteres adquiridos**, un proceso por el cual sufren modificaciones en función del **uso o desuso** de algunas de sus partes y luego **heredan estas modificaciones a sus descendientes**. Por ejemplo, en las jirafas como se muestra en la Figura 27, uno de sus antepasados había estirado el cuello para alimentarse de las hojas de los árboles, por lo que éste se alargó un poco, modificación que se heredó a sus descendientes, quienes a su vez se habrían estirado aún más para alcanzar hojas más altas, mecanismo que con el tiempo originó las jirafas modernas (Audesirk et al., 2013). Aunque las ideas de Lamarck sobre la herencia de los caracteres adquiridos y el uso y desuso de los órganos eran erróneas, se reconoce su contribución al cuestionar las ideas fijistas-creacionistas y su intento por explicar un mecanismo del proceso evolutivo lento y gradual influenciado por el ambiente.



Figura 27. Explicación de Lamarck para el cuello de las jirafas. Tomado de Savia, 2018.

Teoría Darwin – Wallace

A principios del siglo XIX, se consolidaron conocimientos cruciales para el avance de la teoría evolutiva. Entre ellos, se destacan el reconocimiento de la antigüedad de la Tierra, las similitudes entre especies y la idea de que los organismos provienen de predecesores. En este contexto, **Charles Darwin y Alfred Russel Wallace** realizaron uno de los mayores aportes al pensamiento evolutivo al presentar la Teoría de la Evolución por **selección natural**. Esta teoría propone a la selección natural como mecanismo para explicar: el **cambio** de las especies a través del tiempo y el origen de nuevas especies a partir de **ancestros en común**.

Darwin, desde su juventud, mostró interés por la historia natural, estudió medicina un breve periodo en la Universidad de Edimburgo y después realizó estudios extracurriculares de geología y botánica en Cambridge donde estudiaba para formarse como clérigo (Bowler, 2010). A los 22 años, fue invitado a servir como naturalista y compañero del capitán, en el barco de la Armada británica H.M.S. Beagle, cuyo propósito era cartografiar la costa de América del Sur. El viaje duró cinco años, durante los cuales Darwin recolectó especímenes, realizó innumerables observaciones tanto geológicas como biológicas y se cuestionó el origen de las diferencias que observaba entre las aves y tortugas, de islas contiguas en las Galápagos. Estos hechos, así como las similitudes que observó entre los mamíferos fósiles y vivos de América del Sur, además de la influencia de autores como Charles Lyell en su lectura “Los Principios de geología”, consolidaron en él la convicción de que diversas especies evolucionaron a partir de ancestros en comunes.

Después de su viaje, Darwin pasó 20 años desarrollando su teoría, acumulando evidencia y realizando otras investigaciones antes de publicarla. Durante este tiempo aplicó a las poblaciones biológicas, la idea de la sobreabundancia de descendientes

en competencia por **recursos limitados** y propuso que esta “**lucha**” era la clave para el cambio de composición en la población.

Darwin identificó que dentro de las poblaciones existían **variaciones**, y aquellos organismos con características más adecuadas para su entorno tendrían una **descendencia** más abundante. De esta manera, sus rasgos se transmitirían en mayor proporción a las generaciones futuras. Así, las poblaciones experimentarían una constante adaptación a las condiciones de su ambiente. Darwin también comprendía que, como efecto de la selección natural, las poblaciones podrían **extinguirse** en ausencia de variaciones que les permitieran sobrevivir a los cambios en su entorno.

En 1858 Darwin recibió un manuscrito del joven naturalista Alfred Russel Wallace, quien recolectaba especímenes en el Archipiélago Malayo, en su carta Wallace al igual que Darwin proponía que existía **variabilidad** entre los individuos de una misma especie y que debido a ello se daba una **lucha** donde aquellos con las variantes **más aptas en su ambiente tendrían más posibilidades de sobrevivir y de reproducirse**, apartándolos con el tiempo de la especie original. Wallace también había concebido, de forma independiente, la evolución por acción de la selección natural, lo que motivó a Darwin a publicar “El Origen de las Especies” en 1859.

En su libro Darwin utilizó repetidamente la frase: **descendencia con modificaciones** para describir la evolución. Con esta expresión quería decir que las especies que existen hoy descienden de otras preexistentes y que cambian con el tiempo a través de la **selección natural**, una propuesta radical para una época, en la que persistía la idea de especies inmutables creadas de forma independiente. En esencia, la teoría de la evolución por selección natural realiza dos afirmaciones sobre la naturaleza de las especies: **cambian** con el tiempo y se relacionan mediante un **antepasado común** (Freeman,2009). Wallace, por su parte, hizo otras importantes contribuciones a la biología sobre la distribución geográfica de las especies, y aunque siempre le dio crédito a Darwin, actualmente se considera que ambos son autores de la teoría de la evolución por selección natural que constituye la base de la teoría evolutiva (Strickberger 2000). De manera general la teoría de Darwin y Wallace se basa en cinco ideas fundamentales, las cuales se ejemplifican en la Figura 28.

1. Los caracteres se **heredan** de padres a descendientes.
2. Los individuos **varían** en una población.
3. Algunos individuos no logran **sobrevivir y reproducirse**.
4. La supervivencia y la reproducción de un individuo no están determinadas por el azar, sino que depende de sus características. Los individuos con caracteres que les confieren **ventajas**, en determinado ambiente, sobreviven más tiempo y dejan mayor número de descendientes, un proceso conocido como **selección natural** (Audesirk et al., 2013). La selección natural no explica cómo surge una característica, solo explica el cambio de su frecuencia en la población.

5. Si la selección natural actúa un tiempo suficiente sobre una especie, puede producir una acumulación de cambios tal que termine constituyéndose como dos **especies** (Curtis, 2007).



Figura 28. Explicación del cuello de las jirafas de acuerdo con la Teoría de la evolución por selección natural. Tomada de Savia, 2018.

La teoría de la selección natural depende de la presencia de variaciones heredables en las poblaciones sobre las cuales actúa. Los conocimientos de la época no permitieron a Darwin y Wallace explicar el origen de dichas variaciones, sin embargo, estas interrogantes pudieron resolverse más tarde con el desarrollo de la genética.

Teoría sintética

En las décadas de 1930 y 1940 investigadores de diferentes áreas de la biología, entre ellos genetistas, sistemáticos y paleontólogos como **Fisher, Haldane, Huxley, Dobzhansky, Mayr y Simpson**, entre otros, conjuntaron la teoría de selección natural de Darwin y Wallace con los **principios de la genética** descubiertos hasta ese momento. Al consenso al que llegaron se le conoce como “**Teoría sintética**”.

A continuación, se describen las principales afirmaciones de la Teoría Sintética:

1. Al igual que lo expresado por Darwin y Wallace, la evolución de las especies es un **proceso lento y gradual**. Si bien propone otras causas de la evolución la selección natural sigue siendo el principal mecanismo.
2. Respecto de la **variabilidad**, las características de los organismos se heredan a través de los **genes**.
3. El material genético sufre **mutaciones** que pueden producir características perjudiciales, neutras o ventajosas. Se debe recordar que el origen de la variabilidad por mutaciones es al azar.
4. La **población** es la **unidad evolutiva** y no el individuo. En ella, existe un conjunto de genes con todas sus variantes y es lo que se denomina **acervo genético** en la que actúa la selección natural (Savia, 2018).

Actividades de aprendizaje:

Actividad 9

Completa la tabla con la información de la lectura o si lo consideras puedes hacer una indagación adicional. **Contexto** se refiere a los pensamientos y aportaciones de la época en que se construyeron. **Ideas principales** son las afirmaciones o postulados de cada una de las teorías y finalmente **contribución** se refiere a la aportación principal al desarrollo del pensamiento evolutivo.

Teorías	Contexto	Ideas principales	Contribución
Lamarck			
Darwin–Wallace			
Sintética			

Autoevaluación

Aciertos:

1. Son ideas de Lamarck para explicar la evolución.
 - i. ley del uso y desuso
 - ii. herencia de los caracteres adquiridos
 - iii. variación en la población
 - iv. fuerza innata al cambio individual
 - v. selección natural
 - vi. cambio en la frecuencia alélica
 - a) i, ii, iii
 - b) ii, iv, vi
 - c) i, ii, iv
 - d) ii, iv, v
2. Principal aportación de Darwin y Wallace a la construcción del pensamiento evolutivo.
 - a) Ley del uso y desuso
 - b) Teoría de la selección natural
 - c) Teoría sintética
 - d) Creacionismo y fijismo
3. Une a los autores con las oraciones que correspondan a sus teorías
 - a) Ante la falta de alimento las jirafas estiran su cuello para alcanzar las hojas altas de los árboles, lo que ocasiona que se alarguen.
 - I. Lamarck
 - b) En una población hay jirafas con cuellos de diferente largo, ante la falta de alimento, las más altas alcanzan las hojas de los árboles.
 - c) Las jirafas con características benéficas en determinado ambiente (en este caso cuello largo), sobreviven y dejan más descendientes que otras.
 - II. Darwin y Wallace
 - d) Las jirafas heredan las características que adquirieron durante su vida a la descendencia (en este caso cuello largo).
 - a) I:a,c – II:b,d
 - a) I:a,d – II:b,c
 - b) I:b,d - II:a,c
 - c) I:b,c - II:a,d
4. ¿Qué papel desempeña la selección natural en la teoría sintética de la evolución?
 - a) Es el motor de la evolución.
 - a) No tiene un papel en la evolución.
 - b) Es poco relevante en la evolución.
 - c) Es la única causa de la evolución.
5. Son aportaciones de la teoría sintética al pensamiento evolutivo.
 - a) Propone al individuo como unidad evolutiva y a la población como conjunto de genes con todas sus variantes.

- b) Propone la herencia de los caracteres adquirido y la selección natural como motor de cambio.
- c) Explica la herencia a través del DNA y el origen de la variación en el uso y desuso de los órganos.
- d) Explica la herencia a través de los genes y origen de la variación en las mutaciones.

Respuestas correctas: 1-c, 2-b, 3-b, 4-a, 5-d

Referencias

- Audesirk, T., Audesirk, G y Byers, B. (2013) *Biología. La vida en la Tierra*. Pearson Education.
- Curtis, B. y Barnes, M. (2007) *Biología*. Editorial Medica Panamericana.
- Bowler, P. (2010) Charles Darwin: el hombre y sus mitos. *Ciencias*, 97(097).
- Freeman, S. (2009) *Biología*. Pearson Educación
- National Academy of Sciences (2008). *Science, Evolution, and Creationism*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/11876>.
- Proyecto Nodo (2015) *Biología. Evolución de los Seres Vivos*. Ediciones SM.
- Savia (2018) *Biología 2. Evolución de los Seres vivos*. Ediciones SM.
- Strickberger, M. (2000) *Evolution*. Jones y Bartlett Learning.

Para
saber
más

[El naturalista que se adelantó a Darwin](#)



[Teoría sintética de la evolución](#)



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.

Palabras clave

Geología, historia de la tierra, tiempo geológico, eones, eras, periodos, extinciones.

Desarrollo del tema

La medición del tiempo en nuestra vida cotidiana la realizamos mediante unidades como años, meses, días y horas. Sin embargo, los procesos geológicos como el surgimiento de montañas, modificación del clima, movimiento de los continentes, entre otros que tienen que ver con la **historia de la tierra**, incluida la evolución biológica, ocurren tan lentamente a través de **millones de años** (Ma) que nos parecen imperceptibles y las unidades que utilizamos cotidianamente resultan inadecuadas para medir el tiempo a escala geológica. Por ello, los geólogos desarrollaron una escala de tiempo basada en eventos geológicos globales, que pudiera utilizarse como marco de referencia temporal en la **geología**. El desarrollo de esta **escala** ha requerido del trabajo de muchos científicos a través del tiempo el cual ha implicado el estudio de los fósiles y la aplicación de técnicas radiométricas para datar⁴ los materiales geológicos. A medida que mejore la tecnología y se obtengan nuevas evidencias, probablemente se seguirán realizando ajustes (NPS, 2021).

La palabra geología deriva del griego "geo" que significa tierra. La geología es la ciencia que estudia la composición, estructura, dinámica e historia de la Tierra, es considerada una ciencia histórica ya que parte de que el relieve actual de la Tierra es el resultado de una larga y variada evolución, por ello analiza los factores y fuerzas que en el proceso le han dado su forma actual (Servicio Geológico Mexicano).

La escala de tiempo geológico subdivide los 4,500 Ma de historia de la Tierra, en dos escalas: numérica (que utiliza como unidad el millón de años) y cronoestratigráfica la cual se expresa en unidades de tiempo relativas: **eones**, **eras** y **periodos** (Figura 29).

⁴ [\[1\]](#) La datación es el proceso de determinar las edades de rocas, minerales y fósiles

- Eones: representan las mayores extensiones de tiempo y están divididos en eras.
 - Eras: limitadas por profundos cambios de las formas de vida en el ámbito global y divididas en periodos.
 - Periodos: se caracterizan por perturbaciones importantes en el planeta y se subdividen en épocas (Tarbuck y Lutgens, 2005).

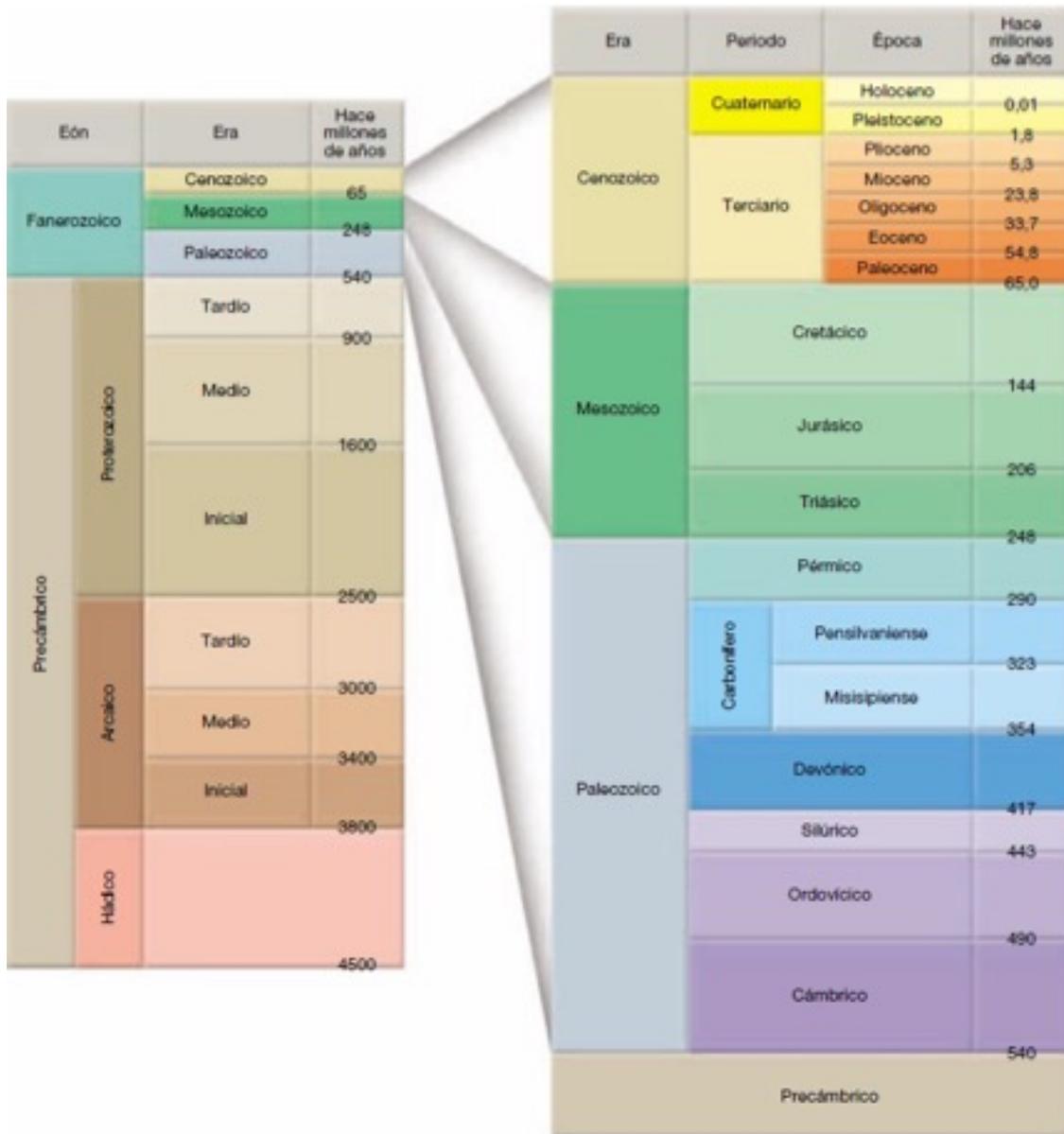


Figura 29. Divisiones de la escala de tiempo geológico organizadas estratigráficamente, las más antiguas en la parte inferior y las más jóvenes en la parte superior. Tomado de Tarbuck y Lutgens, 2005.

Precámbrico y surgimiento de la vida

El **Precámbrico** es el **Eón** más antiguo y se calcula que su duración abarca el 88% del total de la historia de la Tierra. Los primeros indicios de vida (restos químicos de materia orgánica) sugieren que el **surgimiento de la vida** se remonta a esta época,

hace más de 3,800 Ma (Hernández, 2013). La vida se desarrolló en el único gran océano que existía, en condiciones extremadamente diferentes a las actuales, entre ellas un clima más cálido, mayor radiación, intensa actividad volcánica y una atmósfera reductora abundante de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y amoníaco (NH₃). Estas primeras células eran procariotas, posiblemente de metabolismo anaeróbico, las cuales obtenían energía de moléculas orgánicas sintetizadas en el ambiente. Después, surgen las **células fotosintéticas** (3,500 Ma) y con ellas una importante acumulación de oxígeno en el ambiente que cambió la atmósfera y la biodiversidad hace unos 2,200 - 2,400 Ma. El surgimiento de las **células eucariotas** ocurrió hace alrededor de 1,700 Ma, probablemente como asociaciones simbióticas entre las células procariontes depredadoras y otras bacterias. Unos millones de años después aparecieron los primeros organismos pluricelulares (Audesirk et al., 2013; Cuen - Romero et al., 2021)

Fanerozoico: Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico

Paleozoico

La era del **Paleozoico** (*vida antigua*), comenzó hace unos 542 Ma y está marcada por un repentino aumento de invertebrados marinos, entre ellos los trilobites (el grupo más característico de esta era). Los peces son los primeros vertebrados que surgen en la Tierra, en la transición del *Cámbrico* al *Ordovícico*. En el *Ordovícico* las comunidades marinas aumentaron su biodiversidad y a finales de este período ocurre la primera gran **extinción** donde desaparecieron el 70% de las especies de trilobites, braquiópodos, equinodermos (erizos, estrellas y los pepinos de mar). Posteriormente, en el *Silúrico* (443 – 419 Ma) se dio una amplia radiación de los crinoideos, la aparición de los arrecifes de coral y abundancia de peces. En el continente las condiciones se vuelven adecuadas para la vida, la cual emigró a tierra firme desde las aguas marinas. Las **primeras plantas**, sin hojas ni raíces, comenzaron a desarrollarse en la tierra en ambientes húmedos cercanos al agua, también aparecen los hongos y animales terrestres como las arañas (Barrera et al., 2011).

Para el *Período Devónico* (419 - 358 Ma) los peces eran abundantes y ya habitaban en agua dulce, además aparecen los ammonites, los **anfibios** y las **plantas vasculares** (con transporte de líquidos por sus tallos): helechos, licopodios y equisetos. A finales de este período ocurre una segunda **extinción masiva**.

El *Carbonífero* (358 - 298 Ma) se caracterizó por una gran abundancia y diversificación de los anfibios, a partir de los cuales surgen los **primeros reptiles**. Fue un período de extraordinario desarrollo de vida vegetal. Los continentes estaban cubiertos por plantas, entre las que dominaban los helechos. En estos bosques vivían invertebrados, caracoles de tierra, ciempiés, escorpiones y arañas, junto con los primeros insectos con alas que llegaron a alcanzar hasta los 75 cm de largo.

Durante el *Pérmico* (298 - 251 Ma) aparecen las primeras **coníferas** y las cícadas. Los reptiles se diversificaron y dominaron los continentes debido a una

importante adaptación, el huevo amniota. A finales de este período tuvo lugar una gran extinción en la que desaparecieron el 20% de las plantas, 80% de los vertebrados terrestres y más del 90% de las especies marinas; no se sabe con exactitud que la causó, pero se asocia a un abrupto cambio de clima (Barrera et al., 2011; Cuen-Romero et al., 2021).

Mesozoico

Tras la mayor extinción de la historia de la Tierra, los supervivientes se diversificaron rápidamente, dando lugar a numerosas nuevas formas de vida. Esta Era, conocida como **Mesozoico** (*vida media*), se divide en tres periodos: *Triásico*, *Jurásico* y *Cretácico*. A principios del Mesozoico, durante el *Período Triásico* (251 – 201 Ma) la vida vegetal estuvo dominada por helechos con semillas en latitudes bajas, gimnospermas en latitudes medias y coníferas en latitudes altas. Durante el *Triásico* se inicia el esplendor de los reptiles, fue el primero de los tres períodos en que vivieron los dinosaurios y el momento en el que surgen los **primeros mamíferos**.

El *Jurásico* fue el último período en que predominaron las plantas vasculares como helechos y gimnospermas, en tierra los vertebrados dominantes fueron los reptiles y surgieron las aves, mientras que en el mar sobresalieron los amonoides.

En el *Cretácico* (145 - 66 Ma) vivieron más especies de dinosaurios que en ninguna otra época y uno de los cambios más importantes fue la aparición y dominio de **las plantas con flores**. Al final de este período se produjo una extinción masiva a causa de un meteorito de gigantescas dimensiones, su impacto ocasionó el levantamiento de grandes cantidades de polvo que impidieron el paso de la luz solar hasta las plantas reduciéndolas en cantidad. Se generó con ello un desequilibrio en la cadena trófica que tuvo como resultado la **extinción** de un 35% de la vida en la Tierra, entre ella los dinosaurios y el 93% de las especies de mamíferos.

Cenozoico (Terciario y Cuaternario)

La **Era Cenozoica** que abarca el *terciario* y *cuaternario* se inició hace aproximadamente 66 Ma y se extiende hasta la actualidad. En el *terciario*, después de la extinción de los dinosaurios, los mamíferos no solo se recuperaron rápidamente sino que, en sólo 300 000 años, un pestañeo en tiempo geológico, duplicaron el número de especies que había antes de la extinción. El *cuaternario* se caracteriza por una serie de repetidos avances y retrocesos de glaciares, los cuales fueron factores importantes en la evolución de los **homínidos** modernos que aparecieron en esta época. Se estima que el cambio de los bosques a pastizales más secos en África favoreció una postura erguida y la capacidad de correr y caminar largas distancias, liberando así las manos para tomar herramientas. El género *Homo*, al que pertenecen todos los humanos modernos, apareció hace aproximadamente 2 Ma en África (Cuen - Romero et al., 2021).

Actividades de aprendizaje

Actividad 10

A continuación, se muestran oraciones con algunos de los eventos más significativos de la historia de la tierra, coloca todas en el eón, era y período que corresponda en la escala de tiempo geológico. Considera que en el precámbrico pudieron ocurrir varios eventos.

Surgimiento de la vida, primeras células

Extinción del 90% de la vida marina

Primeros mamíferos

Primeras células fotosintéticas

Primera gran extinción

Transición de la vida del mar a tierra firme

Surgimiento de las aves

Surgimiento de los eucariotas y organismos pluricelulares

Primeros reptiles

Desarrollo de los primeros vertebrados "peces"

Diversificación de los mamíferos

Extinción masiva con la desaparición de los dinosaurios

Surgimiento de los homínidos

Origen de las plantas con flor

Surgimiento de los anfibios y las plantas vasculares

Eón	Era	Período	Sucesos principales
Fanerozoico	Cenozoico	Cuaternario	
		Terciario	
	Mesozoico	Cretácico	
		Jurásico	
		Triásico	
	Paleozoico	Pérmico	
		Carbonífero	
		Devónico	
		Silúrico	
		Ordovícico	
Precámbrico		Cámbrico	

Autoevaluación

Aciertos:

1. Ideas que corresponden al establecimiento de la escala de tiempo geológico
 - i. Su desarrollo ha implicado el estudio de los fósiles y datación, a medida que se descubran nuevas evidencias pueden realizarse mejoras.
 - ii. Para establecerla se calcularon los años de historia de la tierra y el total se dividió en cuatro bloques de tiempo de la misma amplitud.
 - iii. Se basa en eventos geológicos globales como marco de referencia temporal.
 - iv. Surge por la necesidad de tener una escala apropiada para entender los procesos geológicos que ocurren en millones de años.
 - v. Surge por un grupo de geólogos a partir de trabajos locales y la adopta la comunidad científica por falta de evidencias fósiles e instrumentos de datación.
 - a) i, ii y iii
 - b) i, iii y iv
 - c) ii, iv y v
 - d) ii, iii y v

2. Son unidades en la escala del tiempo geológico, de mayor a menor escala.
 - a) eras, periodos y décadas
 - b) eones, eras y periodos
 - c) periodos, décadas y eones
 - d) siglos, eras y eones

3. Según la evidencia fósil ¿Cuándo surgen las primeras formas de vida en el planeta?
 - a) Cámbrico, hace 542 Ma
 - b) Cámbrico, hace 490 Ma
 - c) Precámbrico, hace 4,500 Ma
 - d) Precámbrico, hace 3,800 Ma

4. Son eventos que ocurrieron en el Paleozoico.
 - a) Surgen las primeras células fotosintéticas, los eucariotas y organismos pluricelulares.
 - b) Aparecen los mamíferos, las aves y las plantas con flor, predominio de los dinosaurios.
 - c) Surgen los peces, anfibios y plantas vasculares, transición de la vida del mar a tierra.
 - d) Diversificación de los mamíferos y surgimiento de los homínidos.

5. ¿Hace cuanto ocurrió la extinción del Pérmico y cuál fue su impacto en la biodiversidad?
- a) 251 Ma desaparecieron el 90 % de las especies marinas.
 - b) 359 Ma y afecto al 75% de las especies marinas.
 - c) 443 Ma se estima que se perdieron hasta el 85% de las especies marinas.
 - d) 66 Ma y género la extinción de 93% de las especies de mamíferos.

Respuestas: 1-b, 2-b, 3-d, 4-c, 5-a

Referencias

- Audesirk, T., Audesirk, G. y Byers, B. (2013) *Biología. La vida en la Tierra*. Pearson Education.
- Barrera, L., García, J. y López, P. (2011) *Minerales, fósiles y evolución humana: guía didáctica*. Museo Nacional de Ciencias Naturales, Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Cuen-Romero, F., Chacón-Baca, E., Moreno-Bedmar, J. y Velasco-de León, M. (2021) Fósiles: Historia de la vida en la tierra. *Epistemos* 28(14), 51-62.
- Hernández, D. (2013). La vida a través del tiempo. *Paleontología Mexicana*, 64(3), 13-19.
- National Park Service (2021) *Geologic Time Scale* <https://www.nps.gov/subjects/geology/time-scale.html>.
- Servicio Geológico Mexicano (24/05/2023) ¿Qué es la Geología? <https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Planeta/Origen-del-planeta.html>.
- Tarbuck, E. y Lutgens, F. (2005) *Ciencias de la Tierra*. Pearson Education.

Para
saber
más

[Escala del tiempo Geológico del
Portal Académico](#)



EVIDENCIAS DE LA EVOLUCIÓN

Aprendizaje

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

Palabras clave

Evolución, evidencias, morfología, anatomía, fósiles, biogeografía, pruebas moleculares.

Desarrollo del tema

A través de la observación continua de la naturaleza nos hemos percatado de la gran diversidad de organismos que existen y que han existido a lo largo de la historia, no sin preguntarnos cómo es que han surgido tantas características que los hacen diferentes (Cervantes y Hernández, 2006).

Charles Darwin y Alfred Russel Wallace formularon la teoría científica de la evolución a mediados del siglo XIX. Esta teoría establece que los organismos modernos descienden con modificaciones de formas de vida anteriores, lo cual explica el origen de la diversidad de la vida y también de las notables diferencias que puede haber entre los organismos (Audesirk et al., 2013). El proceso evolutivo afecta a los sistemas biológicos en todos sus aspectos: **morfología**, **fisiología**, comportamiento y sus relaciones con el ambiente, y todo lo anterior como resultado de los cambios en el material genético (UNAM, s.f.). A través del tiempo, los científicos han aportado diferentes evidencias que han validado esta teoría entre ellos: los fósiles, los estudios geológicos, la genética, la biología molecular, la bioquímica y experimentos de crianza animal para el estudio de la anatomía comparada (Audesirk et al. 2013).

Pruebas paleontológicas

Las evidencias paleontológicas destacan como las principales pruebas de la evolución, de hecho, los paleontólogos se consideran los principales “historiadores” de la vida y al estudiar los fósiles determinan la historia de los organismos e incluso el medio en los que se desarrollaron (Soler, 2002).

Los **fósiles** son *restos, huesos o impresiones* de organismos que vivieron en otras épocas geológicas y que se preservaron por diversos procesos naturales (Galindo et al., 2012; UACJ, 2014). También se considera un fósil los excrementos fosilizados (conocidos como *coprolitos*) que pueden brindar información sobre el tipo de dieta que tenía los organismos que los produjeron (De Erice y González, 2012). Otro ejemplo de fósiles son los organismos preservados en estado de *congelación*, lo cual ha evitado que los microorganismos descompongan sus restos. Por ejemplo, se han descubierto varias especies de mamuts de más de 25 mil años congelados en regiones polares. También ha pasado, que algunas partes duras y blandas de organismos pasados han sido sustituidas por minerales tales como el hierro y el sílice,

convirtiéndolas en roca; este proceso se conoce como *petrificación*. Un último ejemplo de fósil es el caso de algunos insectos que quedaron *atrapados en ámbar* (resina de origen vegetal) (Galindo et al., 2012).

En general, los fósiles son una evidencia de la evolución muy importante porque aportan información sobre organismos que existieron, cómo se alimentaban, su hábitat y su tiempo de existencia en la tierra.

Pruebas anatómicas

El estudio anatómico puede distinguir los indicios de un **origen común** (Cervantes y Hernández, 2006). Esto es que el estudio comparativo pone de manifiesto que las especies que integran cualquier grupo taxonómico tienen semejanzas en su estructura básica, con lo que se deduce una ascendencia o ancestro común.

Las pruebas anatómicas se basan en la comparación estructural entre distintas especies, las cuales pueden proveer información valiosa sobre procesos evolutivos. En este proceso se identifican las estructuras homólogas, análogas y vestigiales (Cervantes y Hernández, 2006),

- a) **Estructuras homólogas.** Son aquellas que tienen el **mismo origen evolutivo**, pero **función y morfología diferente**. Por ejemplo, las extremidades anteriores de los vertebrados tienen diversos usos: volar, nadar, correr en diferentes tipos de terreno y atrapar o tomar objetos (Figura 30). Por selección natural las extremidades anteriores ancestrales experimentaron modificaciones lo que resultó en el origen de estructuras homólogas.

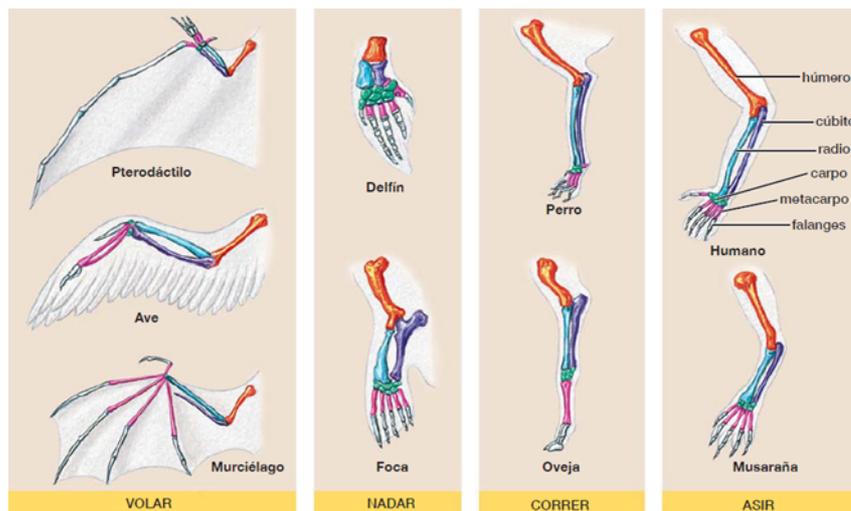


Figura 30. Cada extremidad de un animal realiza distinta función, aunque la anatomía de sus extremidades sea similar. Se deduce que el conjunto de huesos comparte características con un ancestro común (homología). Los colores resaltan las correspondencias de huesos entre las distintas especies. Tomado de Audesirk et al., 2013.

- b) **Estructuras análogas.** Son aquellas **diferentes en su anatomía interna, pero con la misma función o uso**, debido a que no provienen de la misma estructura ancestral. Por ejemplo, las alas de las aves (vertebrados) y los insectos (invertebrados) tienen la misma función, pero tienen origen evolutivo separados. (Figura 31).



Libélula



Golondrina

Figura 31. Estructuras análogas. Estructuras con origen evolutivo diferente y función similar, como las alas de los insectos y las aves. Tomado de Audesirk et al., 2013.

- c) **Estructuras vestigiales.** Son aquellas que **se reducen en tamaño y/o función** durante el proceso evolutivo. En el caso de la ballena y la boa constrictor las extremidades posteriores se redujeron hasta perder su función, pero en la salamandra se han conservado (Figura 32).

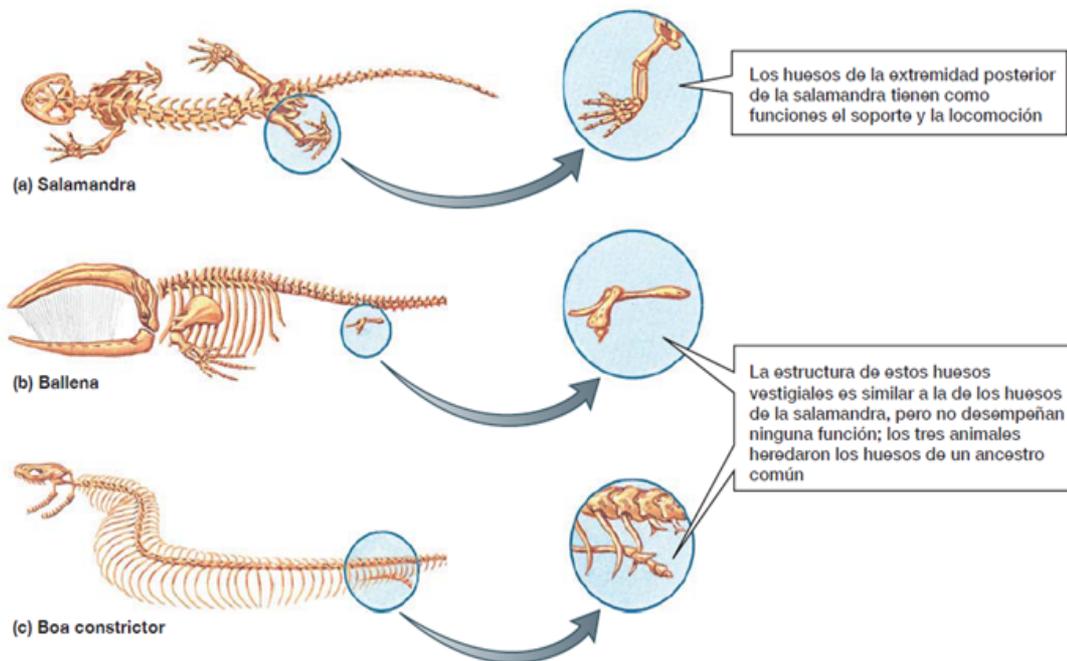
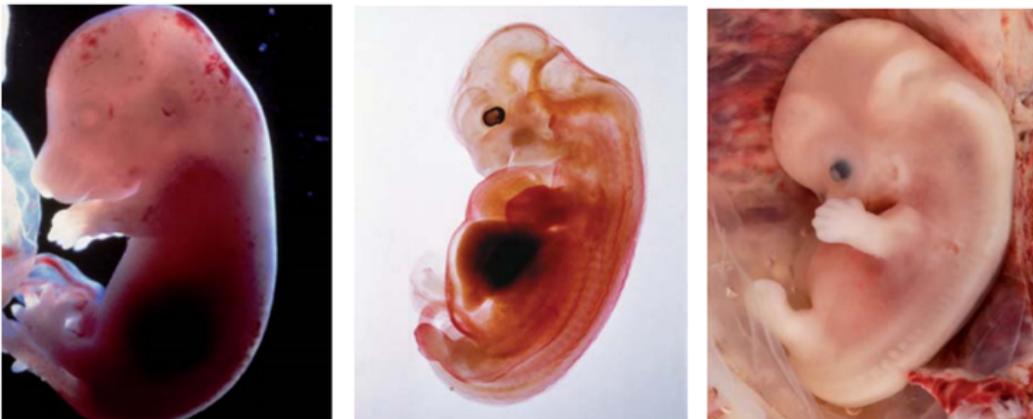


Figura 32. Estructuras vestigiales. Muchos organismos poseen estructuras provenientes de un ancestro común pero que son vestigiales porque no tienen función evidente, en el caso de la salamandra los huesos de las extremidades posteriores sí la tienen, pero la ballena y la boa no. Tomado de Audesirk et al., 2013.

Embriología comparada

La comparación de las etapas tempranas del desarrollo animal revela homologías anatómicas que no son visibles en los organismos adultos (Figura 33). En etapas embrionarias iniciales de peces, tortugas, pollos, ratones y humanos tienen cola y hendiduras branquiales. De estos grupos de animales, sólo los peces conservan las branquias, mientras que peces, tortugas y ratones conservan colas apreciables. Debido a los genes que dirigen el desarrollo embrionario.



(a) Ratón

(b) Cerdo

(c) Ser humano

Figura 33. Semejanzas anatómicas en embriones de vertebrados revelan relaciones evolutivas. Tomado de Audesirk et al., 2013.

Pruebas moleculares

A nivel molecular también se presentan evidencias que muestran semejanzas genéticas entre organismos a lo largo de la evolución (Soler, 2002). Todos los organismos compartimos un origen común que es la causa de las muchas semejanzas bioquímicas que presentamos, debido a la manifestación fenotípica en el DNA (Cervantes y Hernández, 2006). El material usado como evidencia molecular de evolución, se trata del DNA que codifican para las proteínas (Soler, 2002).

El gen del citocromo es altamente conservado a lo largo de la evolución, por ejemplo, en la Figura 34 se observa la similitud de las secuencias de nucleótidos entre el gen humano y del ratón. Este parecido en las secuencias es resultado de haber compartido un ancestro (Audesirk et al., 2013).



Figura 34. Semejanza molecular que demuestra relaciones evolutivas. Secuencias de DNA de los genes que codifican el citocromo c en un ser humano y en un ratón. De los 315 nucleótidos en el gen, sólo 30 (azul) difieren entre las dos especies. Tomado de Audesirk et al., 2013.

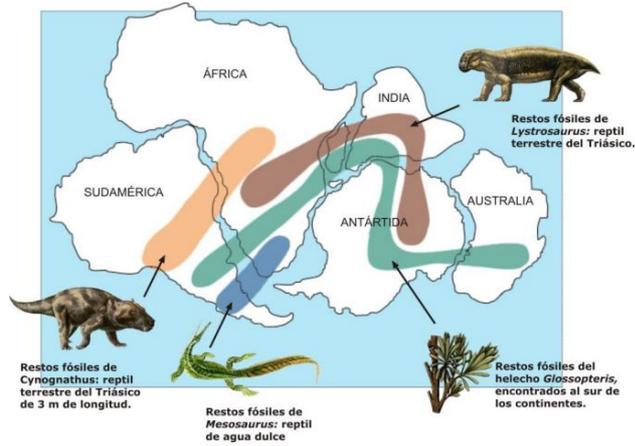
Biogeográficas

La biogeografía es una disciplina que se encarga de estudiar y comprender los procesos causales que han determinado la distribución espacial de los organismos en el pasado y en el presente, además que ha ayudado a describir algunos procesos evolutivos. Por ejemplo, a partir de ella, se sabe qué hace millones de años, los continentes estuvieron unidos en un solo supercontinente llamado Pangea, el cual tuvo una flora y fauna determinada.

Con el tiempo, las placas tectónicas se movieron y los continentes se separaron, formando los continentes que conocemos en la actualidad; una prueba biológica que respalda el movimiento de estas masas de tierra son los restos fósiles que se han encontrado en diferentes continentes mostrando que en algún momento estos organismos compartieron un área (Figura 35A).

También, a partir de la biogeografía se ha determinado que organismos actuales que se encuentran en diferentes partes del mundo, comparten ciertas características morfológicas, fisiológicas, entre otras, debido a que en algún momento de la historia de la vida en la Tierra esos continentes estuvieron unidos. Tal es el caso del lobo americano y siberiano, los cuáles descienden de un ancestro común, pero cada uno de ellos se ha especializado a su ambiente. Por ejemplo, los lobos siberianos son más grandes que los lobos americanos y tienen un pelaje más grueso y denso para protegerse del clima frío de Siberia (Figura 35B).

A)



B)



Figura 35. Distribución geográfica pasada y presente de algunos organismos.
Tomado de A) bit.ly/3HPiCy6 y B) bit.ly/3HMBtK3.

A partir de la información presentada, es que se puede saber que la formación de nuevas especies son el resultado de la dispersión y colonización, seguida por el aislamiento y adaptación a sus nuevos hábitats, además que permite explicar las semejanzas o diferencias de las especies (Cervantes y Hernández, 2006). Por ejemplo, Darwin observó que la fauna y la flora de las Galápagos estaban relacionadas con las del continente sudamericano, pero diferían en ciertos aspectos. En cada isla existían especies de animales y plantas diferentes, que a su vez no existían en el continente americano. Las especies que llegan son pocas debido a condiciones ambientales extremas y encuentran numerosos ambientes o nichos ecológicos desocupados, sin competidores ni depredadores. En respuesta, dichas especies se multiplican y diversifican, generando otras nuevas (Soler, 2002). En forma particular, Darwin, con sus detalladas observaciones de los pinzones, pudo explicar la asombrosa diversificación que se dio en este grupo debido a su aislamiento y adaptación al hábitat (Figura 36). Por lo tanto, la distribución de los organismos y su evolución están relacionados con la formación de nuevos hábitats.

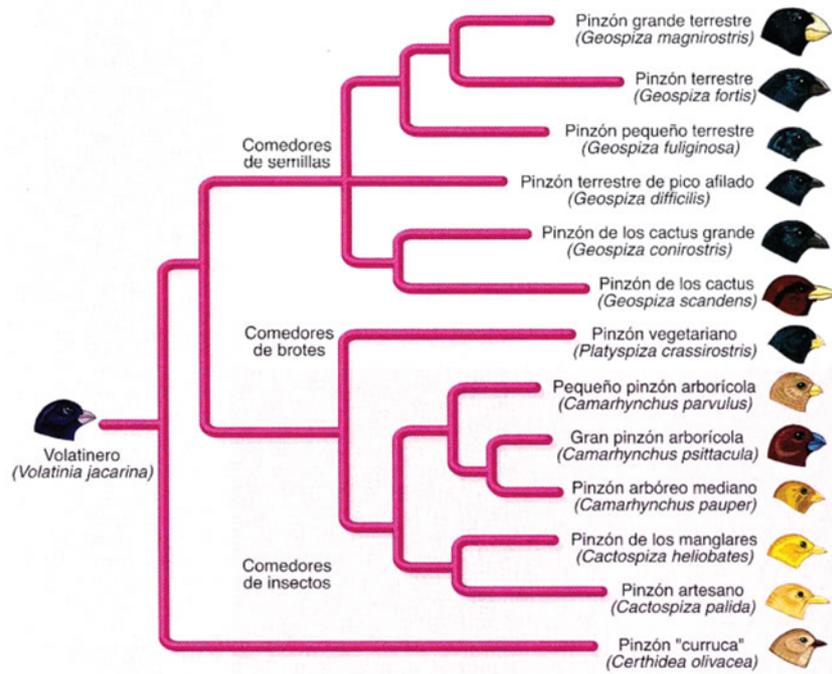


Figura 36. Pinzones de las Islas Galápagos. La diversificación del grupo se debió al aislamiento y adaptación al hábitat. Tomada de <https://n9.cl/fp32w>.

Actividades de aprendizaje

Actividad 11

Completa los espacios faltantes (líneas) del siguiente texto utilizando las siguientes opciones de respuesta:

A. huesos, dientes, conchas, huellas, rastros de animales y otros tejidos duros conservados de animales y vegetales que vivieron hace tiempo

B. análogas

C. anatómicas

D. biogeográficas

E. determinan la historia de los organismos e incluso el medio en los que se desarrollaron

F. embriológicas

G. moleculares

H. homólogas

I. pruebas de la evolución

J. vestigiales

K. paleontológicas

Las _____ incluyen evidencias paleontológicas, anatómicas, embriológicas, moleculares y biogeográficas. Las evidencias paleontológicas son aquellas que _____

_____ y se han establecido utilizando _____.

Mientras que las evidencias _____ incluyen a:

- Estructuras _____: las cuales tiene un origen semejante y función diferente.
- Estructuras _____: las cuales tiene un origen diferente y función semejante.
- Estructuras _____: las cuales se han reducido, perdido y sin función.

Otras evidencias son las _____ que muestran las similitudes en el desarrollo embrionario de diferentes especies.

Por su parte, las evidencias _____ muestran que mientras mayor sea la similitud química entre las moléculas (como el DNA y las proteínas) que se encuentran en las especies, se considera que tendrán una mayor relación entre éstas.

Por último, las evidencias _____ determinan la historia evolutiva de los organismos e incluso el medio en los que se desarrollaron.

Evaluación

Aciertos:

1. En las evidencias _____ se hace uso de los fósiles.
 - a) anatómicas
 - b) moleculares
 - c) estructurales
 - d) paleontológicas

2. Las pruebas anatómicas están basadas en la comparación de:
 - a) fósiles
 - b) secuencias de DNA.
 - c) distribución
 - d) estructuras

3. Son un ejemplo de estructuras vestigiales:
 - a) alas de insectos
 - b) extremidades posteriores de la ballena
 - c) código genético
 - d) extremidades anteriores de aves y mamíferos.

4. La secuencia de aminoácidos de la hemoglobina es una evidencia evolutiva de tipo:
 - a) Molecular.
 - b) Biogeográfica.
 - c) Anatómica.
 - d) Paleontológica.

5. Las similitudes que encontró Darwin entre las especies de las Islas Galápagos y América del sur, es una evidencia de tipo:
 - a) Molecular
 - b) Biogeográfica
 - c) Anatómica
 - d) Paleontológica

Respuestas correctas: 1-d, 2-d, 3-b, 4-a, 5-b

Referencias

- Audesirk, T., Audesirk, G., y Byers, B. (2013). *Biología. La vida en la Tierra*. Pearson Education.
- Cervantes, M. y Hernández, R. (2006). *Biología General*. Patria.
- De Erice, E. y González, A. (2012). *Biología. La ciencia de la vida*. McGRAW-HILL.
- Galindo, A., Avendaño, R. y Angulo, A. (2012). *Biología Básica*. Universidad Autónoma de Sinaloa.
- Universidad Autónoma de la Ciudad de Juárez (UACJ). 2014. *Los fósiles*. Hoja técnica de divulgación científica. 5.
- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). (septiembre, 2020). *Evidencias de la Evolución*. Objetos UNAM. Disponible en línea: <http://www.objetos.unam.mx/biologia/evidenciasEvolucion/>.
- Vargas, P. y Zardoya, R. (2012). *El árbol de la vida. Sistemática y evolución de los seres vivos*.
- Soler, M. (2002). *Evolución. La base de la Biología*. Proyecto Sur de Ediciones. International Union of Biological Sciences.

Para
saber
más

[Evidencias de la evolución](#)



ESPECIE BIOLÓGICA

Aprendizaje

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

Palabras clave

Especie biológica, diversidad biológica, taxonomía, reproducción sexual, aislamiento reproductivo.

Desarrollo del tema

La diversidad biológica o **biodiversidad** se refiere a la variedad de formas vivas que habitan en nuestro planeta y el concepto clave que permite su cuantificación es el de **especie** (Carabias et al., 2009; Aguilera, 2012). Por ello se han formulado varios conceptos de especie, los cuales surgieron en diferentes épocas (Cuadro 2); algunos de estos conceptos son el biológico, el filogenético y el evolutivo (Ruelas, 2018).

Cuadro 2. Diferentes conceptos de especie.

Personaje o época	Idea sobre el concepto de especie
Platón	<i>Eidos</i> , se usa como especie para referirse a las cosas o ideas.
Aristóteles	Cada especie tiene una esencia (<i>entelequia</i>), una naturaleza intrínseca.
Edad Media	Especies eran los cuerpos que portaban a las almas de los organismos.
Renacimiento	Las especies se consideraban entidades efímeras (agua al tratar de contenerla entre las manos) y evasivas (que no se pueden contar y clasificar).
John Ray	Las especies existen en una amplia variedad que se mantiene constantes desde su creación.
Conde de Buffon	Considera a las especies entidades reales (que se pueden contar).
Carlos Linneo	Las especies son unidades fijas sin cambios (creacionismo).
George Cuvier	Usa la palabra especie también para los organismos que vivieron en otro tiempo (fósiles).
Lamarck	Las especies se transforman a través del proceso de adaptación.
Charles Darwin	Pensaba que las especies eran unidades cambiantes, imposible de definir las con límites arbitrarios y subjetivos.
Ernest Mayr	Especie unidad básica de clasificación taxonómica.
Levin	Especie es un instrumento o herramienta para caracterizar la diversidad orgánica.

En el Cuadro anterior se puede observar que la mayoría de los autores considera a la especie como la unidad fundamental de trabajo y que ningún concepto es aplicable a todos los campos de estudio de la biología como en la evolución, taxonomía, genética, ecológica, por lo que cada una establece su límite de uso (Crisi, 1979).

El **concepto de especie biológica** definido por Ernest Mayr describe a la especie como un grupo de poblaciones naturales que se cruzan efectiva o potencialmente entre ellos y que están aisladas reproductivamente de otros grupos semejantes (Audesirk, 2013).

Para este concepto, son importantes dos premisas:

- 1) **Aislamiento reproductivo**, incapacidad de los individuos de cruzarse exitosamente con otro miembro de otra especie.
- 2) **Intercambio genético** dentro de la unidad (especie), confiere y mantiene separada su identidad.

Se destaca que este concepto solo se emplea para organismos de **reproducción sexual** y excluye a los que se reproducen asexualmente como las bacterias. Por ejemplo, las tres especies de azulejos se caracterizan por ser de color azul brillante en la parte superior y cola, mientras que la garganta, pecho y/o abdomen es de color castaño rojizo. Pese a sus evidentes semejanzas son consideradas especies distintas porque no se reproducen entre sí (Figura 37).

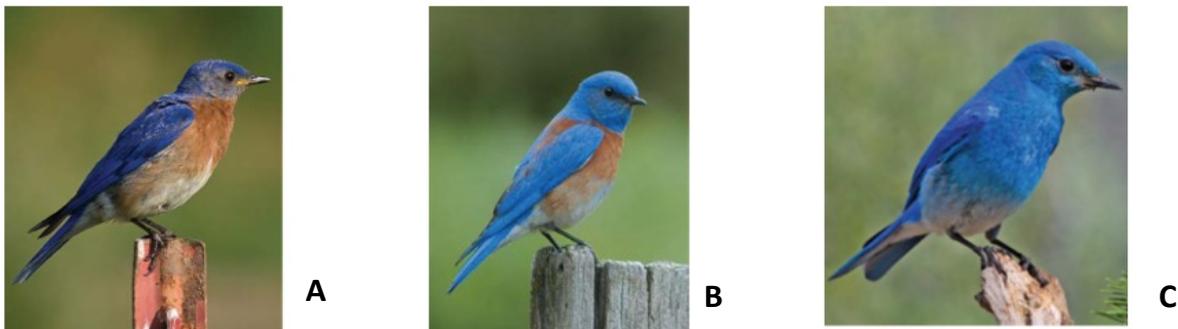


Figura 37. Especies de azulejos, A) Azulejo oriental (*Sialia sialis*), B) Azulejo occidental (*Sialia mexicana*) y C) Azulejo de las montañas (*Sialia currucoides*). Tomado de Audesirk et al. 2013.

El concepto de especie biológica nos ayuda a reconocer y comprender la biodiversidad. Es importante mencionar que la información va cambiando con el contexto histórico social como se observó en el Cuadro 2 y con ello el conocimiento de las especies del planeta.

Actividades de aprendizaje

Actividad 12

Busca las siguientes palabras en la sopa de letras: BIOLÓGICA, SEXUAL, AISLAMIENTO, BIODIVERSIDAD, ESPECIE y REPRODUCCIÓN. Posteriormente, con estas palabras construye tu concepto de especie biológica y anótalo en el espacio correspondiente.

C	R	D	A	O	C	I	T	O	G	I	C	E	R	P	A	B
I	E	S	E	X	U	A	L	M	L	B	L	A	C	O	K	I
E	P	E	A	E	G	H	K	W	T	Y	N	C	B	S	I	O
N	R	C	A	O	S	E	A	D	Ñ	I	L	R	I	T	S	D
T	O	A	V	S	X	P	E	P	P	O	H	I	O	C	E	I
I	D	K	I	I	C	A	E	A	S	D	L	L	L	I	N	V
F	U	N	I	S	B	R	Y	C	A	R	V	O	O	G	O	E
I	C	N	U	T	N	A	T	P	I	V	N	E	G	O	I	R
C	C	M	E	E	N	Q	N	N	V	E	S	O	I	T	C	S
O	I	N	O	M	B	R	E	E	N	S	E	R	C	I	A	I
J	O	G	V	A	L	E	U	O	Y	I	R	E	A	C	L	D
R	N	P	R	O	O	A	C	A	D	D	A	V	E	O	B	A
S	D	B	T	A	X	O	N	O	M	I	A	A	R	D	O	D
A	N	Q	U	M	O	T	O	C	U	D	O	R	P	E	R	T
A	I	S	L	A	M	I	E	N	T	O	P	E	P	P	L	E

Concepto de especie biológica:

Actividad 13

En la imagen se observan dos especies, de acuerdo con el concepto revisado ¿Qué información necesitarías saber para argumentar que son especies diferentes? Utiliza las premisas del texto.



Figura 38. *Spilogale putorius*. Tomado de <https://n9.cl/zlrfy>.



Figura 39. *Spilogale gracilis*. Tomado de <https://n9.cl/xhk9eh>.

Autoevaluación

Aciertos:

1. ¿Quién propuso el concepto de especie biológica?
 - a) Ernest Mayr
 - b) George Cuvier
 - c) Charles Darwin
 - d) Conde de Buffon
2. El concepto de especie biológica tiene una restricción porque no incluye a:
 - a) organismos sexuales.
 - b) organismos asexuales.
 - c) organismos fértiles.
 - d) organismos infértiles.
3. El concepto de especie biológica se define como grupo de:
 - a) individuos que se distinguen de otra especie por sus características morfológicas.
 - b) individuos que pueden cruzarse entre sí, pero que están aislados reproductivamente de otros grupos afines.
 - c) individuos que contienen a todos los descendientes de un ancestro común único.
 - d) individuos que se distinguen de otra especie por sus características morfológicas y sus aislamientos reproductivos.
4. En el concepto de especie biológico el aislamiento reproductivo se refiere a dos individuos de especies diferentes:
 - a) que pueden aparearse y tener descendencia fértil.
 - b) que puedan aparearse, pero con descendencia diferente.
 - c) sin apareamiento ni descendencia fértil.
 - d) sin apareamiento y descendencia fértil.
5. De acuerdo con el concepto de especie biológica ¿Cómo sabrías si estos dos sistemas biológicos son de la misma especie?



Figura 40. Tomado de <https://n9.cl/yxcrlj> y <https://n9.cl/140qz>.

- a) Comparten un ancestro cercano
- b) Comparten el mismo ambiente
- c) No se reproducen entre ellos
- d) Se reproducen entre ellos

Respuestas correctas: 1-a, 2-b, 3-b, 4-c, 5-d

Referencias

- Aguilera, M., y Silva, J. (1997). Especies y biodiversidad. *Interciencia* 22(6): 299-306.
- Audesirk, T., Audesirk, G., y Byers, B. (2013). *Biología. La vida en la Tierra*. Pearson Educación de México.
- Carabias, J., Meave, J., Valverde, T., y Cano, Z. (2009). *Ecología y medio ambiente en el siglo XXI*. Pearson Educación de México.
- Crisi, J. V. (1979). Clasificación biológica: naturaleza, objetivos, fundamentos. https://www.researchgate.net/profile/Jorge-Crisi/publication/275959882_Clasificacion_biologica_naturaleza_objetivos_fundamentos/links/554b82470cf29f836c96c190/Clasificacion-biologica-naturaleza-objetivos-fundamentos.pdf.
- Ruelas, E. (2018). El concepto de especie en Biología. *Ciencia* 69(4): 22-29.

Para
saber
más

[La especie, su concepto y la más reciente de las propuestas](#)



3. 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.

Palabras clave

Clasificación, clase, división, dominio, sistemática, nomenclatura, taxonomía, taxón rRNA.

Desarrollo del tema

Desde la antigüedad los humanos han intentado realizar una clasificación única que incluya a todas las formas vivas. **Aristóteles** (384 – 322 a. C.) clasificó alrededor de 500 organismos en 11 categorías y uso como criterios la complejidad estructural, el comportamiento y el grado de desarrollo al momento del nacimiento.

Carl von Linneo (1707-1778) sentó las bases de la nomenclatura binomial, que se utiliza actualmente y se basa en el uso del género y la especie. Aceptaba la existencia de sólo dos reinos: el animal y el de las plantas.

En el siglo XVIII y parte de del XIX se clasificaba a todos los organismos en dos reinos: *Plantae*, (macroalgas, bacterias y hongos) y *Animalia* (protozoarios). Un problema de esa clasificación fue que algunos microorganismos fotosintéticos, como *Euglena*, eran a veces considerados en un reino y a veces en otro.

Alrededor de 1860 **Ernest Haeckel** (1834 - 1919) y **John Hogg** (1800 - 1869), utilizaron como criterio de clasificación la complejidad de los organismos y proponen adicionar el grupo de los *Protistas* para agrupar en él a todos los sistemas biológicos sencillos, fueran o no fotosintéticos y/o móviles.

En 1956, **Hebert Copeland** (1902 -1968) propuso la creación del reino *Monera* para todo organismo procariota unicelular (Muñiz, et al. 2000). Los hongos fueron los últimos organismos que merecieron la creación de un reino, al que se le llamó *Fungi*, en 1959, el fundador de este reino fue **Robert H. Whittaker** (1924 - 1980), quien, además propuso el sistema taxonómico de los cinco reinos en la Figura 41 (Curtis et al, 2015).

Otros biólogos habían propuesto algo similar, hasta con 13 reinos, pero el sistema de Whittaker se impuso, él consideraba como criterios de clasificación la ausencia o presencia de núcleo celular (procariotas y eucariotas), número de células y forma de nutrición. De esta manera, quedaron conformados cinco reinos: **Monera**

(bacterias); **Protista** (algas, protozoos, mohos de limo, y otros organismos acuáticos y parásitos menos conocidos); **Fungi** (líquenes y hongos); **Animalia** (vertebrados e invertebrados) y **Plantae** (musgos, helechos, coníferas y plantas con flor) (Cuadro 3). En 1978, **Whittaker y Lynn Margulis** propusieron modificar esta clasificación, conservando el número de reinos e incluyendo dentro del antiguo grupo Protista a las algas y este nuevo reino fue designado Protocista (Cuadro 4).



Figura 41. Los cinco reinos de acuerdo con Lynn Margulis. Tomado de <https://n9.cl/2imer>.

Hasta 1977, el **reino** se consideraba la categoría sistemática más inclusiva. Sin embargo, la secuenciación de moléculas presentes en todos los organismos como la subunidad pequeña del **rRNA**, llevó al microbiólogo **Carl Richard Woese** (1928 - 2012) y sus colaboradores a la construcción de un árbol filogenético único en el cual se diferencian tres linajes evolutivos principales. Woese propuso una nueva categoría, el **dominio**, que abarca cada linaje. Los tres dominios constituyen grupos monofiléticos y se denominan: **Bacteria, Archaea y Eukarya** (Figura 42 y 43).

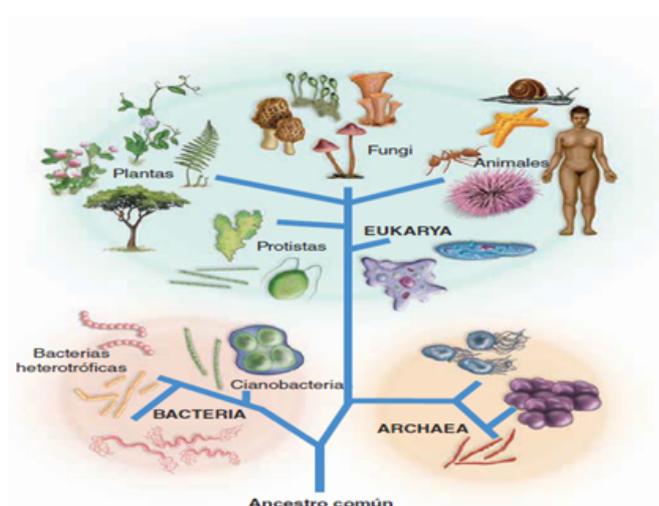


Figura 42. Los tres dominios según Woese, El árbol de la vida propuesto por Carl Woese. Tomado de Erice y González Mandujano 2012.

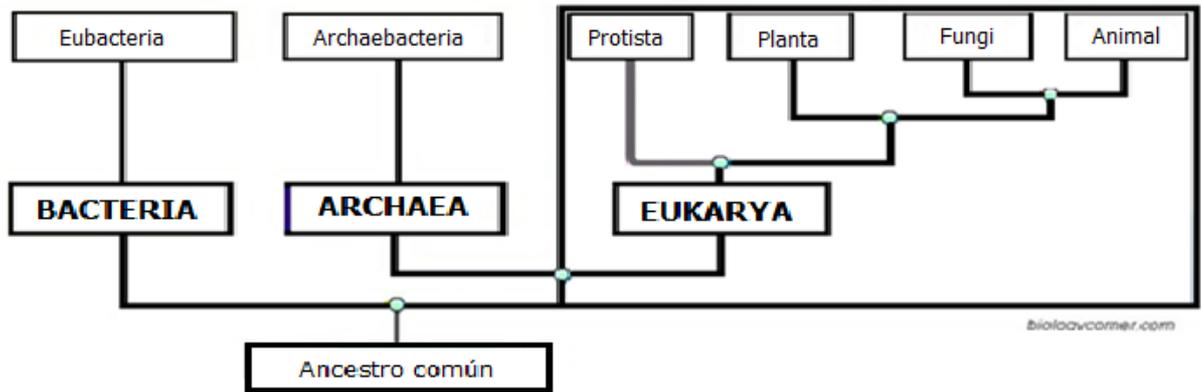


Figura 43. Reinos y dominios de acuerdo Carl Woese. Tomado de <https://n9.cl/8yzf4>.

Una propuesta alternativa de Margulis reconoce cinco reinos como taxones más inclusivos de la clasificación biológica, al colocar los dominios *Archaea* y *Bacteria* de Woese como subreinos dentro del reino Procaryota como se muestra en el Cuadro 3 (Curtis *et al*, 2015).

Cuadro 3. Historia de las clasificaciones de los sistemas biológicos.

Autor	Propuesta histórica	Autor	Propuesta moderna
Aristóteles (384 – 322 a.C.)	Reinos: Reino Animal Reino plantas Reino mineral	Robert H. Whittaker (1924 - 1980)	Reino Monera Reino Protista Reino Fungi Reino Animal Reino Plantas
Ernst Haeckel (1834 - 1919)	Reino Reino Protista Reino Animal Reino Vegetal	Lynn Margulis (1938 - 2011)	Dos dominios y cinco reinos Dominio Procariota: Reino Monera Dominio Ecariota: Reino Proctista Reino Fungi Reino Animal Reino Plantas
Hebert Copeland (1902 - 1968)	Reino Monera Reino Protista Reino Fungi Reino Animal Reino Plantas	Carl Woese (1928 -2012)	Tres dominios y seis reinos Dominio Archeobacteria: Reino Archeobacteria Dominio Bacteria: Reino Monera Dominio Eucariota: Reino Proctista (Protista) Reino Fungi Reino Animal Reino Plantas

La **sistemática** es la ciencia que estudia la diversidad biológica, trata de entender las relaciones evolutivas de los organismos e interpreta la manera en que la vida se ha diversificado y cambiado a través del tiempo. Los *objetivos de la sistemática son*: describir, encontrar un orden, comprender los procesos que son responsables de la generación de esa diversidad y presentar un sistema general de referencia sobre la biodiversidad (Goyenechea, 2006).

La sistemática incluye tres elementos (Figura 44):

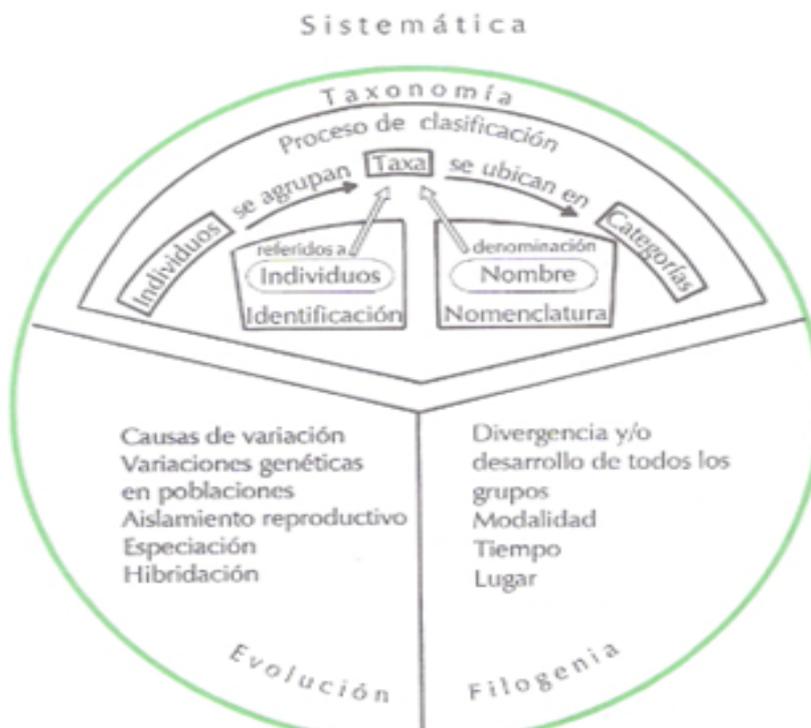


Figura 44. Sistemática, esquema conceptual de las áreas que corresponden a la sistemática biológica Tomado de Cervantes y Hernández, 2000.

1. Taxonomía: aporta los principios filosóficos y los criterios en los que se basan los sistemas de clasificación. Además, establece los métodos y normas para construir dichos sistemas.

2. Nomenclatura: se enfoca en definir las categorías del sistema de clasificación y las normas para dar nombres a los grupos.

3. Clasificación: se encarga de describir y caracterizar los grupos ubicándolos en alguna categoría del sistema de clasificación.

La clasificación incluye otros dos elementos que se definen a continuación:

- **Categoría:** designa un rango o nivel de clasificación jerárquico (especie, género, familia, orden, clase, división / filo, reino, dominio).
- **Taxón** (plural taxa): grupo de organismos considerado como unidad de cualquier rango en un sistema de clasificación.

Actualmente existen ocho categorías de clasificación utilizadas en sistemática (Figura 45):

1. **Dominio:** máxima categoría utilizada en la clasificación biológica (*Archaea*, *Eubacteria*, *Eukarya*).
2. **Reino:** categoría que agrupa a filo = fila = fylum o división.
3. **Filo (raza = tribu):** comprende a las clases, se usa para el reino *Animal*.
3. **División:** incluye a las clases y se usa para el reino *Plantae*.
4. **Clase:** comprende a los órdenes.
5. **Orden:** contiene a las familias.
6. **Familia:** agrupa a los géneros.
7. **Género:** incluye a las especies.
8. **Especie (tipo):** categoría mínima o básica utilizada en la clasificación biológica.

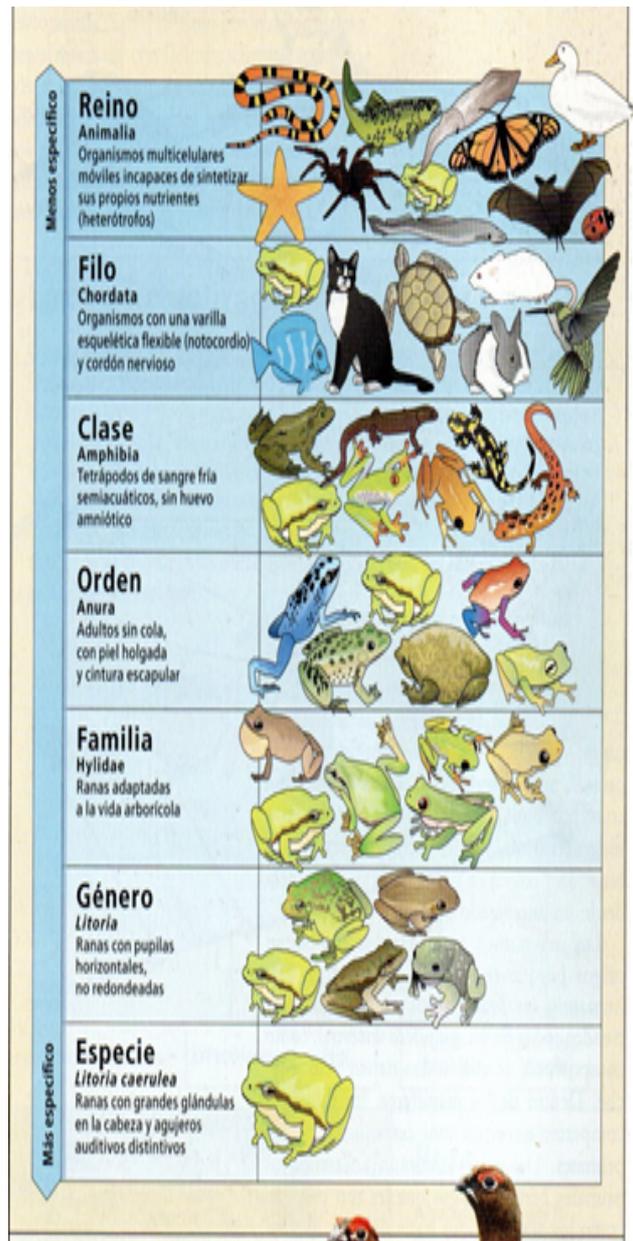


Figura 45. Categorías taxonómicas. Tomado de Zimmer, 2008.

Entre las categorías principales hay otras intermedias que usan los mismos nombres, pero con los prefijos “super”, “sub”, o “infra” para indicar su posición relativa entre las jerarquías principales, por ejemplo, la superfamilia hominoidea (Figura 46).

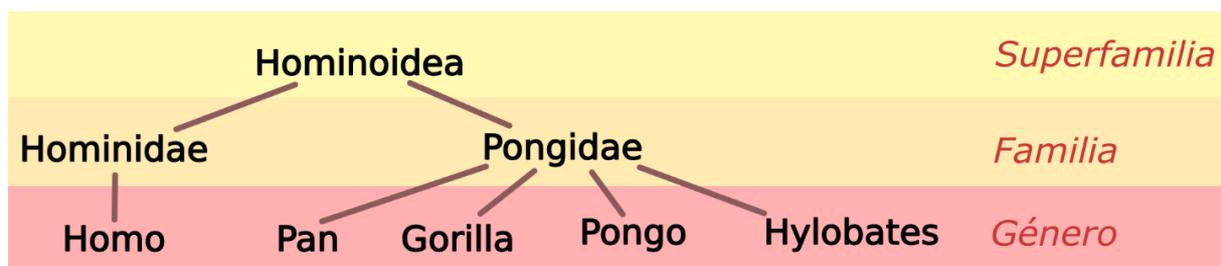


Figura 46. Superfamilia Hominoidea. Tomado de <https://n9.cl/l30rk7>.

En el Cuadro 4 y 5, se muestran las características distintivas de los cinco reinos y dominios.

Cuadro 4. Características de los cinco reinos.

Reino/ Características	Monera	Protoctista (Protista)	Fungi	Planta	Animal
<i>DNA</i>	Circular	Lineal	Lineal	Lineal	Lineal
<i>Número de células</i>	Unicelular	Unicelular / Pluricelular	Unicelular / Pluricelular	Pluricelular	Pluricelular
<i>Tipo de célula</i>	Procarionte	Eucarionte	Eucarionte	Eucarionte	Eucarionte
<i>Nutrición</i>	Autótrofos Heterótrofos	Autótrofos Heterótrofos	Heterótrofos	Autótrofos	Heterótrofos
<i>Energía que utilizan</i>	Química Luminica	Química Luminica	Química	Luminica	Química
<i>Reproducción</i>	Asexual	Asexual Sexual	Asexual Sexual	Asexual Sexual	Sexual
<i>Tejidos diferenciados</i>	No existen	No existen	No existen	Existen	Existen
<i>Presencia de pared celular</i>	Existe	Existe No existe	Existe	No existe	Existe
<i>Movilidad</i>	Si /No	Algunos	No	No	Si

Cuadro 5. Comparación de los tres dominios.

Característica	Dominio		
	Bacteria	Archaea	Eukarya
<i>Envoltura nuclear</i>	Ausente	Ausente	Presente
<i>Orgánulos envueltos con membranas</i>	Ausente	Ausente	Presente
<i>Peptidoglucanos en la pared celular</i>	Presentes	Presentes	Ausentes
<i>Lípidos de membrana</i>	Hidrocarburos no ramificados	Algunos hidrocarburos no ramificados	Hidrocarburos no ramificados
<i>RNA polimerasa</i>	Un solo tipo	Varios tipos	Varios tipos
<i>Aminoácidos indicadores de la síntesis de proteínas</i>	Formil - metionina	Metionina	Metionina
<i>Intrones en los genes</i>	Muy raramente	Presentes en algunos genes	Presentes

<i>Respuesta a los antibióticos estreptomicina y cloranfenicol</i>	Crecimiento inhibido	Crecimiento no inhibido	Crecimiento inhibido
<i>Histonas asociadas a DNA</i>	Ausentes	Presentes en algunas especies	Presentes
<i>Cromosoma circular</i>	Presente	Presente	Ausente en el núcleo Presente en mitocondrias y cloroplasto
<i>Crecimiento a temperaturas superiores a 100°C</i>	No	Algunas especies	No

Actividades de aprendizaje

Actividad 14

Completa los nombres de los dominios y reinos que faltan usando las siguientes palabras: Animal, ARCHAEA, EUKARYA, Eubacteria, Fungi, Plantae y Protocista.

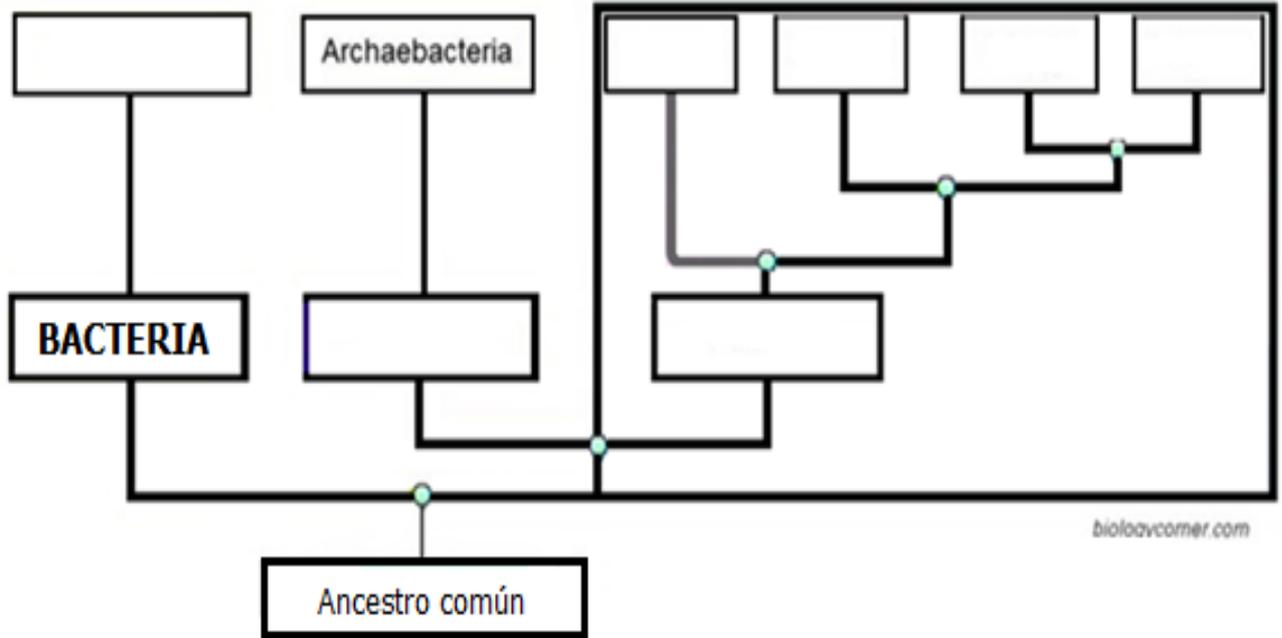


Figura 47. Reinos y dominios de acuerdo Carl Woese. Tomado de <https://n9.cl/dfsmc>.

Actividad 15

Escribe en cada una de las líneas al reino que pertenecen los sistemas biológicos que observas.

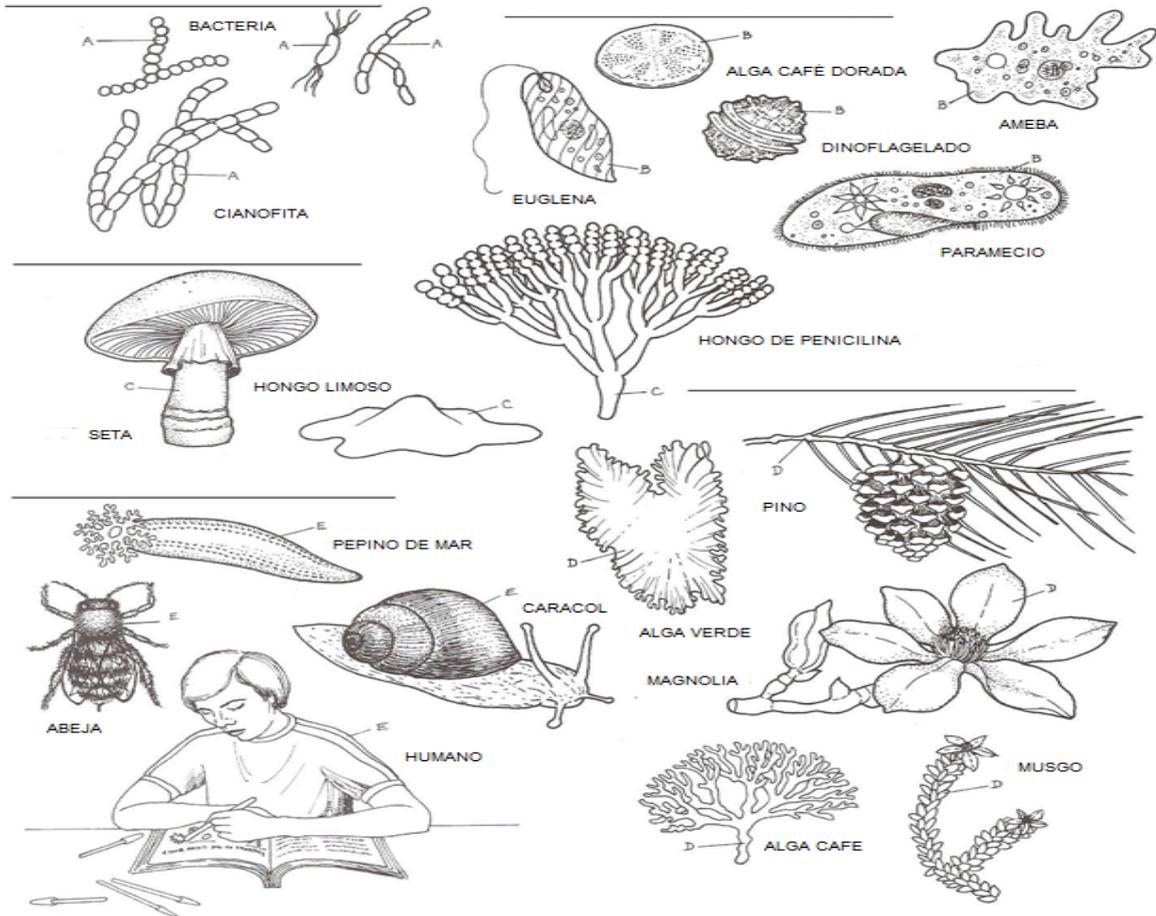


Figura 48. Sistemas vivos de los reinos. Tomado de Griffin, 1986.

Autoevaluación

Aciertos:

1. Observa la siguiente imagen y ordena los reinos de acuerdo con la propuesta de Whittaker.

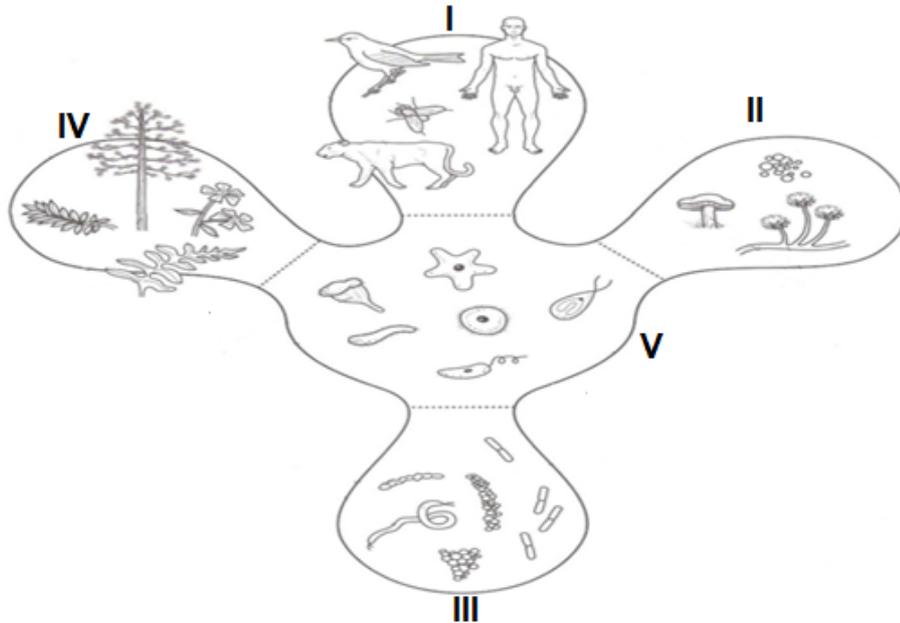


Figura 49. Tomado de Alcamo, 1998.

I. Animalia, II. Fungi, III. Monera, IV Plantae, V. Protista

- a) v – iii – i – ii - iv
- b) iii – v – ii- iv - i
- c) ii – iv – i – iv - iii
- d) iv – ii – iii – i - v

2. Relaciona las columnas colocando dentro del paréntesis el número romano que le corresponda.

i. Unidad básica de clasificación.	()	a. Taxonomía
ii. Ciencia que estudia la diversidad biológica.	()	b. Nomenclatura
iii. Se encarga de describir y caracterizar grupos ubicándolos en una categoría del sistema de clasificación.	()	c. Sistemática
iv. Enfocada a definir las categorías de los sistemas de clasificación y las normas para dar nombre a los grupos.	()	d. Categoría
v. Designa un rango o nivel de clasificación jerárquico.	()	e. Clasificación
vi. Aporta los principios filosóficos y los criterios en los que se basan los sistemas de clasificación.	()	f. Taxón

- a) i: a – ii: b – iii: c – iv: d – v: e –vi: f
- b) i: b –ii: d – iii: f – iv: a – v: c – vi: e
- c) i: f – ii: e – iii: d – iv: c – v: b – vi: a
- d) i: f –ii: c – iii: e – iv: b – v: d- vi: a

3. ¿Quién propone la nomenclatura binomial: género y especie?

- a) Hebert Copeland
- b) Carl Woese
- c) Carl von Linneo
- d) Robert Whitaker

4. ¿Cuál es la unidad máxima y mínima que se utiliza en sistemática?

- a) Dominio y especie
- b) Familia y especie
- c) Género y especie
- d) Reino y especie

5. Es la característica que actualmente se utiliza para ubicar los sistemas biológicos en reinos y dominios

- a) Tipo de reproducción
- b) Tipo de respiración
- c) Presencia de núcleo
- d) Material genético (rRNA)

Respuestas correctas: 1b, 2d, 3c, 4a, 5d

Referencias

- Alcamo, I. E. (1998). *Biology Coloring Workbook*. Randow House, Inc.
- Cervantes, M. y Hernández, M. (2000). *Biología general*. Publicaciones Cultural.
- Crisci J. V. Clasificación biológica: Naturaleza, objetivos, fundamentos. https://www.researchgate.net/profile/Jorge_Crisci/publication/275959882_Clasificacion_biologica_naturaleza_objetivos_fundamentos/links/554b82470cf29f836c96c190/Clasificacion-biologica-naturaleza-objetivos-fundamentos.pdf
- Curtis, H. Barnes, S. Shenk A. y Flores, G. (2007). *Invitación a la biología*. Editorial Médica Panamericana.
- De Erice Zúñiga, E. V. y González Mandujano, J. A. (2012). *Biología. La ciencia de la vida*. McGraw Hill.
- Galván Huerta, S. C. y Bojórquez Castro, L. (2004). *Biología*. Santillana.
- Griffin, D. Robert. 1986. *The Biology Coloring Book*. Harper Perennial. A Division of HarperCollins Publishers.
- Goyenechea, I. (2007). Sistemática: su historia, sus métodos y sus aplicaciones en las serpientes del género *Conopsis*. CIENCIA ergo sum, Vol. 14- 1, marzo - junio 2007
- Zimmer, C. (2008) ¿Qué es una especie? *Investigación y Ciencia*. (383) pp. 66 -73.

Para
saber
más

[De los reinos a los dominios](#)



[Carlos von Linneo](#)





Biología 2

Unidad 2

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

Propósito

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.



PRESENTACIÓN DE LA UNIDAD 2

En esta sección profundizaremos en el entendimiento de la estructura y procesos que rigen los ecosistemas, así como la importancia de la biodiversidad y los esfuerzos de conservación biológica. Esta unidad es crucial para comprender cómo los componentes vivos y no vivos interactúan dentro de los ecosistemas y cómo podemos actuar para preservar estos sistemas vitales.

Estructura y Procesos en el Ecosistema

En este tema abordaremos los *Niveles de Organización Ecológica* donde identificarás cada uno y su interacción entre ellos con la finalidad de entender la complejidad de los sistemas biológicos; reconoceremos los *Componentes Bióticos y Abióticos* donde identificarás en los ecosistemas y sus interrelaciones. En el tema de *Relaciones Intra e Interespecíficas* analizaremos cómo las especies interactúan dentro y entre ellas. Continuando con el estudio de los ecosistemas veremos los *Niveles Tróficos y Flujo de Energía* donde comprenderemos cómo la materia y la energía se transfiere a través de estos.

Biodiversidad y Conservación Biológica

En este último tema de la guía revisaremos el concepto de *Biodiversidad*, definiremos y exploraremos la importancia de su conservación; después veremos el *Impacto de la Actividad Humana en el Ambiente*, examinaremos cómo nuestras acciones afectan la biodiversidad y los ecosistemas. Finalmente, en el *Desarrollo Sustentable* se revisará algunas estrategias para utilizar los recursos naturales, de manera que, se preserve la biodiversidad para futuras generaciones.

Al final habrás adquirido una comprensión profunda de cómo los ecosistemas funcionan y la importancia crítica de preservar nuestra biodiversidad. A través de las actividades de aprendizaje y autoevaluación, junto con los materiales adicionales, estarás mejor preparado para contribuir a la conservación de nuestros preciados ecosistemas y por supuesto acreditar tu examen extraordinario.

UNIDAD II. ¿CÓMO INTERACTÚAN LOS SISTEMAS BIOLÓGICOS CON SU AMBIENTE Y SU RELACIÓN CON LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD?

1. 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.

Palabras clave

Individuo, población, comunidad, ecosistema, bioma y biosfera.

Desarrollo del tema

Niveles de organización

La ecología es la ciencia que estudia la interacción de los sistemas biológicos entre sí y con el ambiente. Los sistemas biológicos muestran un alto grado de organización y complejidad, para su estudio se han establecido niveles ecológicos⁵. Cada nivel, tiene propiedades particulares o emergentes (características que no se incluyen en los niveles inferiores) que surgen de la interacción entre sus componentes (Monroy, 2007).

El **Individuo** es un organismo completo, capaz de efectuar todas las funciones que caracterizan a los sistemas biológicos (fisiológicas y estructurales), son entidades integrales y localizadas (Escobar y flores, 2010). Las escalas que comprenden la organización ecológica del mundo vivo van desde el individuo hasta la biosfera Figura 50 y se describen a continuación (Monroy, 2007).



Figura 50. Niveles de organización ecológicos. El estudio de la ecología incluye desde el organismo individual, poblaciones, comunidades, ecosistemas, biomas y biosfera (Miller y Levin, 2004).

⁵ La ecología es la ciencia que estudia la interacción de los organismos entre sí y con su ambiente (Monroy, 2007).

Población: es el conjunto de individuos de la misma especie que comparten el mismo hábitat⁶, se reproducen e intercambian información genética. Por ejemplo, la población de peces blancos (*Chirostoma estor*) que habita en el lago de Pátzcuaro.

Comunidad (biocenosis): conjunto de especies diferentes que están en el mismo hábitat (lugar donde vive un organismo) o área, e interactúan mediante relaciones tróficas y espaciales (cadenas alimentarias), por ejemplo, los leones, las cebras, hienas, pastos, árboles de una sábana constituyen una comunidad (Cervantes y Hernández, 2000; Escobar y Flores 2010).

Ecosistema: está formado por dos componentes básicos que interactúan entre sí: el componente **biótico** (vivo) y el **abiótico** (físico). En un ecosistema natural, como un bosque el componente abiótico consta de la atmósfera, el clima, el suelo y el agua. El componente biótico incluye muchos organismos diferentes, plantas, animales y microorganismos, que habitan el bosque. Las relaciones son complejas dado que cada organismo no sólo responde al ambiente físico, sino que también lo modifica y, al hacerlo, se transforma en parte del mismo ambiente (Smith y Smith, 2007).

Bioma: Grupo de ecosistema que comparten características como el clima, vegetación y fauna. Por ejemplo, desierto, selva, arrecife, etc. Los biomas pueden ser terrestres o acuáticos (Figura 51).

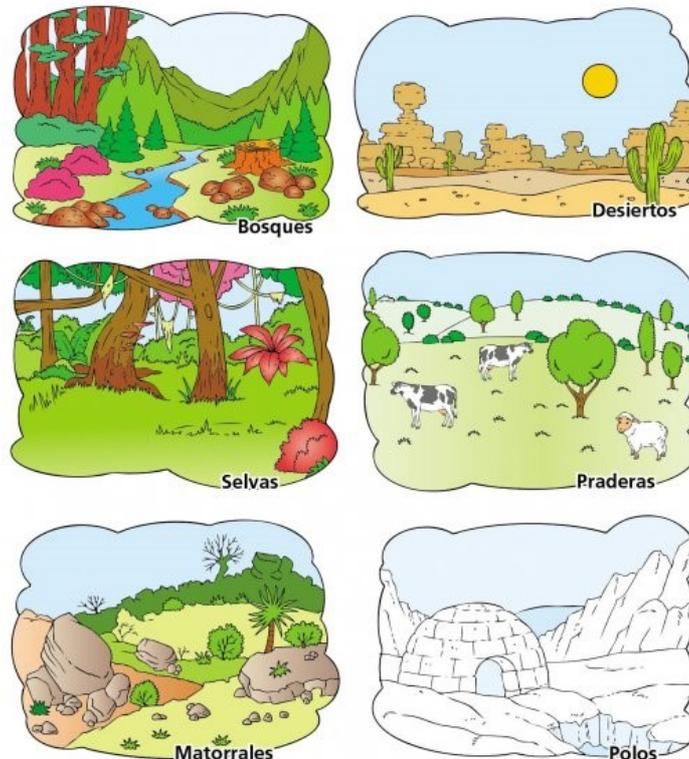


Figura 51. Biomas. Tomado de <https://n9.cl/mcod1j>.

⁶ . El lugar donde normalmente vive una población u organismo individual se le llama **hábitat** (Miller y Spoolman, 2009).

Biosfera: Corresponde a la zona de la Tierra donde hay vida (aire, suelo y agua). Es un sistema global en el cual todos los organismos existen y pueden interactuar unos con otros, como se muestra en la Figura 52 (Miller y Spoolman, 2009).

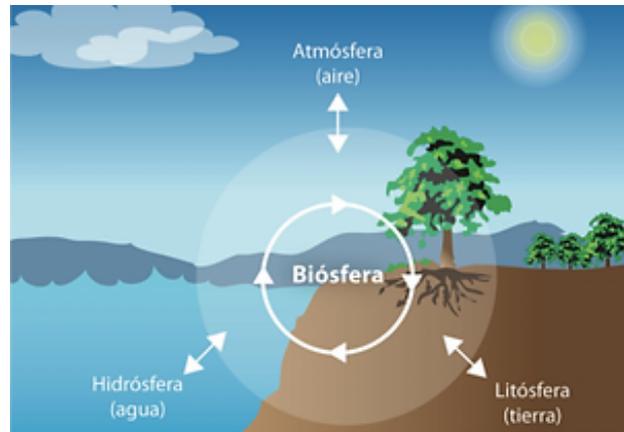


Figura 52. Biosfera. Tomado de <https://n9.cl/llbau>.

Los niveles ecológicos son una herramienta útil para comprender la complejidad de los sistemas biológicos y cómo estos interactúan entre sí. Además, de ayudar a los científicos a desarrollar estrategias para conservar, proteger los ecosistemas y la biodiversidad. Al aplicar el principio de construir niveles de organización ecológica, en cualquier escala, es seguir la lógica de funcionamiento de la naturaleza y es avanzar en el mismo sentido de los sistemas que evolucionan hacia nuevas unidades de integración, para obtener un mayor éxito en el planeta (Monroy, 2007).

Actividades de aprendizaje

Actividad 16

Completa las definiciones de cada uno de los siguientes niveles de organización.

Nivel de organización	Definición
Individuo (Organismo)	
Población	
Comunidad	
Ecosistema	
Biosfera	

Autoevaluación

Aciertos:

1. Elige la opción que completa los niveles de organización ecológica.

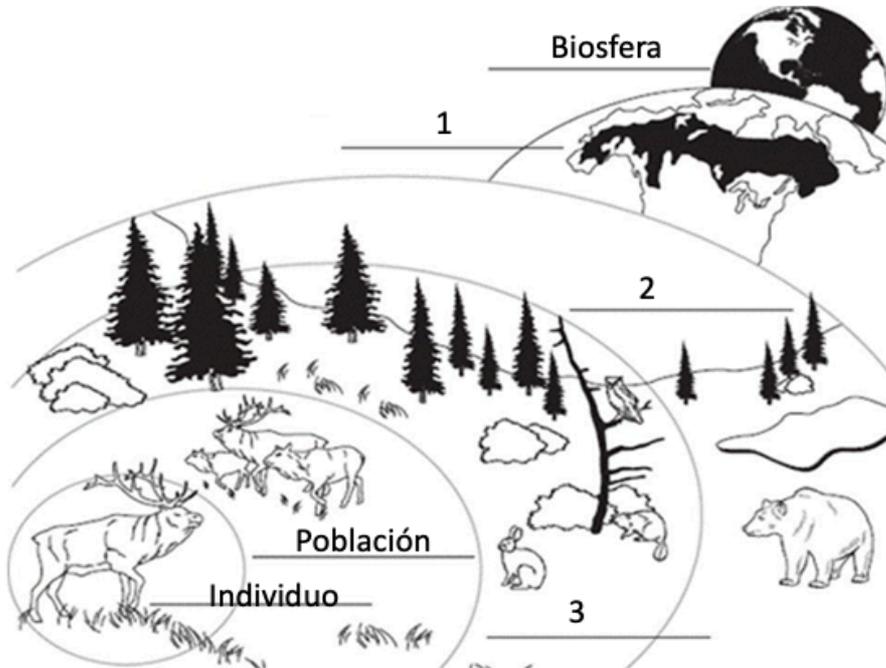


Figura 53. Niveles de organización ecológica. Tomado de <https://n9.cl/ehz8p>.

- a) Bioma, 1 - Ecosistema, 2 – Comunidad 3
- b) Ecosistema, 1 - Bioma 2 – Comunidad 3
- c) Comunidad, 1 - Bioma, 2 – Ecosistema 3
- d) Bioma, 1- Comunidad, 2 – Ecosistema 3

2. Está formado por dos componentes básicos que interactúan: el componente biótico y abiótico.

- a) Bioma
- a) Población
- b) Comunidad
- c) Ecosistema

3. Es el conjunto de individuos de la misma especie que habitan un área geográfica y se reproducen.

- a) Población
- b) Organismo
- c) Comunidad
- d) Bioma

4. Región amplia del planeta que tiene elementos bióticos similares y que corresponde a una región climática particular.
- a) Ecosistema
 - b) Bioma
 - c) Comunidad
 - d) Ecosistema
5. Conjunto de poblaciones u organismos de especies diferentes que están en el mismo hábitat o área e interactúan mediante relaciones tróficas y espaciales.
- a) Individuo
 - b) Ecosistema
 - c) Población
 - d) Comunidad

Respuestas correctas: 1-a, 2-d, 3-a, 4-b, 5-d

Referencias

- Ehrlich R, P. Holm W, R. y Soulé E, M. (1974). *Introducción a la Biología*. McGraw – Hill.
- Escobar, A. y Flores, A. (2010). *Ecología y medio ambiente*. McGraw Hill.
- González Peña, A. (2004). *Biología molecular y celular. Material para la enseñanza activa de la biología*. Trillas.
- Miller R. K y Levine S. J. (2004). *Biología*. Prentice Hall.
- Miller T, G y Spoolman E, S. (2009). *Principios de ecología*. Cengage.
- Monroy Ata, A. (2007). Los niveles de organización biológica y ecológica de los seres vivos. *Conversus*. (61) pp 32 – 35.
- Smith M. T y Smith R. L. (2007). *Ecología*. Pearson.

Para saber
más

[Niveles de organización
ecológicos](#)



[Ecología de poblaciones](#)



COMPONENTES BIÓTICOS Y ABIÓTICOS

Aprendizaje

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

Palabras clave

Ecosistemas, flujo de materia y energía, niveles tróficos, nutrientes, bióticos, abióticos.

Desarrollo del tema

Los **ecosistemas** están formados de diferentes elementos entre los que podemos identificar fácilmente a las plantas y los animales, estos factores vivos junto con los hongos y bacterias, entre otros, son denominados **bióticos** (Cuadro 6). Además, es importante considerar como parte del ecosistema al suelo, el agua, la temperatura, la radiación solar, los minerales, etcétera, que constituyen los factores **abióticos** (Cuadro 7) (Escobar y Flores, 2010). Todos estos forman parte de los ecosistemas y son muy importantes en el **intercambio de materia y energía** (Smith y Smith, 2007).

Cuadro 6. Clasificación de los factores bióticos.

Componente biótico	Descripción
Productores	Autótrofos que producen su propio alimento a través de la fotosíntesis o quimiosíntesis.
Consumidores primarios	Heterótrofos que se alimentan directamente de los productores.
Consumidores secundarios	Heterótrofos que se alimentan de los consumidores primarios.
Consumidores terciarios	Heterótrofos que se alimentan de los consumidores secundarios.
Descomponedores	Organismos que se encargan de descomponer la materia orgánica muerta y devolver los nutrientes al suelo.

Cuadro 7. Clasificación de los factores abióticos

Factor	Descripción	Ejemplo
Componentes Físicos		
Energético	Indispensable para la vida.	Luz solar: fuente de energía.
Climático	Depende de la temperatura y las precipitaciones, afecta a los medios terrestres y acuáticos.	Temperatura: fuente de energía.
		Humedad: factor determinante para la vida.
		Presión atmosférica: variaciones estacionales definen el clima.
Geográfico	Influye en la sobrevivencia de los organismos de diferente manera.	Latitud: ubicación.
		Altitud: ubicación.
		Relieve: montañas, valles, mesetas.
Componentes químicos		
Del sustrato	Tiene la capacidad para producir un efecto en los procesos vitales.	Agua: indispensable para la vida.
		pH: proporciona características al suelo.
		Suelo: sustrato compuesto por minerales y materia orgánica.
		Nutrientes: biomoléculas.
		Salinidad: potasio, azufre, sodio, calcio, magnesio, zinc, entre otros.
		CO ₂ (respiración) y O ₂ (fotosíntesis).

Es importante considerar que ambos componentes son fundamentales para el funcionamiento de los ecosistemas y la distribución de la biodiversidad, ya que sin los componentes abióticos las plantas no tendrían de que alimentarse y, por ende, no se desarrollarían los siguientes niveles tróficos. Veamos un ejemplo de la importancia de los componentes bióticos y abióticos.

Imaginemos que vamos caminando por la playa buscando conchas y rocas para llevarlas de recuerdo, las cuales cumplen un papel importante dentro del ecosistema (Figura 54). Al llevarte las conchas vacías de la playa, dejas sin hogar a muchos animales que dependen de ellas, entre ellos los cangrejos ermitaños quienes las utilizan como hogares y refugio, además, qué cuando te llevas las rocas contribuyes a la erosión de las playas ya que algunas algas y pastos marinos no tendrían lugar para adherirse.



Figura 54. Cangrejo ermitaño. Tomado de bit.ly/49mKwND.

Veamos otro ejemplo de la interrelación entre los componentes bióticos y abióticos en un bosque de pino (*Pinus sp.*) - encino (*Quercus sp.*), estos árboles suelen crecer a una altitud de entre 1,200 a 3,200 metros sobre el nivel del mar (m s.n.m.) donde el clima es templado subhúmedo (Figura 55). Sin embargo, algunos se distribuyen en climas más fríos (semifríos subhúmedos) o cálidos. Los pinos suelen predominar en condiciones de mayor humedad. Cuando el ambiente es un poco más seco, la proporción cambia y los encinos suelen ser más abundantes. Su distribución se da desde el suroeste de Estados Unidos hasta Nicaragua. También se presentan en algunas zonas de Cuba. En México, se ubican en la Sierra Madre Oriental y Occidental, las cadenas montañosas al este y oeste del estado mexicano. También están en el Eje Volcánico Transversal entre ambas sierras, en el centro del país.



Figura 55. Bosque de pino – encino. Tomado de bit.ly/3OuvaP4.

Los factores abióticos como la altitud, latitud, la temperatura, relieve, entre otros determinan la distribución de las especies como se puede observar en el Cuadro 8 y Figura 56, donde en los polos la diversidad disminuye y aumenta en el ecuador. Por lo tanto, la interrelación de factores bióticos y abióticos permite la identificación de los distintos ecosistemas.

Cuadro 8. Factores bióticos y abióticos y su relación con la distribución de la biodiversidad.

Ecosistema	Factores abióticos	Distribución de la biodiversidad
Bosque tropical	Temperaturas cálidas y húmedas, suelos ricos en nutrientes, alta precipitación	Gran diversidad de especies de árboles, plantas, aves, reptiles, anfibios, insectos y mamíferos
Desierto	Temperaturas extremas, escasa precipitación, suelos pobres	Baja diversidad de especies, predominio de plantas y animales adaptados a condiciones extremas
Océano profundo	Bajas temperaturas, alta presión, falta de luz solar, escasez de nutrientes	Baja diversidad de especies, predominio de organismos adaptados a condiciones extremas



Figura 56. Interrelación de los factores bióticos y abióticos en la distribución de la biodiversidad del planeta. Tomado de <https://n9.cl/uiq8z>.

Actividades de aprendizaje:

Actividad 17

En la siguiente imagen identifica si los elementos señalados son bióticos o abióticos.

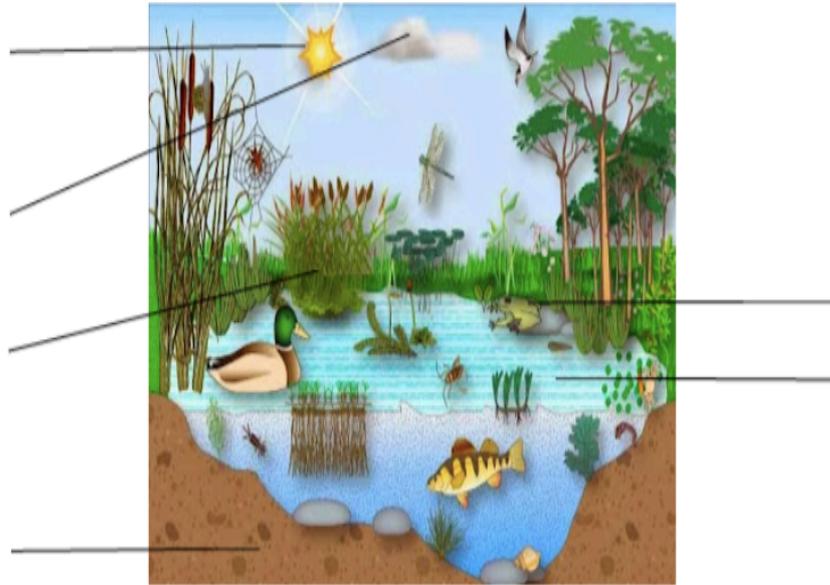


Figura 57. Ejemplo de un ecosistema humedal. Tomado de: <https://n9.cl/a1vmn>.

Actividad 18

En un estudio de suelo que se realizó en un bosque tropical en una Reserva Natural de la Biósfera en el estado de Oaxaca: "...después de analizar 30 muestras de suelo se encontró lo siguiente: una alta concentración de nitrógeno, una baja concentración de potasio, la humedad del suelo fue baja, muchas heces y la cantidad de materia orgánica fue muy alta. De organismos se observaron muy pocas "gallinitas ciegas", una buena presencia de lombrices, algunos escarabajos, raíces y cochinillas...". Con ayuda de internet busca la función de los diferentes componentes bióticos y abióticos que se identificaron y clasifícalos según corresponda.

Abióticos	Bióticos

Autoevaluación

Aciertos:

1. El agua, el sol, el viento y la altitud; son ejemplo de:
 - a) componentes bióticos
 - b) componentes abióticos
 - c) elementos vitales
 - d) sistemas biológicos

2. La principal distribución de los bosques de pino - encino en México es:
 - a) Oriente del país
 - b) Norte del país
 - c) Sierra Madre Occidental
 - d) Sierra Madre Oriental y Occidental

3. Para el intercambio de materia y energía en el ecosistema son indispensables los factores como:
 - a) Animales y plantas
 - b) Abióticos y minerales
 - c) Bióticos y bacterias
 - d) Bióticos y abióticos

4. La alteración de los componentes abióticos provoca:
 - a) Degradación de los ecosistemas
 - b) Aumento de la biodiversidad
 - c) Preservación de los ecosistemas
 - d) Mayor productividad de energía

5. ¿A qué altitud se favorece el crecimiento de pinos y encinos?
 - a) De 1,200 a 3,200 m s.n.m.
 - b) De 100 a 1,000 m s.n.m.
 - c) De 0 a 100 m s.n.m.
 - d) De 200 a 800 m s.n.m.

Respuestas correctas: 1-b, 2-c, 3-d, 4-a, 5-a

Referencias

Escobar, A. y Flores, A. (2010). *Ecología y medio ambiente*. McGraw-Hill.
Smith, T. M. y Smith, R. L. (2007). *Ecología*. Pearson Educación S. A.

Para saber
más

[Factores bióticos y abióticos](#)



RELACIONES INTRA – INTERESPECÍFICAS

Aprendizaje

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

Palabras clave:

Ecosistema, comunidades, población, parasitismo, comensalismo, mutualismo, depredación competencia, flujo de materia, energía.

Desarrollo del tema:

En los diferentes niveles de organización biológica, dentro de las **poblaciones** y **comunidades**, ocurren relaciones entre los organismos que permiten el **flujo de materia y energía** dentro de los ecosistemas. Estas interacciones pueden ocurrir dentro de la misma población (**intraespecíficas**) o entre poblaciones (**interespecíficas**) y pueden ser benéficas, perjudiciales o neutras (del Val y Boege, 2012)

Los resultados de estas interacciones se representan con símbolos matemáticos:

- (+ / +) para aclarar el beneficio mutuo entre dos organismos,
- (+ / -) que ejemplifica el beneficio de una especie y la otra se perjudica,
- (+ / 0 y - / 0) que indica que una especie puede beneficiarse o perjudicarse de las interacciones y la otra no recibe nada a cambio.

Estas interacciones entre los organismos reciben diferentes nombres como: **competencia, cooperación, depredación, mutualismo, simbiosis, comensalismo, y parasitismo**. Debemos recordar que la naturaleza es sumamente diversa y dependiendo de cada organismo y su comportamiento podemos tener múltiples relaciones. A continuación, estudiaremos las relaciones más comunes que podemos encontrar en la naturaleza. Las dividiremos en relaciones intraespecíficas y después veremos las interespecíficas.

Relaciones intraespecíficas

Competencia (- / -)

Esta ocurre cuando dos o más individuos de la misma especie usan el mismo recurso como agua, comida o territorio y ambos merman sus condiciones, ya sea por una pelea o por el desgaste de energía. Si recordamos que en el entorno los recursos son finitos, al querer usarlos más de un individuo existirá una lucha por éstos (Solomon et al., 2013). Por ejemplo, si un depredador quiere alimentarse, no será el único que tendrá hambre, existirán otros depredadores hambrientos que harán lo posible por saciar su apetito (Figura 58). Otro ejemplo son los árboles de la misma especie que

crecen muy juntos compiten por la disponibilidad de luz, al final uno cede y el otro termina creciendo más.



Figura 58. Competencia entre zorros por territorio y alimento. Tomado de <https://n9.cl/c3ylju>.

También existe competencia por territorio, donde los organismos defienden un área considerada territorio propio (Domínguez, 2019). Los animales tratan de evitar que otros organismos se acerquen a su territorio, por ejemplo, través de gritos, exhibiciones de intimidación o peleas entre otros.

Cooperación (+ / +)

También existe ayuda mutua entre organismos de la misma población este tipo de relaciones se conoce como cooperación, un ejemplo son las hormigas, las cuales, a pesar de tener roles definidos de trabajo, entre ellas se ayudan para que funcione la colonia (Figura 59) (López - Riquelme y Ramón, 2010). La finalidad de las relaciones de cooperación es de asegurar el éxito de la especie, contar con alimento suficiente, defenderse de depredadores y asegurar el desarrollo de las crías.



Figura 59. Cooperación por alimentación entre hormigas. Tomado de <https://n9.cl/ghvut>.

Relaciones interespecíficas

Depredación (+ / -)

Se caracteriza por la muerte de un organismo para alimentar a otro. Se suele dividir en carnivorismo, herbivorismo y canibalismo (Smith y Smith, 2007). Por ejemplo, un caso de carnivorismo sucede cuando un halcón caza a un ratón para alimentarse de él (Figura 60). El herbivorismo se da cuando un animal o insecto se alimenta de alguna planta y el canibalismo es un depredador y la presa que son de la misma especie.



Figura 60. Depredación de álcenes. Tomado de <https://n9.cl/0a715>.

Simbiosis

Simbiosis significa vivir juntos y se refiere a la relación estrecha entre organismo de diferentes especies. Hay tres tipos de relaciones simbióticas: el mutualismo, el comensalismo y el parasitismo.

Mutualismo (+ / +)

En esta relación se benefician ambos organismos, mejorando su supervivencia, desarrollo y reproducción (Begon et al., 2006). Un ejemplo son los líquenes (un hongo y un alga) (Figura 61) el hongo proporciona un ambiente protegido y húmedo para el crecimiento del alga, mientras que el alga proporciona alimento para el hongo a través de la fotosíntesis



Figura 61. Ejemplo de un liquen, asociación entre alga y hongo. Tomado de <https://n9.cl/1btxt>

Comensalismo (+ / 0)

En esta relación una especie se beneficia sin afectar a la otra. Por ejemplo, las rémoras se adhieren a peces de gran tamaño y los toman como “taxi”, ya que aprovechan su tamaño y velocidad de nado para poder trasladarse a otros lugares (Figura 62) (Smith y Smith, 2007). Otro ejemplo de comensalismo son los búhos quienes aprovechan los agujeros hechos en los árboles por otros organismos para utilizarlos como “hogar”.



Figura 62. Remoras adheridas a un tiburón. Tomado de <https://n9.cl/etak1>.

Parasitismo (+ / -)

Es la relación entre dos organismos en la que uno obtiene nutrientes a expensas del otro. Los parásitos pueden ser ectoparásitos (habitan en la piel, entre las plumas y el pelo del organismo) o endoparásitos (viven al interior del individuo). Un ejemplo de este tipo de interacción lo encontramos en los parásitos estomacales (Begon et al., 2006). Éstos suelen captar nutrientes de los tejidos del hospedero (Figura 63). Difícilmente el hospedero muere, ya que primero pasa por la fase de infección, la cual, sino es tratada a tiempo, los parásitos aumentan de tal forma que pueden llevar a la muerte al hospedero.



Figura 63. Lombrices aprovechándose de la biota del cuerpo humano.

Tomado de <https://n9.cl/ohbpr>

A lo largo de este tema aprendimos las diferentes relaciones intra e interespecíficas que se pueden dar en la naturaleza. Cabe recordar que puede existir muchos más tipos de relaciones, esto dependerá de las particularidades de cada especie.

Actividades de aprendizaje

Actividad 19

Observa detenidamente las figuras e identifica los tipos de relaciones que se establecen en cada una. Escribe el nombre de la interacción, el por qué lo consideras así y el resultado de la interacción con los símbolos matemáticos.



Figura 64. Líquenes

Tomado de <https://acortar.link/ph6HmC>.



Figura 65. Pez payaso y anémona

Tomado de <https://acortar.link/5vzA3J>.

--	--



Figura 66. León y bufalo

Tomado de <https://acortar.link/fzr1Lt>.



Figura.67. E. coli y humanos.

Tomado de <https://acortar.link/MqIKMs>.

--	--



Figura 68. Abejas. Tomado de <https://n9.cl/x6h0f>.



Figura 69. Rémoras y tiburón

Tomado de <https://acortar.link/GsgcoL>.

--	--

Autoevaluación

Aciertos:

1. En este tipo de relación una especie se beneficia sin afectar a la otra:
 - a) Comensalismo.
 - b) Parasitismo.
 - c) Competencia.
 - d) Mutualismo.

2. En esta relación dos o más individuos de la **misma especie** usan el mismo recurso:
 - a) Comensalismo.
 - b) Parasitismo.
 - c) Competencia.
 - d) Mutualismo.

3. En esta relación se benefician ambos organismos de **diferente especie**:
 - a) Comensalismo.
 - b) Parasitismo.
 - c) Competencia.
 - d) Mutualismo.

4. Es la relación entre dos organismos en la que uno obtiene nutrientes a expensas del otro:
 - a) Comensalismo.
 - b) Parasitismo.
 - c) Competencia.
 - d) Mutualismo.

5. Las interacciones inter e intraespecíficas son importantes para:
 - a) mantener el flujo de materia y energía en los ecosistemas.
 - b) mejorar la salud de los organismos.
 - c) preservar la biodiversidad.
 - d) favorecer la competencia entre organismos.

Respuestas correctas: 1-a, 2-c, 3-d, 4-b, 5-a

Referencias

- Begon, M., Townsend, C.R. y Harper, J. L. (2006). Ecology: from individuals to ecosystems. Blackwell Publishing. Reino Unido.
- Del Val, E. y Boege, K. (2012). Ecología y evolución de las interacciones bióticas. Fondo de Cultura Económica-UNAM. México.
- Domínguez, P. A. (2019). Territorialidad y selección del hábitat del halcón selvático del collar *Micrastur semitorquatus* en la reserva de la biósfera Chamela-Cuixmala, Jalisco. Tesis para obtener el grado de Biólogo. Universidad de Sonora, México.
- López-Riquelme, G. O. y Ramón, F. (2010). El mundo feliz de las hormigas. *Revista especializada en Ciencias Químico-Biológicas*. 13(1):35-48.
- Smith, T. M. y Smith, R. L. (2007). Ecología. Pearson Educación S. A. Madrid, España.
- Solomon, E. P., Berg, L. R y Martin, D. W. (2013). Biología. CENGAGE Learning. México.

Para
saber
más

[Interacciones y algunos ejemplos](#)



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.

Palabras clave:

Nivel, red, cadena trófica, productor, consumidor, autótrofo, heterótrofo, descomponedor, desintegrador.

Desarrollo del tema:

Los ecosistemas funcionan como **sistemas abiertos** de energía, pues el flujo de ésta es unidireccional. En cuanto a la materia se comportan como sistemas cerrados y cíclicos, pues la biomasa, se traslada de un organismo a otro hasta llegar a los desintegradores, quienes la devuelven al suelo para utilizarse nuevamente por los productores. La energía y la materia establecen relaciones alimentarias que incluyen a los organismos que las forman (Escobar y Flores, 2010).

Para mantener la vida, nuestro planeta debe recibir constantemente energía que proviene del Sol (Escobar y Flores, 2010). El flujo de energía en la biosfera se efectúa en forma de moléculas de alto poder energético; estas moléculas elaboradas y almacenadas por los **productores** (autótrofos), sirven de alimento a una serie de **consumidores** (heterótrofos); y como etapa final, la energía no utilizada por los productores ni consumidores es liberada por los **desintegradores** (reductores o putrefactores). Esta relación puede esquematizarse como **redes, cadenas, pirámides o tramas alimentarias**.

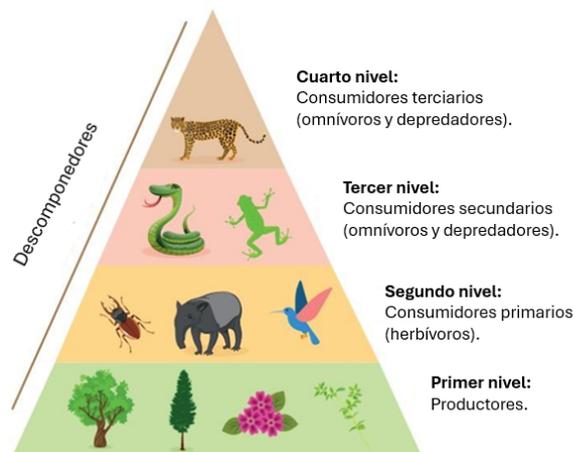


Figura 70. Niveles tróficos. Tomado de <https://n9.cl/110xe>.

Una **cadena alimentaria** constituye una serie de relaciones entre organismos, que señala quién se come a quién. El primer eslabón de toda cadena alimentaria es un **productor** (planta, alga o cianobacteria), que por medio de la fotosíntesis elabora moléculas con alto contenido energético, carbohidratos (Figura 70). La planta utiliza CO_2 , H_2O y luz solar como combustible, construye moléculas y energía necesaria para

vivir, crecer, reproducirse. El segundo eslabón siempre es un **herbívoro** o **consumidor primario**, que al alimentarse de tejidos vegetales obtiene los compuestos y energía necesarios para vivir. Los **carnívoros** son **consumidores secundarios** que se alimentan de herbívoros, aunque también pueden comer a otros carnívoros, el último carnívoro de una cadena se llama carnívoro final (terciario o carroñero). Al morir todos los integrantes de la cadena la energía almacenada es liberada por los desintegradores y la materia regresa a los ciclos biogeoquímicos (Cuadro 9).

A continuación, se describen las funciones de los diferentes niveles tróficos presentes en la naturaleza.

Cuadro 9. Integrantes de los niveles tróficos de los ecosistemas.

Actividad biológica	Función alimentaria	Ejemplo
Productor	Transforma moléculas inorgánicas (CO_2 y H_2O) en moléculas orgánicas ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) por medio de la fotosíntesis.	Cianobacterias, algas, musgos, helechos, hierbas, arbustos y árboles.
Consumidor	Utiliza la materia orgánica de los cuerpos de otros organismos como alimento.	Bacterias, protozoarios, hongos y animales.
Herbívoro	Se alimenta de las plantas.	Conejo, ardilla, antílope, mariposa, caballo, vaca, etcétera.
Carnívoro	Captura, mata y se alimenta de animales.	Jaguar, coyote, hurón, cocodrilo.
Omnívoro	Puede alimentarse de animales y vegetales.	Oso, ratón, tlacuache, coatí, humano.
Necrófago	Se alimenta de cadáveres de animales.	Zopilote, marabú, hiena, escarabajos, tenebrios.
Parásito	Vive dentro o sobre los organismos de los cuales se alimentan, a menudo sin matarlos.	Lombriz intestinal, garrapata, remora, ácaros, amiba, hongo y bacteria.
Desintegrador y detritívoro	Descomponen los restos de cualquier ser vivo y lo convierten en sustancias más simples, que se reintegran al suelo.	Lombriz terrestre, algunos insectos, hongos y bacterias.

Las cadenas alimentarias de un ecosistema se entrelazan con frecuencia formando redes o tramas alimentarias, creando series complejas de relaciones, es decir, **tróficas**. Cada eslabón de una cadena, pirámide o trama alimentaria representa un nivel trófico.

A medida que la energía se moviliza en una trama alimentaria, la mayoría se transforma en forma de calor, según la segunda ley de la termodinámica que dice que: cada transferencia de energética produce una disipación considerable de energía. Este principio se conoce como la regla del diezmo ecológico o ley del 10% de la energía del nivel anterior. Así se limita el número de niveles tróficos, que por lo general no excede de cuatro o cinco.

Las relaciones de energía entre los niveles tróficos se representan gráficamente en pirámides, ya que resultan más congruentes con el número de individuos, energía y biomasa existe. Las pirámides muestran la máxima energía disponible en la base y su disminución de manera constante en los niveles superiores. En un ecosistema sin perturbación, los organismos predominantes son las plantas (productores) porque tienen la mayor energía disponible para ellas, después los animales herbívoros, y los carnívoros serán relativamente raros, porque hay mucho menos energía disponible para sostenerlos (Audesirk et al., 2013)

Es importante hacer notar que en las pirámides ecológicas no se presenta el nivel de los desintegradores, también llamados **saprobiontes**, porque su tamaño es tan pequeño y el número de individuos tan grande que no se puede graficar o medir con precisión. **Descomponedores (bacterias y hongos) y detritívoros (lombrices de tierra, cochinillas, escarabajos, se alimentan de tejidos muertos): degradan materia orgánica muerta** y estos organismos se encargan de cerrar las cadenas tróficas.

La posición de los organismos en la cadena o en la pirámide alimentaria señala particularidades de sus hábitos alimentarios y éstos, a su vez, indican aspectos adaptativos, fisiológicos o conductuales. Con estos elementos se define su **nicho ecológico**, esto es, **la función que desempeña el organismo en el ecosistema**. No debe confundirse el término nicho ecológico con el de **hábitat**, que significa: lugar con características particulares habitado por un organismo o una comunidad (Cervantes y Hernández, 2000, Escobar y Flores, 2010).

Ciclos biogeoquímicos

Los elementos químicos de la materia viva circulan en la Tierra y forman parte de diferentes moléculas y procesos. Estos elementos químicos se mueven desde el agua, el aire y el suelo hasta los sistemas biológicos y de éstos al medio abiótico, para generar ciclos biogeoquímicos (De Erice y González, 2012), los cuales se definen como el movimiento de un elemento esencial desde una o más reservas ambientales, a través del componente biológico de un ecosistema y regresa a la reserva (Starr et al., 2013). Dependiendo del elemento, las reservas ambientales pueden ser atmosféricas o sedimentarias. En las primeras intervienen elementos en estado gaseoso que se mueven a través de la Tierra por las corrientes de aire, como el **agua**, el **carbono** y el **nitrógeno** y las segundas son los que se acumulan en el suelo, ya que contienen elementos que no pueden moverse en la atmósfera, como el **azufre** y

el **fósforo**, entre otros. Los elementos de estos ciclos pueden entrar o salir del ecosistema disueltos en agua o por medio de los consumidores (De Erice y González, 2012).

Carbono

Este elemento es el principal componente de las moléculas biológicas. El ciclo del carbono describe el movimiento del carbono desde sus principales depósitos a corto plazo en la atmósfera y los océanos, a través de los productores y hacia los cuerpos de los consumidores y luego de vuelta nuevamente a sus depósitos. El carbono se incorpora en los ecosistemas cuando los productores capturan dióxido de carbono (CO_2) durante la fotosíntesis. Los productores acuáticos como el fitoplancton obtienen el CO_2 del agua, donde está disuelto. Los productores regresan parte del CO_2 a la atmósfera o al agua durante la respiración celular, e incorporan el resto en sus cuerpos. Cuando los consumidores primarios comen productores, adquieren el carbono almacenado en los tejidos de éstos y al morir, los cuerpos se descomponen con ayuda de los detritívoros y los saprófitos. La respiración celular por parte de estos organismos regresa CO_2 a la atmósfera y a los océanos. Cuando los quemamos combustibles fósiles para usar esta energía almacenada, se libera CO_2 en la atmósfera, con consecuencias potencialmente severas (Figura 71).

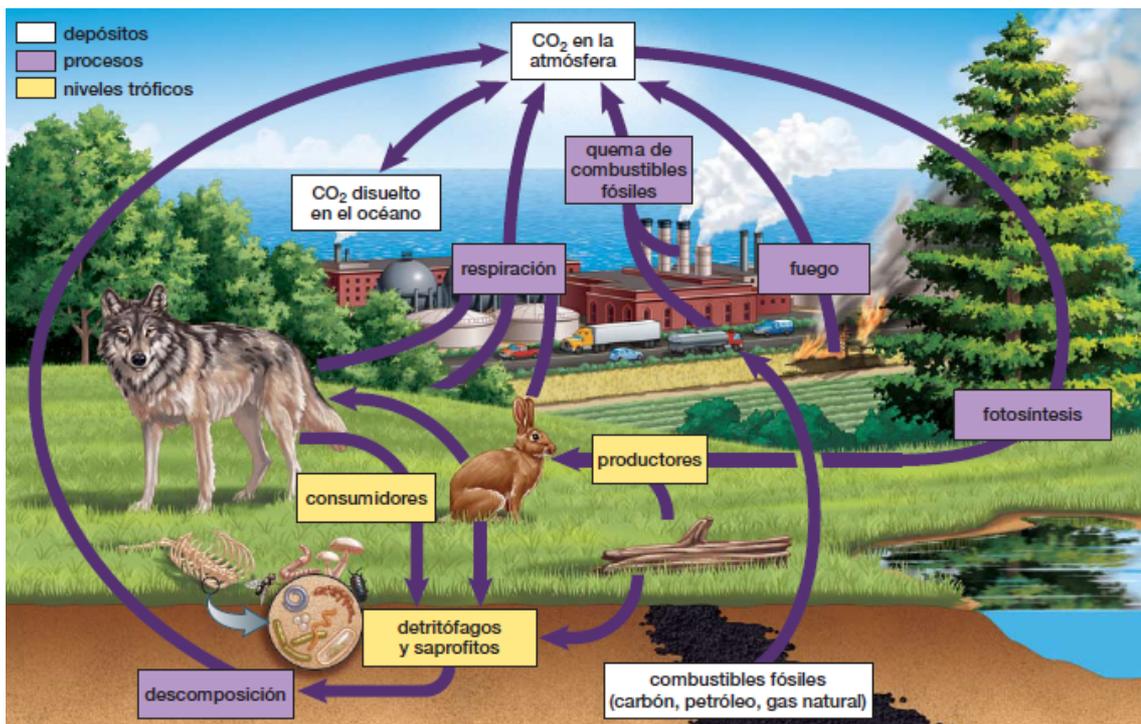


Figure 71. Ciclo del carbono. Tomado de Audesirk et al., 2013.

Nitrógeno

En este ciclo se describe el proceso por el cual el nitrógeno se mueve desde la atmósfera, hacia los depósitos de amoníaco y nitrato en el suelo y el agua, a través de los productores y hacia los consumidores y detritófagos, para regresar de nuevo hacia sus depósitos.

Sólo algunas bacterias son capaces de fijar el N_2 de la atmosfera en este proceso descomponen los enlaces en el N_2 y lo combinan con átomos de hidrógeno para formar amoniaco (NH_3). Otras bacterias convierten el amoniaco en nitrato (NO_3). Los detritófagos y los saprófitos también producen amoniaco a partir de los cuerpos muertos y desechos.

Por su parte los productores absorben el amoniaco y el nitrato del suelo o agua y los incorporan en moléculas biológicas como aminoácidos, proteínas y nucleótidos (individuales ATP y polímeros como el DNA). Éstas se transmiten a niveles tróficos sucesivamente más altos conforme los consumidores primarios comen a los productores y ellos mismos son comidos. El ciclo del nitrógeno se completa mediante bacterias desnitrificantes las cuales descomponen el nitrato y liberan gas nitrógeno de vuelta a la atmósfera (Figura 72).

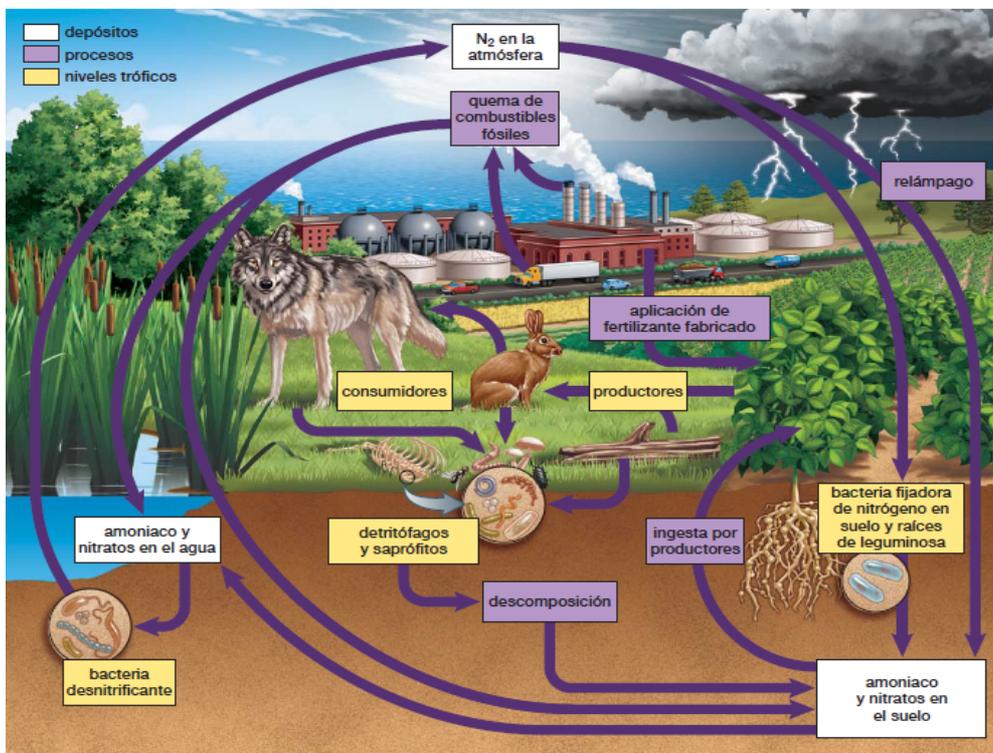


Figure 72. Ciclo del nitrógeno. Tomado de Audesirk et al., 2013

Fósforo

A lo largo de su ciclo, el fósforo permanece enlazado al oxígeno en la forma de fosfato (PO_4). Parte del fosfato de las rocas se disuelve por la lluvia y el agua, lo que lo lleva al suelo, los lagos y el océano, y forma los depósitos de fósforo que están disponibles para los organismos. Los productores absorben fácilmente el fosfato disuelto y lo incorporan en biomoléculas como el ATP y ácidos nucleicos, así como los fosfolípidos de las membranas celulares, los dientes y huesos de los vertebrados.

A partir de estos productores, el fósforo se transmite a través de las redes tróficas; en cada nivel, el fosfato en exceso se expulsa. Al final, los detritófagos y saprófitos regresan el fosfato al suelo y al agua, donde entonces lo pueden reabsorber

los productores o puede regresar al sedimento oceánico y eventualmente volver a formarse en roca (Figura 73).

Parte del fosfato disuelto en agua dulce se transporta hacia los océanos, donde termina en sedimentos marinos, excepto una parte que absorben los productores marinos y que finalmente se incorpora a los invertebrados y peces. Algunos de éstos, a su vez, los consumen las aves marinas, que excretan grandes cantidades de fósforo de vuelta a la tierra.

El suelo erosionado de los campos fertilizados transporta fosfatos hacia lagos, ríos y el océano, lo que puede estimular un crecimiento excesivo de algas y bacterias perturbadas por la interacción comunitaria natural.

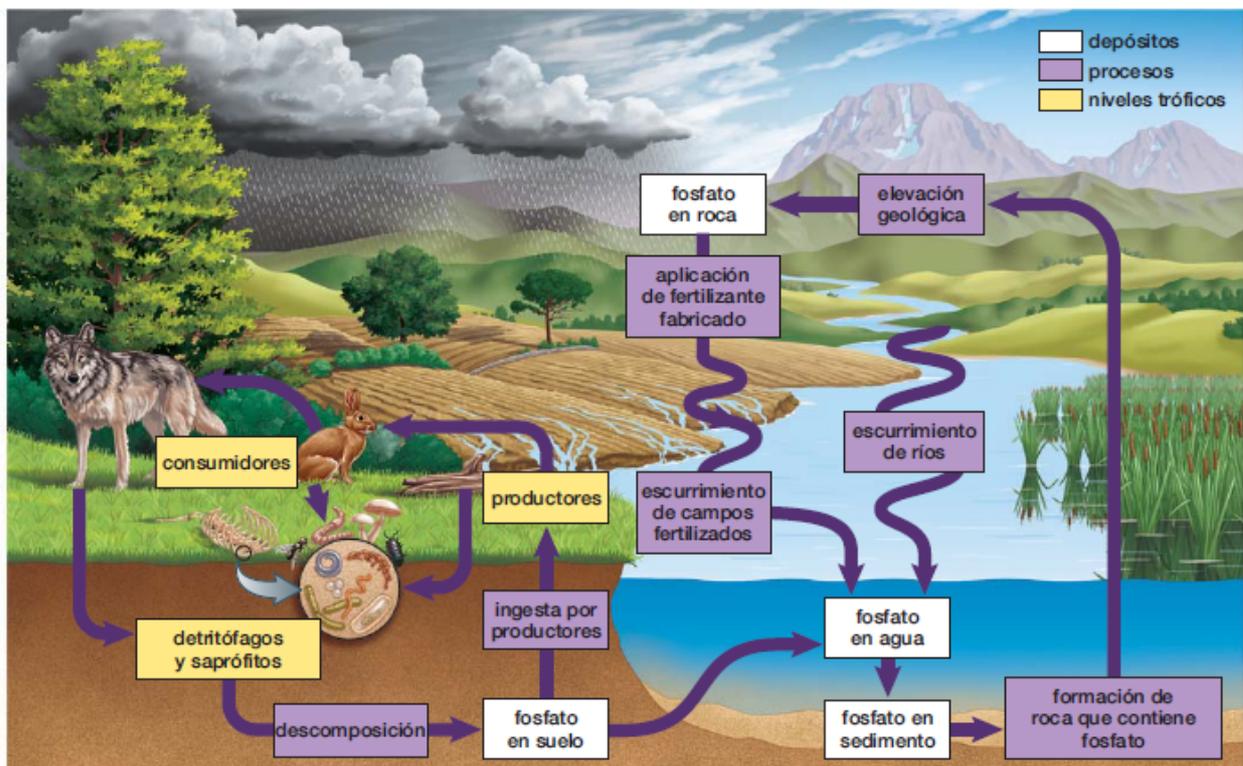


Figura 73. Ciclo del fósforo. Tomado de Audesirk et al., 2013

Azufre

Este ciclo es indispensable para la formación de proteínas; su reserva está en la corteza terrestre y es usado en pequeñas cantidades por los seres vivos. El azufre se incorpora a las cadenas alimenticias a través de los organismos autótrofos que lo absorben desde el suelo y el agua en forma de ion sulfato (SO_4^{2-}). La descomposición de la materia orgánica produce sulfuro de hidrogeno (H_2S), el cual es oxidado por algunas bacterias a dióxido de azufre (SO_2) y ion sulfato. El H_2S se forma en los océanos por la reducción de sulfatos precipitados en sulfuros metálicos o liberado a la atmósfera, donde se oxida para formar SO_4^{2-} . La actividad industrial en las grandes ciudades está provocando exceso de emisiones de gases sulfurosos a la atmósfera, lo que trae como consecuencia lluvia ácida.

Agua

El ciclo del agua reúne, purifica y distribuye la cantidad fija de este recurso que existe en la Tierra. La energía del Sol impulsa el ciclo del agua en tres grandes procesos: **evaporación, precipitación y transpiración.**

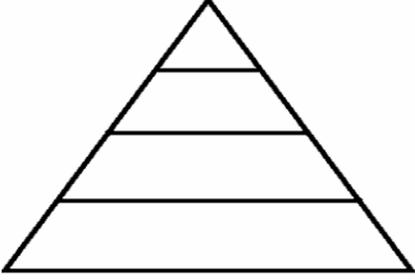
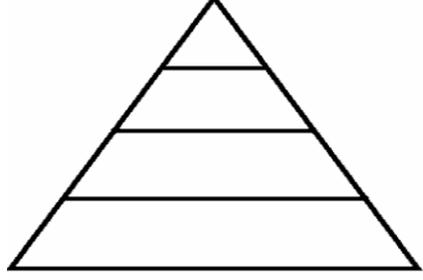
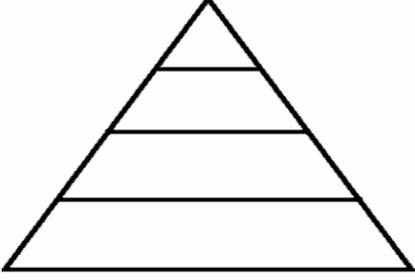
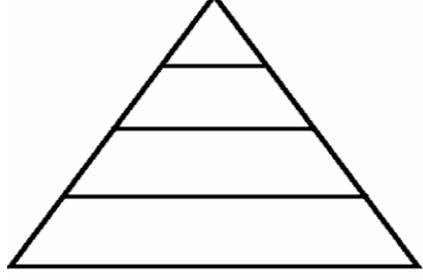
- A) **Evaporación:** el sol calienta la superficie de las aguas de los ríos, lagos, lagunas, mares y océanos, el agua por las altas temperaturas se transforma en vapor y sube a la atmósfera, donde tendrá lugar la siguiente fase.
- B) **Condensación:** etapa donde el vapor de agua que ha subido a la atmósfera por la evaporación se concentra en gotas que formarán nubes y neblina. Una vez allí, el agua pasará a su estado líquido nuevamente, lo que nos lleva al próximo paso.
- C) **Precipitación:** el agua condensada de la atmósfera desciende a la superficie en forma de pequeñas gotas. En las regiones más frías del planeta, sin embargo, el agua pasa del estado líquido al sólido (solidificación) y se precipita como nieve o granizo. Posteriormente, cuando se produce el deshielo, el agua volverá al estado líquido en un proceso conocido como fusión.
- D) **Infiltración:** el agua que ha caído en la superficie terrestre por las precipitaciones penetra en el suelo. Una parte es aprovechada por la naturaleza y los sistemas biológicos, mientras que la otra se incorpora a las aguas subterráneas.
- E) **Escorrentía:** el agua a través de la superficie se mueve por los declives y accidentes del terreno, para entrar de nuevo en los ríos, lagos, lagunas, mares y océanos, lo que constituye la vuelta al inicio del ciclo. La escorrentía, además, es el principal agente geológico de erosión y transporte de sedimentos (Viel, s.f).

El ciclo hidrológico es crucial para las comunidades terrestres porque continuamente restaura el agua dulce necesaria para la vida terrestre. Además, es el solvente para todos los otros nutrientes, y ninguno de éstos puede entrar o salir de las células de un organismo a menos que se disuelva en agua (Audesirk et al., 2013).

Actividades de aprendizaje

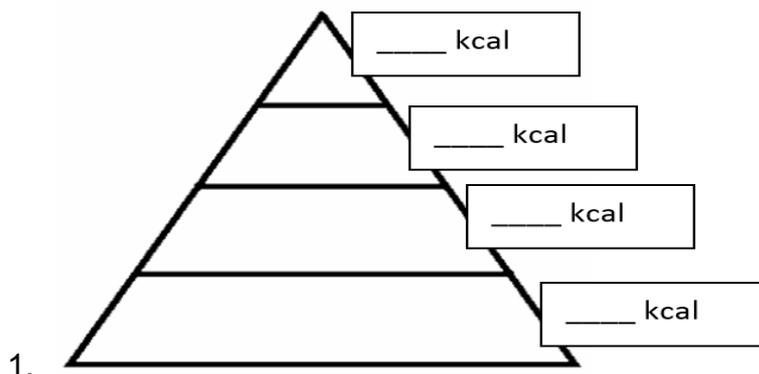
Actividad 20

Coloca los nombres de los organismos en cada nivel trófico que le corresponda:
Niveles: 1) productor, 2) consumidor primario, 3) consumidor secundario y 4) consumidor terciario.

<p>a) ardilla, bellota, coyote y cuervo</p> 	<p>b) camarón, fitoplancton, pargo y tiburón</p> 
<p>c) halcón, oruga, petirrojo y planta</p> 	<p>d) Crea una tu propia cadena alimenticia</p> 

b) Completa la pirámide de los organismos de acuerdo con su nivel trófico y las cantidades de energía consumida.

Para el caso a) ardilla, bellota, coyote y cuervo. Se disponen de 1000 kilocalorías (kcal) para el primer nivel trófico, de 100 kcal para el segundo nivel trófico, de 10 kcal para el tercer nivel trófico. ¿Cuántas kcal están disponibles para el consumidor terciario? _____



Actividad 21

Escribe en la siguiente tabla la importancia de cada ciclo biogeoquímico.

Ciclo del:	Importancia
Carbono	
Nitrógeno	
Fosforo	
Azufre	
Agua	

Autoevaluación

Aciertos:

1. Son los organismos encargados de transformar la materia inorgánica en materia orgánica que sirve a los siguientes niveles tróficos:
 - a) Productores
 - b) Consumidores
 - c) Depredadores
 - d) Saprófitos
2. Son los organismos encargados de regresar los nutrientes al suelo para que vuelvan a incorporarse en la cadena trófica:
 - a) Productores
 - b) Parásitos
 - c) Depredadores
 - d) Saprófitos
3. Se encargan de circular los elementos químicos de la materia viva en la Tierra y en los organismos:
 - a) las cadenas tróficas
 - b) los ciclos bioquímicos
 - c) la regla del 10%
 - d) la naturaleza
4. Se encarga del arrastre de sedimentos en el ciclo hidrológico:
 - a) Precipitación
 - b) Condensación
 - c) Evaporación
 - d) Escorrentía
5. ¿Qué papel juegan los microorganismos en los ciclos biogeoquímicos?
 - a) Transforman los elementos químicos
 - b) Descomponen nutrientes para su asimilación
 - c) Aseguran la disponibilidad de nutrientes
 - d) Condensan los nutrientes en la atmosfera

Respuestas correctas: 1-a, 2-d, 3-b, 4-d, 5-b.

Referencias

- Audesirk, T., Audesirk, G., y Byers, B. (2013). *Biología. La vida en la Tierra*. Pearson Educación de México.
- Cervantes, M. y Hernández, M. (2000) *Biología General*. Publicaciones Cultural.
- De Erice, E. y González, A. (2012). *Biología. La ciencia de la vida*. McGRAW-HILL.
- Escobar, A. y Flores, E. (2010). *Ecología y medio ambiente*. Mc Graw Hill.
- Starr, C., Taggart, E. y Starr, L. (2009). *Biología, la unidad y la diversidad de la vida*. Cengage Learning Editores.
- Viel, R. (s.f). *La hidrosfera*. <https://www.colegioconcepcionsanpedro.cl/wp-content/uploads/2020/04/CIENCIAS-NATURALES-6-A-y-B-GUIA-3.pdf>.

Para
saber
más

[Cadenas tróficas](#)



[Ciclos biogeoquímicos](#)



2. BIODIVERSIDAD Y CONSERVACIÓN BIOLÓGICA

CONCEPTO DE BIODIVERSIDAD

Aprendizaje

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

Palabras clave

Biodiversidad, ecosistema, especie, genes, variabilidad, conservación biológica.

Desarrollo del tema

Imagina que te encuentras en el Parque Nacional “La Malinche”, un bosque en el Estado de Tlaxcala, a tu alrededor podrás observar fauna y flora, principalmente árboles de coníferas de hasta 35 metros de altura, al igual que musgo y hongos. Percibes el sonido de aves e insectos, observas algunos animales como roedores, todos estos detalles crean una atmósfera de tranquilidad y demás sensaciones. Se sabe que los bosques ocupan un tercio de la superficie total de nuestra tierra, nos proporcionan agua y aire limpio, además de suelos saludables. El bosque es parte de la biodiversidad, en este apartado revisaremos a que se refiere este concepto y su importancia para la conservación biológica.

El término de biodiversidad,⁷ se adoptó en el Convenio sobre Diversidad Biológica en 1992 en el que se define como:

...la variabilidad de organismo vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otras cosas, los ecosistemas terrestres, marinos y los complejos ecológicos de los que forma parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas (ONU, 2010).

La biodiversidad, es el resultado de millones de años de evolución y abarca la enorme variedad de formas y la podemos identificar a nivel de genes, especies y ecosistemas. El nivel de genes permite diferenciar a cada individuo, el de especie incluye a todos los organismos que cohabitan con nosotros en el planeta, sean animales, plantas o bacterias, mientras que el de ecosistemas considera a las interacciones que llevan a cabo los sistemas biológicos con su entorno (Figura 74).

⁷ El concepto fue acuñado en 1985, en el Foro Nacional sobre la Diversidad Biológica de Estados Unidos. Edward O. Wilson (1929-), entomólogo de la Universidad de Harvard y prolífico escritor sobre el tema de conservación, quien tituló la publicación de los resultados del foro en 1988 como “Biodiversidad”.



Figura 74. Niveles de la biodiversidad. De derecha a izquierda: A) Diversidad genética dentro de *Morchella conica* (especie comestible de hongos), B) Diversidad de especies de hongos en el bosque de coníferas y C) Diversidad de ecosistemas en el Parque Nacional La Malinche.

Importancia de la biodiversidad

La riqueza de la biodiversidad trasciende su importancia meramente funcional para los humanos, albergando un valor intrínseco que va más allá de nuestra dependencia. Desempeña un papel crucial en servicios ecosistémicos vitales como la regulación climática, la captura de CO₂, la restauración de la fertilidad del suelo, el control de inundaciones y la descomposición de desechos.

La biodiversidad encierra además valores intangibles, aquellos que escapan a una valoración material convencional, como son los **valores éticos, estéticos, recreativos, culturales, educativos y científicos** (Figura 75). Estos aspectos enriquecen nuestra experiencia humana, nutren nuestra cultura, ciencia y fundamentan nuestra responsabilidad ética hacia el mantenimiento de la vida en todas sus formas.



Figura 75. Valores de la biodiversidad valores destacan la importancia intrínseca de la biodiversidad y subrayan la necesidad de su conservación.

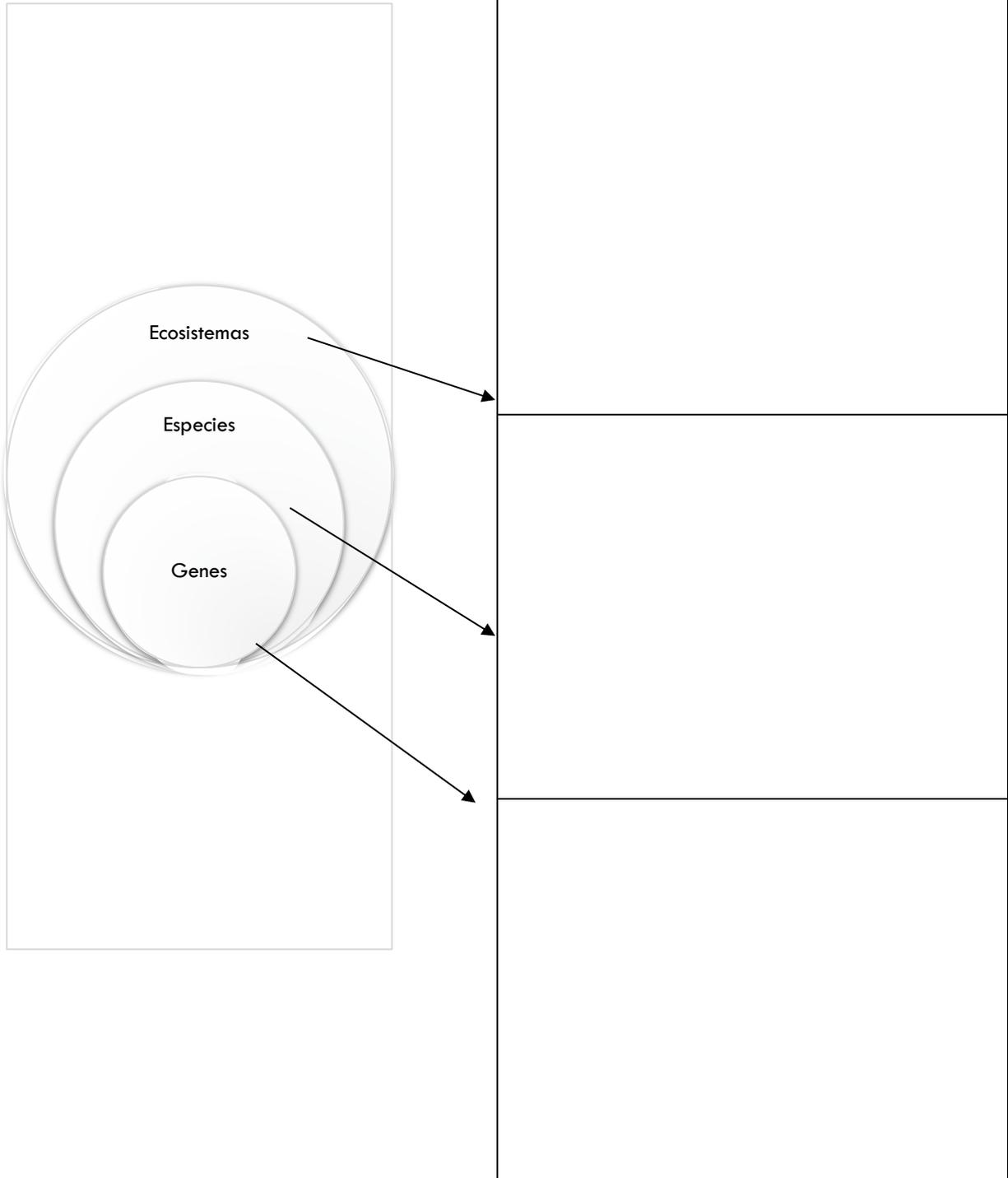
- 1 Éticos:** la biodiversidad invita a reflexionar sobre nuestra relación con otras formas de vida y nuestro papel como custodios del planeta. Promueve una ética de respeto y responsabilidad hacia el medio ambiente, subrayando la importancia de preservar la vida en todas sus formas para las generaciones presentes y futuras.
- 2 Estéticos:** la diversidad de ecosistemas y especies ofrece una fuente inagotable de inspiración y belleza. Este valor estético de la naturaleza enriquece nuestra experiencia del mundo, fomentando un aprecio por la armonía, la variedad y la majestuosidad del mundo natural.
- 3 Recreativos:** la biodiversidad proporciona escenarios naturales para actividades recreativas al aire libre, como el senderismo, la observación de aves, el buceo y muchos otros pasatiempos que nos permiten conectarnos con la naturaleza, reducir el estrés y mejorar nuestra salud física y mental.
- 4 Culturales:** Muchas culturas alrededor del mundo tienen una conexión profunda con su entorno natural, la biodiversidad forma parte integral de su identidad, tradiciones, creencias y prácticas. Este valor de la biodiversidad es fundamental para la preservación del patrimonio cultural.
- 5 Educativos:** La biodiversidad es un laboratorio vivo para el aprendizaje y la educación, ofreciendo oportunidades ilimitadas para estudiar y comprender los complejos procesos ecológicos y biológicos.
- 6 Científicos:** La biodiversidad es esencial para la ciencia y la investigación, proporcionando una rica fuente de conocimiento y descubrimiento. El estudio de la diversidad de especies y ecosistemas puede conducir a avances en la medicina, la agricultura, la gestión de recursos naturales, la mitigación del cambio climático y mucho más.

En conjunto, estos valores destacan la importancia intrínseca de la biodiversidad y subrayan la necesidad de su conservación y uso sostenible como parte fundamental de nuestra responsabilidad hacia el planeta y las futuras generaciones.

Actividades de aprendizaje

Actividad 22

Define los niveles de la biodiversidad:



Actividad 23

Menciona 5 ideas que den respuesta a la siguiente interrogante:

¿Por qué es importante la conservación de la biodiversidad?

Respuesta

Autoevaluación

Aciertos:

1. Relaciona las columnas

Nivel	Concepto
1.Genético ()	a) Variedad de comunidades de organismos presentes en áreas determinadas.
2.Especie ()	b) Variedad de fenotipos que existen en los miembros de la misma especie.
3.Ecosistema ()	c) Variedad de formas de vida en un área determinada.

2. ¿Qué describe el término "biodiversidad" según el Convenio sobre Diversidad Biológica de 1992?

- a) La variabilidad de organismos vivos en ecosistemas terrestres exclusivamente
- b) Únicamente la diversidad genética dentro de cada especie
- c) La variabilidad de organismos de los ecosistemas terrestres y marinos
- d) Únicamente diversidad de especies animales en ecosistemas naturales

3. ¿Cuál es el valor asociado a la biodiversidad que se enfoca en reflexionar sobre nuestra relación con otras formas de vida?

- a) Estéticos
- b) Educativos
- c) Éticos
- d) Científicos

4. ¿Qué valor de la biodiversidad se destaca por ofrecer escenarios naturales para actividades al aire libre?

- a) Culturales
- b) Recreativos
- c) Estéticos
- d) Educativos

5. ¿Cuál es el valor de la biodiversidad fundamental para la investigación?

- a) Culturales
- b) Educativos
- c) Estéticos
- d) Científicos

Respuestas correctas: 1-b,c,a;2-c;3-c;4-b;5-d

Referencias

- Ghersa, Claudio M. (2007). *Biodiversidad y ecosistemas: la naturaleza en funcionamiento*. Eudeba, ProQuest Ebook Central, <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliodgbsp/detail.action?docID=318677>
- ONU. (2010). Convenio sobre la Diversidad Biológica. Obtenido de Convenio sobre la Diversidad Biológica: <https://www.cbd.int/gbo/gbo3/doc/GBO3-Summary-finales>
- Wilson, E. O. (2007). *La creación: salvemos la vida en la tierra*. (Vol. 1005). Katz Editores.

Para
saber
más

[¿Qué es la biodiversidad?](#)



[¿Qué puedo hacer?](#)



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.

Palabras clave:

Cambio climático, contaminación, erosión, pérdida de especies.

Desarrollo del tema:

La relación entre las actividades humanas y el medio ambiente ha sido un tema de creciente preocupación en las últimas décadas. La influencia del humano sobre el ambiente es amplia y compleja, ha alterado significativamente los ecosistemas y contribuido al cambio climático global (Smith, 2020).

En la actualidad la disminución de la biodiversidad obedece a varias causas que han llevado a considerar si los cambios observados podrían desestabilizar al sistema planetario y ocasionar consecuencias adversas para la humanidad.

El impacto de la actividad humana ha deteriorado de gran manera los ecosistemas que actualmente no existe ningún lugar en el mundo que no esté alterado. Algunos de los elementos que más han afectado al ambiente son:

Contaminación

La contaminación es uno de los impactos más evidentes de la actividad humana sobre el ambiente. Esta se manifiesta en diversas formas, incluyendo la contaminación del aire, del agua y del suelo. La contaminación atmosférica, en particular, ha sido un tema de gran preocupación, especialmente en áreas urbanas e industriales, donde la emisión de gases contaminantes ha contribuido a problemas de salud pública y al calentamiento global (Smith & Thomas, 2017). Por otro lado, la contaminación del agua por desechos industriales, agrícolas y urbanos ha deteriorado ecosistemas acuáticos y afectado la biodiversidad (Jensen, 2019).

La contaminación es otra consecuencia grave de la actividad humana. Las actividades industriales, agrícolas y urbanas liberan una amplia gama de contaminantes al aire, agua y suelo, los cuales pueden tener efectos perjudiciales para la salud humana, así como para la flora y fauna (Miller & Spoolman, 2016).

Erosión del Suelo

La erosión del suelo es principalmente el resultado de prácticas agrícolas no sostenibles, deforestación y urbanización. La pérdida de la capa superior del suelo reduce su fertilidad, afectando el crecimiento de plantas y la capacidad del suelo para almacenar agua y carbono, esencial para mitigar el cambio climático (Brown & Harris, 2018).

La deforestación que implica la tala de bosques para la agricultura, la ganadería y la urbanización erosionan el suelo y altera los ciclos de carbono y agua en el ambiente (Fernández & Rodríguez, 2019). Además, los bosques desempeñan un papel crucial en la absorción de CO₂, por lo que su destrucción contribuye directamente al cambio climático (Greenpeace, 2020).

Cambio Climático

El cambio climático es quizás el desafío global más complejo que enfrenta la humanidad, causado principalmente por la quema de combustibles fósiles y la deforestación, que ha disparado el aumento en la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, lo que ha provocado un aumento en la temperatura global (IPCC, 2021). Este fenómeno ha desencadenado una serie de cambios incluyendo patrones climáticos más extremos como el aumento del nivel del mar y la acidificación de los océanos (Thompson et al., 2020).

Una de las principales maneras en que la actividad humana afecta al ambiente es a través de la emisión de gases de efecto invernadero. Estos gases, principalmente dióxido de carbono (CO₂) y metano (CH₄), son el resultado de la quema de combustibles fósiles, la deforestación, y la agricultura intensiva (Jones y Davies, 2018). Según el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), estas emisiones han sido la causa dominante del calentamiento observado desde mediados del siglo XX (IPCC, 2021).

Pérdida de Especies

La pérdida de especies es un problema ambiental crítico. La actividad humana ha acelerado la tasa de extinción de especies debido a la destrucción del hábitat, la contaminación, el cambio climático y la introducción de especies invasoras. Esta pérdida de biodiversidad no solo es un problema ecológico, sino que también afecta los servicios ecosistémicos como la polinización, la purificación del agua y la descomposición de residuos (Wilson, 2016).

La sobreexplotación de recursos naturales, como la pesca excesiva y la minería, también tiene un impacto profundo en el ambiente. Estas actividades pueden conducir a la degradación del hábitat, la pérdida de biodiversidad y el agotamiento de recursos esenciales (Wilson, 2018).

Como se ha expuesto la actividad humana tiene múltiples impactos en el ambiente, muchos de los cuales contribuyen al cambio climático y la pérdida de biodiversidad. Es fundamental tomar medidas para mitigar estos impactos y proteger nuestro planeta para las generaciones futuras

Actividades de aprendizaje:

Actividad 24

Elabora una investigación de los siguientes factores que causan el deterioro ambiental:

Factores	Definición	Causas principales
Contaminación		
Erosión		
Cambio climático		
Pérdida de especies		

Actividad 25

Investiga de qué manera el Cambio climático afecta a todos los organismos en el planeta, utilizando las siguientes palabras: fuertes sequias, desaparición de la biodiversidad, cambio en las precipitaciones.



Autoevaluación

Aciertos:

1. ¿Cuál es una de las principales maneras en que la actividad humana afecta al ambiente?
 - a) La conservación de recursos naturales
 - b) La emisión de gases de efecto invernadero
 - c) La producción de energía renovable
 - d) La reforestación de bosques
2. ¿Qué gases son responsables del calentamiento global por la actividad humana?
 - a) Oxígeno (O₂) y Ozono (O₃)
 - b) Nitrógeno (N₂) y Argón (Ar)
 - c) Dióxido de carbono (CO₂) y Metano (CH₄)
 - d) Hidrógeno (H₂) y Neón (Ne)
3. ¿Qué consecuencia importante tiene la deforestación en el ambiente?
 - a) Aumento de la biodiversidad
 - b) Estabilización de los ciclos de carbono y agua
 - c) Reducción de la biodiversidad y alteración de ciclos
 - d) Incremento en la absorción de CO₂
4. ¿Consecuencia de la actividad humana aparte de la deforestación y la emisión de gases de efecto invernadero?
 - a) La generación de energía solar
 - b) La sobreexplotación de recursos naturales
 - c) El aumento en el uso de tecnologías limpias
 - d) La expansión de áreas verdes urbanas
5. ¿Cuál es uno de los desafíos ambientales más complejos que enfrenta la humanidad?
 - a) El desarrollo sostenible
 - b) La urbanización planificada
 - c) El cambio climático
 - d) La eficiencia energética

Respuestas correctas: 1-b;2-c;3-c;4-b;5-c.

Referencias

- Brown, L. R., y Harris, F. (2018). *Soil Erosion: Causes and Effects*. Environmental Science Series.
- Brunel, N., & Seguel, O. (2011). Efectos de la erosión en las propiedades del suelo. *Agro sur*, 39(1), 1-12.
- IPCC. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Jensen, M. (2019). *Aquatic Pollution: An Increasing Threat*. Global Ecology.
- Smith, J. P., y Thomas, G. (2017). *Air Pollution: Causes, Effects, and Solutions*. Environmental Health Perspectives.
- Thompson, L., Johnson, F., y Green, C. (2020). *Climate Change: Evidence and Causes*. University Press.
- Wilson, E. O. (2016). *The Future of Life: Biodiversity in the Anthropocene*. Harvard University Press.

Para
saber
más

[¿Papel o plástico?](#)



[La basura ¿en su lugar?](#)



DESARROLLO SUSTENTABLE

Aprendizaje del alumno

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

Palabras clave

Desarrollo sustentable, dimensiones del desarrollo sustentable, pérdida de biodiversidad, conservación, ecodesarrollo, resiliencia, manejo de recursos.

Desarrollo del tema

Desde los años sesenta, a nivel mundial, se han estudiado temas relacionados con los problemas ecológicos, derivados del desarrollo económico en el que estamos inmersos. A principio de los años setenta del pasado siglo se propuso la palabra **Ecodesarrollo**, para conciliar el aumento de la producción con el respeto a los ecosistemas y que permitirían mantener las condiciones de la habitabilidad de la tierra. En 1972 el informe del Club de Roma sobre “Los límites del crecimiento” dio la voz de alarma y el inicio del proceso de concienciación al plantear límites al crecimiento económico y cambio en el manejo de los ecosistemas con efectos catastróficos para los sistemas económicos y ecológicos.

En el año de 1987, en una reunión celebrada por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), se utilizó por primera vez el concepto de desarrollo sustentable en el informe de Brundtland, redactado por la Doctora Gro Harlem Brundtland, y que título originalmente “Nuestro Futuro Común”. *Define al **desarrollo sustentable** (sustentabilidad) como la satisfacción de nuestras necesidades actuales sin comprometer los recursos para las futuras generaciones.* Su objetivo es mejorar la calidad de vida de la población respetando la cultura y los derechos humanos de las personas. En 1992 se realizó, en Río de Janeiro, una conferencia mundial conocida como la Cumbre de la Tierra. En ella se propone a los seres humanos como el centro de las preocupaciones relacionadas con la sustentabilidad, reconociendo el derecho de una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza, a lo que se denominó agenda 21.

Actualmente se entiende al desarrollo sustentable como un mecanismo transversal para resolver problemáticas ambientales, en las cuales intervienen conceptos, propuestas y desafíos en constante cambio, donde participan distintos puntos de vista dependiendo de los actores involucrados, ya sea comunidades, políticos, organizaciones privadas o la academia. Las escalas de acción de la sustentabilidad van desde las globales hasta las locales, a partir de interpretaciones de nuestro pasado, presente y futuro. Por ello, se requiere una articulación sistémica con los factores sociales, económicos, culturales y políticos para afrontar los desafíos de los cambios requeridos, en escenarios de transición y/o de crisis.

La **sustentabilidad** es un proceso donde la meta no se alcanza nunca ya que se va desplazando progresivamente a partir de los siguientes elementos:

- La *actividad económica* deberá mantener o mejorar el sistema ambiental, a la vez que mejora la calidad de vida de todos los ciudadanos, no solo de unos pocos.
- Se debe reconocer la importancia de la naturaleza para el *bienestar humano*, promoviendo conductas sostenibles entre los ciudadanos a partir de la protección, conservación y mejora del estado de los ecosistemas y de aquellos que están degradados, utilizando los recursos de manera eficiente.
- Implementar tecnologías limpias y asegurar el máximo reciclaje y reutilización de productos.

El desarrollo sustentable se basa en tres **dimensiones** (Figura 76):

- **Económica**, implica que los sistemas de producción actuales deben cambiar a mecanismos eficientes y limpios que no impliquen una afectación al ambiente y que se enfoque en el bienestar de la población y no en el aumento de la riqueza.
- **Social**, implica el fortalecimiento y autogestión de las comunidades más desfavorecidas. Además de asegurar la educación, alimentación y condiciones que permitan mejorar la calidad de vida de las personas.
- **Ambiental**, se basa en la conservación de la biodiversidad y los ecosistemas para asegurar su disponibilidad y la resiliencia⁸ de los ecosistemas.

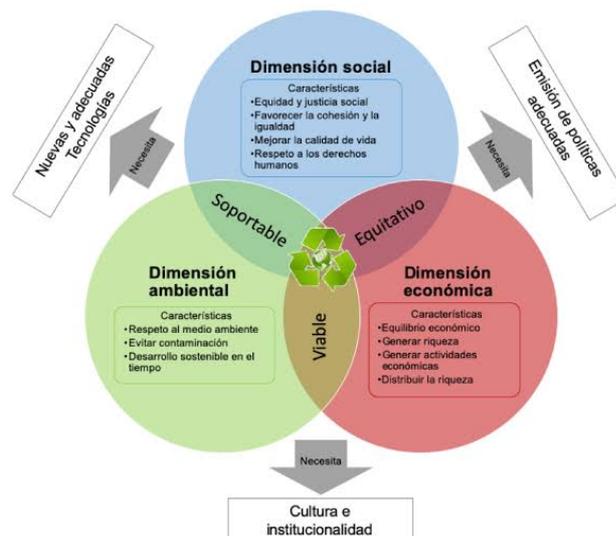


Figura 76. Indicadores del desarrollo sustentable. Tomado de <https://n9.cl/q0yag>

Actualmente, los proyectos que van dirigidos a la solución global de la crisis ecológica se encuentran adscritos en los nuevos contenidos de la agenda política

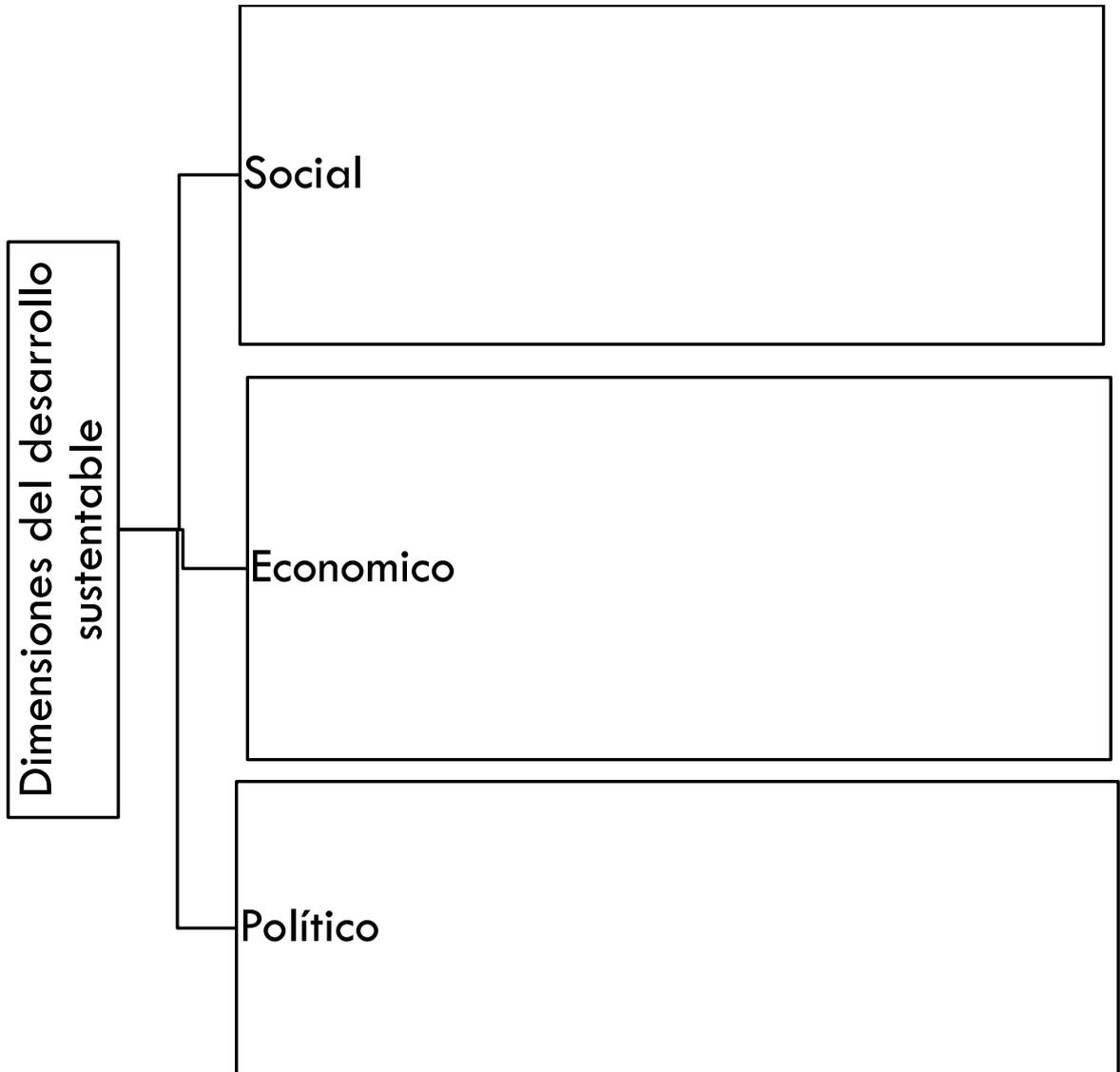
⁸ se entiende como resiliencia a la capacidad que tienen los ecosistemas en regresar a su estado original después de una perturbación.

internacional bajo el enfoque de desarrollo sustentable. Los gobiernos y la sociedad internacional están tomando medidas que buscan prevenir la intensidad de los fenómenos climáticos que experimentan. Los pueblos alrededor del mundo intentan implementar soluciones efectivas de manera transdisciplinaria, que permitan cambiar nuestro estilo de vida sin afectar al ambiente. La pregunta sería: ¿qué acciones podrías hacer en tu día a día para una vida más sustentable y minorizar el deterioro ambiental?

Actividades de aprendizaje

Actividad 26

Define las dimensiones que se proponen para el desarrollo sustentable



Actividad 27

Menciona tu opinión fundamentada sobre la siguiente interrogante:

¿El ecoturismo puede ayudar a lograr el triple desafío de conservar la biodiversidad, genera ingresos locales e impulsar el desarrollo sustentable? Explica tu respuesta.

Desarrollo sustentable

Autoevaluación

Aciertos:

1. ¿En qué informe se publicó por primera vez el concepto de desarrollo sustentable?
 - a) informe Bruntland
 - b) Cumbre de la Tierra
 - c) Agenda 21
 - d) Club de Roma

2. ¿Cómo se define el desarrollo sustentable?
 - a) Aprovechamiento de los recursos para el crecimiento económico actual.
 - b) Proceso que mejora la calidad de vida basado en la preservación del equilibrio ecológico.
 - c) Uso ilimitado de recursos naturales para satisfacer necesidades humanas.
 - d) Explotación intensiva de recursos sin considerar las futuras generaciones.

3. ¿Cuál de los siguientes elementos no se consideran sustentables?
 - a) Fomento de una economía basada exclusivamente en el crecimiento industrial.
 - b) Reconocimiento de los límites de la naturaleza.
 - c) Promoción de una nueva alianza entre naturaleza y cultura.
 - d) Construcción de una cultura política basada en la ética de la sustentabilidad.

4. ¿Qué destacó la Agenda 21 de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo Sostenible de 1992?
 - a) El compromiso de los países con la generación de indicadores de sustentabilidad.
 - b) La decisión de continuar con el desarrollo económico sin restricciones.
 - c) La priorización del crecimiento demográfico sobre la conservación ambiental.
 - d) La eliminación de todas las formas de protección al medio ambiente.

5. ¿Qué dimensión considera el fortalecimiento de las comunidades y de los pueblos originarios?
 - a) Social
 - b) Ambiental
 - c) Económica
 - d) Espiritual

Respuestas correctas: 1-a, 2-b, 3-a, 4-a, 5-a.

Referencias

- Alfaro, J.M., B. Limón, G, Martinez y G. Tijerina. 2009. *Ambiente y sustentabilidad*. 47-52pp. Patria.
- Díaz, Coutiño, Reynol. *Desarrollo sustentable: una oportunidad para la vida* (3a. ed.), McGraw-Hill Interamericana, 2015. ProQuest Ebook Central, <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliodgbsp/detail.action?docID=3429205>.
- Ghera, Claudio M. Biodiversidad y ecosistemas: la naturaleza en funcionamientos, Eudeba, 2007. ProQuest Ebook Central, <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliodgbsp/detail.action?docID=3186774>.
- Campaña, R. E. B., Díaz, C. R., y Mendoza, F. M. (2011). *Desarrollo sustentable: Una oportunidad para la vida*. McGraw-Hill Interamericana.
- Larrouyet, M. C. (2015). Desarrollo sustentable: origen, evolución y su implementación para el cuidado del planeta. *Universidad Nacional de Quilmes*. Argentina.
- Naciones Unidas, 2017. Resolución 71/313 para el desarrollo sostenible 2030, 1-25pp. <https://undocs.org/A/RES/71/313>.

Para
saber
más

[Economía circular](#)

