



Universidad Nacional Autónoma de México



Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades

Plantel Oriente

Área: Ciencias Experimentales

Guía para el Examen Extraordinario de Biología IV

Programa Actualizado 2016

Sexto Semestre

Coordinadora:

- ❖ Castillo Godínez Evelyn Paola

Elaboradores:

- ❖ Escamilla Bello Evelin Nieves
- ❖ Galván Sánchez Elizabeth Karina
- ❖ García Belio Guillermo Emanuel
- ❖ Martínez Aguilar Leticia
- ❖ Placido Jurado Elena
- ❖ Razo Balcázar Daria
- ❖ Zárate Ramírez Víctor Rafael

Compiladora:

- ❖ Galván Sánchez Elizabeth Karina

Febrero, 2024.

## Contenido

Introducción .....	7
<b>PRESENTACIÓN DE LA UNIDAD I .....</b>	<b>9</b>
Estructura de la unidad I .....	10
Lista de aprendizajes de la unidad I .....	11
<b>TEMA I. PRINCIPALES PROCESOS EVOLUTIVOS QUE EXPLICAN LA BIODIVERSIDAD .....</b>	<b>12</b>
<b>SELECCIÓN NATURAL Y ADAPTACIÓN .....</b>	<b>12</b>
Aprendizaje .....	12
Conceptos clave .....	12
Resumen.....	12
Desarrollo de los contenidos .....	12
Actividades de aprendizaje .....	18
Autoevaluación .....	20
Referencias .....	21
<b>DERIVA GÉNICA .....</b>	<b>22</b>
Aprendizaje .....	22
Conceptos clave .....	22
Resumen.....	22
Desarrollo de los contenidos .....	22
Actividades de aprendizaje .....	25
Autoevaluación .....	28
Referencias .....	30
<b>TEMA II. ESPECIE Y ESPECIACIÓN .....</b>	<b>31</b>
<b>CONCEPTO DE ESPECIE .....</b>	<b>31</b>
Aprendizaje .....	31
Conceptos clave .....	31
Resumen.....	31
Desarrollo de los contenidos .....	31
Actividades de aprendizaje .....	35
Autoevaluación .....	36
Referencias .....	37
<b>PATRONES DE CAMBIO EVOLUTIVO.....</b>	<b>38</b>

<b>Aprendizaje</b> .....	38
<b>Conceptos clave</b> .....	38
<b>Resumen</b> .....	38
<b>Desarrollo de los contenidos</b> .....	38
<b>Actividades de aprendizaje</b> .....	43
<b>Autoevaluación</b> .....	46
<b>Referencias</b> .....	47
<b>ESPECIACIÓN: CONCEPTOS Y MODELOS</b> .....	48
<b>Aprendizaje</b> .....	48
<b>Conceptos clave</b> .....	48
<b>Resumen</b> .....	48
<b>Desarrollo de los contenidos</b> .....	48
<b>Actividades de aprendizaje</b> .....	54
<b>Autoevaluación</b> .....	56
<b>Referencias</b> .....	57
<b>TEMA III. FILOGENIA E HISTORIA DE LA VIDA</b> .....	58
<b>EXTINCCIONES Y RADIACIÓN ADAPTATIVA</b> .....	58
<b>Aprendizaje</b> .....	58
<b>Conceptos clave</b> .....	58
<b>Resumen</b> .....	58
<b>Desarrollo de los contenidos</b> .....	58
<b>Actividades de aprendizaje</b> .....	66
<b>Autoevaluación</b> .....	70
<b>Referencias</b> .....	73
<b>ÁRBOLES FILOGENÉTICOS</b> .....	74
<b>Aprendizaje</b> .....	74
<b>Conceptos clave</b> .....	74
<b>Resumen</b> .....	74
<b>Desarrollo de los contenidos</b> .....	74
<b>Actividades de aprendizaje</b> .....	79
<b>Autoevaluación</b> .....	82
<b>Referencias</b> .....	84
<b>Fuentes de consulta de la unidad I</b> .....	85

<b>PRESENTACIÓN DE LA UNIDAD II</b> .....	87
<b>Estructura de la unidad II</b> .....	88
<b>Lista de aprendizajes la unidad II</b> .....	89
<b>TEMA I. CARACTERÍSTICAS DE LA BIODIVERSIDAD</b> .....	90
<b>NIVELES DE LA BIODIVERSIDAD</b> .....	90
<b>Aprendizaje</b> .....	90
<b>Conceptos clave</b> .....	90
<b>Resumen</b> .....	90
<b>Desarrollo de los contenidos</b> .....	90
<b>Actividades de aprendizaje</b> .....	93
<b>Autoevaluación</b> .....	98
<b>Referencias</b> .....	101
<b>PATRONES DE LA BIODIVERSIDAD</b> .....	102
<b>Aprendizaje</b> .....	102
<b>Conceptos clave</b> .....	102
<b>Resumen</b> .....	102
<b>Desarrollo de los contenidos</b> .....	102
<b>Actividad de aprendizaje</b> .....	113
<b>Autoevaluación</b> .....	114
<b>Referencias</b> .....	115
<b>TIPOS DE DIVERSIDAD</b> .....	116
<b>Aprendizaje</b> .....	116
<b>Conceptos clave</b> .....	116
<b>Resumen</b> .....	116
<b>Desarrollo de los contenidos</b> .....	116
<b>Actividades de aprendizaje</b> .....	124
<b>Autoevaluación</b> .....	126
<b>Referencias</b> .....	127
<b>TEMA II. BIODIVERSIDAD DE MÉXICO</b> .....	128
<b>FACTORES QUE EXPLICAN SU MEGADIVERSIDAD</b> .....	128
<b>Aprendizaje</b> .....	128
<b>Conceptos clave</b> .....	128
<b>Resumen</b> .....	128

<b>Desarrollo de los contenidos</b> .....	128
<b>Actividades de aprendizaje</b> .....	137
<b>Autoevaluación</b> .....	139
<b>Referencias</b> .....	141
<b>REGIONALIZACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD</b> .....	143
<b>Aprendizaje</b> .....	143
<b>Conceptos clave</b> .....	143
<b>Resumen</b> .....	143
<b>Desarrollo de los contenidos</b> .....	143
<b>Actividad de aprendizaje</b> .....	149
<b>Autoevaluación</b> .....	150
<b>Referencias</b> .....	151
<b>FACTORES QUE AFECTAN LA BIODIVERSIDAD</b> .....	152
<b>Aprendizaje</b> .....	152
<b>Conceptos clave</b> .....	152
<b>Resumen</b> .....	152
<b>Desarrollo de los contenidos</b> .....	152
<b>Actividades de aprendizaje</b> .....	162
<b>Autoevaluación</b> .....	166
<b>Referencias consultadas</b> .....	167
<b>USO Y CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD</b> .....	168
<b>Aprendizaje</b> .....	168
<b>Conceptos clave</b> .....	168
<b>Resumen</b> .....	168
<b>Desarrollo de los contenidos</b> .....	168
<b>Actividades de aprendizaje</b> .....	174
<b>Autoevaluación</b> .....	175
<b>Referencias</b> .....	176
<b>IMPORTANCIA DE LA BIODIVERSIDAD</b> .....	177
<b>Aprendizaje</b> .....	177
<b>Conceptos clave</b> .....	177
<b>Resumen</b> .....	177
<b>Desarrollo de los contenidos</b> .....	177

Guía para el examen extraordinario de Biología IV – CCH Oriente

<b>Actividades de aprendizaje</b> .....	179
<b>Autoevaluación</b> .....	183
<b>Referencias</b> .....	183
<b>Fuentes de consulta de la unidad II</b> .....	184

## Introducción

La presente Guía de Estudio está destinada al apoyo de los aprendizajes de la asignatura de Biología IV del programa de estudios 2016 del Colegio de Ciencias y Humanidades.

Los estudiantes podrán prepararse de manera autodidacta para la presentación de su examen extraordinario o con asesoría de algún profesor. Además, podrán apoyarse de diversas fuentes de información sugeridas.

Esta guía fue realizada de manera colegiada.

La estructura de esta guía de estudio es acorde a las unidades, temáticas y aprendizajes indicados en el programa de estudios de Biología III – IV, sin embargo, sólo se toma en cuenta la asignatura de Biología IV.

Al inicio de cada unidad se menciona una presentación de esta que abarca la presentación de la unidad, estructura de la unidad. Durante el desarrollo de cada temática se consideran los siguientes siete apartados: aprendizajes, conceptos clave, resumen, desarrollo de los contenidos, actividades de aprendizaje, autoevaluación y referencias.

Se ha prestado especial atención en la formulación de actividades que apoyen a los estudiantes en la obtención de los aprendizajes, generando comprensión de estos a través de cuestionamientos, casos y diferentes planteamientos. Posterior a las actividades se encuentran los apartados de autoevaluación, donde cada estudiante podrá verificar sus resultados al cotejar con las respuestas y en su caso los puntos que necesita repasar.

# Unidad I

¿Cómo explica la evolución el desarrollo y mantenimiento de la biodiversidad?



**Propósito:** Al finalizar la unidad, el alumno comprenderá que la biodiversidad es el resultado de la evolución biológica, a través del análisis de los procesos y patrones que contribuyen a explicar la historia de la vida.



## **PRESENTACIÓN DE LA UNIDAD I**

En esta unidad se abordan aprendizajes referentes a la explicación de la evolución, el desarrollo y el mantenimiento de la biodiversidad o diversidad biológica. Cuyo propósito busca que al finalizar de revisar la unidad los estudiantes comprendan que la biodiversidad es el resultado de la evolución biológica, a través del análisis de los procesos y patrones que contribuyen a explicar la historia de la vida.

Para lograr lo anterior la unidad se divide en tres temáticas generales: 1) Principales procesos evolutivos que explican la biodiversidad, 2) Especie y especiación y 3) Filogenia e historia de la vida.

En la primera temática los estudiantes deberán revisar lo referente a los tipos de selección natural y la adaptación como procesos evolutivos que modifican las frecuencias alélicas en las poblaciones biológicas, así mismo, se busca que los alumnos identifiquen la deriva génica como un proceso aleatorio que cambia la frecuencia de alelos en las poblaciones biológicas.

Durante la segunda temática se desarrollan los contenidos y actividades destinadas a comparar los conceptos de especie biológica, taxonómica y filogenética, como base del estudio de la biodiversidad. Posteriormente, los alumnos distinguirán la anagénesis y cladogénesis como patrones de cambio evolutivo. Para finalizar este apartado se busca que los estudiantes comprendan los modelos de especiación alopátrica, simpátrica e hibridación, que originan la diversidad biológica.

Lo que se abarca en la tercera temática es la relación de las extinciones en masa con la radiación adaptativa, así como, la comprensión de que los árboles filogenéticos son modelos explicativos de las relaciones temporales entre especies.

Cabe recalcar que en cada uno de los aprendizajes se hace énfasis en siete puntos: 1) aprendizaje que debe lograr el estudiante, 2) conceptos clave que se deben tomar en cuenta, 3) resumen, 4) desarrollo de los contenidos, 5) diversas actividades de aprendizaje, 6) autoevaluación y 7) referencias. Después de la revisión de los contenidos los estudiantes podrán ejercitar lo aprendido mediante la resolución de los puntos seis y siete, mencionados anteriormente, además de profundizar en los contenidos que consideren necesarios de acuerdo con las referencias de cada aprendizaje o bien, tomando en cuenta las referencias de la unidad I que se encuentran al finalizar la misma.

## Estructura de la unidad I



## Lista de aprendizajes de la unidad I

El alumno:

<p>✓ <b>Explica los tipos de selección natural y la adaptación como procesos evolutivos que modifican las frecuencias alélicas en las poblaciones biológicas.</b></p>
<p>✓ <b>Identifica la deriva génica como un proceso aleatorio que cambia la frecuencia de alelos en las poblaciones biológicas.</b></p>
<p>✓ <b>Compara los conceptos de especie biológica, taxonómica y filogenética, como base del estudio de la biodiversidad.</b></p>
<p>✓ <b>Distingue la anagénesis y cladogénesis como patrones de cambio evolutivo.</b></p>
<p>✓ <b>Comprende los modelos de especiación alopátrica, simpátrica e hibridación, que originan la diversidad biológica.</b></p>
<p>✓ <b>Relaciona a las extinciones en masa con la radiación adaptativa.</b></p>
<p>✓ <b>Comprende que los árboles filogenéticos son modelos explicativos de las relaciones temporales entre especies.</b></p>

## TEMA I. PRINCIPALES PROCESOS EVOLUTIVOS QUE EXPLICAN LA BIODIVERSIDAD

### SELECCIÓN NATURAL Y ADAPTACIÓN

#### Aprendizaje

El alumno:

Identifica la deriva génica como un proceso aleatorio que cambia la frecuencia de alelos en las poblaciones biológicas.

#### Conceptos clave

Frecuencias alélicas, frecuencias génicas, poza génica, selección natural, selección artificial, selección estabilizadora o normalizadora, selección direccional o positiva, selección disruptiva, selección sexual; adaptación biológica.

#### Resumen

Hola, bienvenida o bienvenido al primer tema de tu guía, primero abordaremos que es la evolución biológica, la evolución se define como un cambio en la frecuencia de los alelos de una población a lo largo de las generaciones. Este cambio puede ser causado por diferentes mecanismos, tales como la selección natural, la deriva genética, la mutación y la migración o flujo genético a continuación desarrollaremos el proceso de selección natural.

#### Desarrollo de los contenidos

##### La selección natural

Fue propuesta y publicada por Charles Darwin y Alfred Rusel Wallace en 1859 en su libro Origen de las especies por selección natural; que puede efectuarse solo cuando se reúnen tanto en el ambiente como en la población. Esta propuesta ha sufrido modificaciones gracias a la integración de aportes de otras ciencias como la genética, biología molecular y las matemáticas (en especial la estadística) se proponen tres requisitos fundamentales que explican la selección natural:

1. La variación entre los individuos de una población en algún atributo o característica (variación) ya sea, en una misma generación y entre distintas generaciones (padres e hijos). Estas variaciones entre individuos provienen de las mutaciones que ocurren azarosamente durante los procesos de división celular y de su combinación en el proceso de meiosis en el caso de los eucariotas.

2. Hay una reproducción diferencial; es decir que no todos los individuos en posibilidad de reproducirse lo harán y tampoco todos dejarán el mismo número de descendientes; algunos dejarán pocos y otros más; esto dependerá de las características de los padres; los que tienen características ventajosas por lo general tienen más descendientes.

De estos descendientes no todos sobrevivirán, debido a las características que posean; ya que los recursos del ambiente son limitados así que esto puede significar no hay alimento, ni espacio, ni cuidado, ni parejas para que todos puedan crecer, hacerse adultos y tener descendencia. Así que aquellos que no poseen las características para conseguir todos recursos necesarios no sobreviven o no tienen descendientes.

3. Finalmente, cuando ocurren cambios en la descendencia, por lo general, esos cambios están contenidos en los gametos (óvulos y espermatozoides) de los individuos y entonces esos mismos cambios (por ejemplo: un pelaje de color distinto al de los hermanos, en el caso de perros) podrán heredarse a las generaciones futuras. De esta manera los cambios que resulten de utilidad para aumentar las posibilidades de sobrevivir y de tener descendencia se van a conservar, y agregar, a lo largo de las generaciones.

Actualmente, la selección natural es concebida como un proceso que requiere del cumplimiento de tres condiciones (Endler, 1986):

1. Variación entre los individuos de una población en algún atributo o característica (variación).
2. La existencia de una relación significativa entre la variación en el atributo y la habilidad para aparearse, la fecundidad y/o la sobrevivencia (diferencias en adecuación).
3. La variación fenotípica debe tener un componente heredable (herencia).

Si estos requisitos se cumplen, entonces (1) habrá un cambio predecible en uno o varios de los momentos de la distribución fenotípica del atributo (la media, la varianza, o la covarianza); y (2) la distribución del atributo en la progenie diferirá de la de los padres por un factor determinado por la intensidad del cambio en la distribución fenotípica y la magnitud del componente genético del atributo (si la población no está en equilibrio). En otras palabras, si las condiciones 1 y 2 se cumplen, el efecto de la selección natural se manifestará como un cambio en la distribución fenotípica del atributo dentro de una generación. Esto significa

que la selección natural puede ocurrir sin el requisito de la herencia, pero de hacerlo así sus efectos quedarán restringidos a una sola generación.

Tales diferencias confieren ciertas ventajas o desventajas de supervivencia entre los individuos de una población.

¿En el ambiente quién elige las mejores características? La respuesta es sí, pues a través los factores ambientales tanto bióticos como abióticos, limita la supervivencia de unos y beneficia a otros según sus características. Por ejemplo, los organismos con el pelaje más grueso soportarán mejor un ambiente frío y aquellos más veloces podrán escapar de sus depredadores. A estos factores que limitan la supervivencia o la reproducción de los organismos los llamaremos **presiones de selección**.

Para que entiendas mejor el concepto de selección natural te invitamos a que veas el video:

El Origen de las Especies: “El Pico del Pinzón | HHMI BioInteractive

Video cuya dirección electrónica es la siguiente:

<https://www.youtube.com/watch?v=OQ4OdCp59c4>

y cuyo código QR es el siguiente:



### **Los tipos de selección natural**

Regresando a la definición inicial de evolución que dice es el cambio de las frecuencias génicas y/o alélicas a lo largo del tiempo (igual que generaciones); encontramos 3 formas en que la Selección Natural, cambia estas frecuencias de las características fenotípicas o alélicas en las poblaciones a lo largo del tiempo; hay tres modelos: selección direccional, selección disruptiva y otra selección estabilizadora. Veamos en qué consiste cada una de ellas:

#### **Selección direccional**

Es un tipo de selección natural negativa en el que se favorece un fenotipo extremo sobre otros fenotipos, lo que hace que la frecuencia alélica cambie con el tiempo en la dirección de ese fenotipo. Bajo selección direccional, el alelo ventajoso aumenta como consecuencia de las diferencias en supervivencia y reproducción entre diferentes fenotipos. Los aumentos son independientes de la dominancia del alelo, e incluso si el alelo es recesivo, eventualmente se volverá fijo.

En este caso un determinado rasgo extremo aumenta la aptitud sobre los otros fenotipos, lo que hace que la frecuencia fenotípica cambie con el tiempo en dirección de ese fenotipo. Es decir, la supervivencia y la reproducción de los individuos, por ejemplo de los pinzones, cuando había semillas grandes como alimento; solo los pinzones con picos más grande y



robusto era el pico, tenía más posibilidades de sobrevivir tenían estas aves y en otra ocasión, por lo tanto, la frecuencia alélica es mayor que la de otros tipos de picos; y si solo había semillas pequeñas el pico pequeño resultaba el más adecuado. En la primera gráfica de la siguiente ilustración podemos ver la tendencia a lo largo del tiempo en la modificación del tamaño del pico

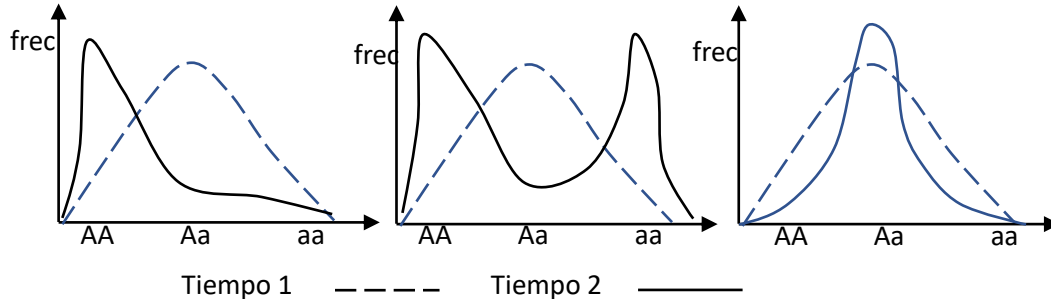
### **Selección disruptiva**

Favorece ambos fenotipos extremos, a diferencia de un extremo en la selección direccional. Supongamos que, en un determinado momento, usando el ejemplo de los pinzones, en la isla están disponibles tanto semillas pequeñas como grandes, en ese caso se favorecerán ambos tamaños de picos, o sea, tanto los grandes como los pequeños, eso favorecerá que tanto las aves con picos pequeños como aquellas con picos grandes tengan mayor ventaja sobre las de picos medianos. Así, ambos rasgos son favorecidos. Ver segunda gráfica de la ilustración.

### **Selección normalizadora o estabilizadora**

Favorece el fenotipo medio, lo que provoca la disminución de la variación en una población a lo largo del tiempo.

En este tipo de selección se tiende a eliminar los rasgos extremos de una característica. Un ejemplo muy común es la talla de los bebés al nacer. La talla promedio, con el mayor índice de supervivencia es cuando pesan alrededor de 3.5 kilos. Cuando pesan más que esa cantidad, o menos va disminuyendo la probabilidad de supervivencia entre más se aleje del peso promedio.



Las tres gráficas de arriba muestran la distribución de las frecuencias en un momento inicial y las de abajo en un segundo momento. Observa cómo se desplazan las frecuencias de tamaños por la influencia de las presiones de selección.

### La selección sexual

Existe otro tipo de selección llamada selección sexual. Esta depende de individuos de la misma especie implicada y consiste en que generalmente las hembras deciden con cuál macho se aparearán para tener descendencia, el criterio de selección generalmente es la presencia de atributos muy llamativos, por ejemplo, en los pavos reales la presencia de una cola grande colorida y muy llamativa, en otros organismos la talla, la agresividad o el despliegue de rituales de cortejo muy elaborados. El hecho de que estas características hagan que estos individuos sean también muy evidentes para sus depredadores también demuestra que tienen la capacidad para evitarlos y sobrevivir para tener descendencia.



La diferencia de tamaños, ornamentaciones, coloraciones en ambos sexos de una especie es indicio de la selección sexual que ocurre al interior de dicha especie.

Imágenes tomadas de:

[http://images.vefblog.net/vefblog.net/a/n/animalia/photos\\_art/2007/05/animalia117995109812\\_art.jpg](http://images.vefblog.net/vefblog.net/a/n/animalia/photos_art/2007/05/animalia117995109812_art.jpg)

[http://s0.geograph.org.uk/photos/69/28/692846\\_657d5625.jpg](http://s0.geograph.org.uk/photos/69/28/692846_657d5625.jpg)



### **Adaptación biológica**

Es común que utilicemos la palabra adaptación para referirnos a un proceso *plasticidad fenotípica* que muchos conocemos como aclimatación, expuesto por un individuo ya sea humano o de otra especie para acoplarse a ciertas condiciones en su entorno. Sin embargo, cuando hablamos de **adaptación biológica** estamos hablando de un proceso diferente.

Todas las poblaciones están en un ambiente determinado, donde interactúan y modifican, esta interacción es a lo que llaman los ecólogos **nicho ecológico**. En la naturaleza o ambiente pueden estar desocupados si esto ocurre es ocupado por una nueva especie que presente las adaptaciones para ese nicho; también estos nichos son vistos como temporales es decir cambian a través del tiempo ya sea por las condiciones físicas o por la misma interacción de los individuos de las diferentes poblaciones que conforman un ecosistema, modificándolo por ejemplo; el crecimiento de una población de árboles, ellos con el crecimiento de sus raíces modifican la estructura del suelo, con la toma de minerales y agua modifican su composición, así como la descomposición de sus partes en cierto periodo de tiempo modifican la composición química del suelo.

**La adaptación biológica es el resultado de la selección natural** y en este proceso natural no tiene nada que ver la voluntad del individuo. Como ya vimos para que haya cambios en las características de un individuo, es decir, en su fenotipo, primero deberán darse los cambios en su genotipo, o sea en sus genes, a través del entrecruzamiento o mutaciones, o sea, desde los gametos, que se unirán para dar como resultado a ese individuo. Luego esas nuevas características o combinaciones de características resultantes en el individuo estarán sujetas a las fuerzas evolutivas del ambiente, principalmente, como ya también vimos, a la selección natural.

La variabilidad, que es la materia prima principal de la selección natural puede operar en diferentes aspectos de los seres vivos. Cuando los nuevos rasgos de una característica resultan favorables para la supervivencia y la capacidad reproductiva de un grupo de organismos ya estamos hablando de una adaptación. Pero esos nuevos rasgos o adaptaciones pueden tener diferentes alcances y expresiones, por ejemplo, en el funcionamiento, en el aspecto o en el comportamiento del organismo en cuestión. Por ello, en términos generales, podemos distinguir diferentes tipos de adaptación biológica: Aquellos organismos cuyas características son compatibles con las condiciones y los requerimientos del ambiente son los que sobreviven y tienen descendencia Entendiendo que su ambiente está conformado por factores físicos, químicos y biológicos, incluyendo como factor biológico la misma población que origina a dichos organismos.

**Tipos de adaptación: morfológica, fisiológica y conductual o etológica.**

**anatómica o estructural**

**Adaptación morfológica.** Se refiere a todas las estructuras presentes en los organismos que les posibilitan la sobrevivencia en un ambiente específico; por ejemplo, las escamas de los peces y reptiles, las alas en las aves, el pelo en los mamíferos; todas estas características responden a una condición ambiental y son producto de un largo proceso evolutivo.

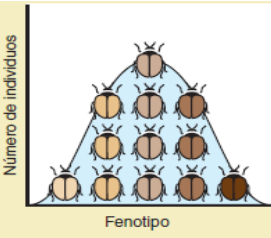
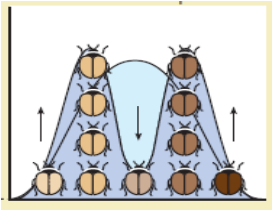
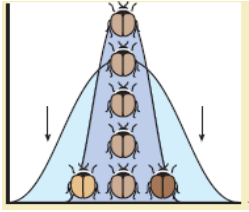
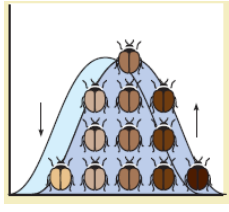
**Adaptación fisiológica.** Son todas las características de funcionamiento de las estructuras a los organismos, en general en el grupo de mamíferos tienen sus aparatos y sistemas similares, pero a la hora de su funcionamiento hay diferencias importantes, estas son las adaptaciones fisiológicas. Por ejemplo, el grupo de mamíferos rumiantes tienen dientes y estomago especializado para la digestión; diferente a la de los humanos y esto es debido a la dieta que tiene una y otra especie.

**Adaptación etológica.** Son todos los comportamientos que presentan las especies y los individuos que las presentan para las diferentes actividades que desarrollan, por ejemplo, el comportamiento de las águilas cara-cara o quiebra huesos; que para obtener la médula de los huesos los deja caer desde una gran altura. otro comportamiento es la elaboración de nidos en aves o madrigueras en mamíferos para la protección de los críos.

**Actividades de aprendizaje**

**Actividad 1. Modos de Selección**

**Instrucciones:** Identifica y escribe debajo de cada imagen los diferentes modos de selección natural: normalizadora, direccional o disociadora y explica brevemente cada uno de ellos.

<p><b>Sin selección</b></p> 			
<p>Población original que muestra variabilidad genética</p>	<p>Tipo de selección:</p>	<p>Tipo de selección:</p>	<p>Tipo de selección:</p>

Tomado de Solomon, Berg y Martín 2013.

## Actividad 2. Adaptaciones morfológicas, fisiológicas y conductuales

**Instrucciones:** escribe dentro de cada paréntesis el tipo de adaptación al que se refiere, esto es, morfológica (M: pérdida o ganancia de órganos, mimetismo y camuflaje), fisiológica (F: metabolismo, homeotermo, poiquilotermo, cambio para resolver un problema del ambiente) o conductual (C: cortejo, migración y conductual), que presenta el siguiente sistema biológico.

A) La jirafa tiene una lengua extralarga puede ser de hasta 18 pulgadas (aproximadamente de 45.72 centímetros), es resistente, lo cual le ayuda para quebrar gruesas espinas, es manejable, la usa para limpiarse las orejas y poder oír mejor. Y aunque es negra, larga, fuerte, resistente y manejable, jamás mete en líos a su dueña, porque la jirafa es muda, debido a que carece de cuerdas vocales ( ). Los labios, la lengua y el interior de la boca son cubiertos de papilas que dan protección contra las espinas. El labio superior también es prensil y es utilizado durante la recolección de follaje ( ).

Para protegerse contra las tormentas de arena y las hormigas, puede cerrar sus orificios nasales musculares ( ). Su corazón, puede pesar más de 11 kg y mide aproximadamente 61 cm de largo, debe generar aproximadamente el doble de la presión sanguínea requerida para un ser humano para mantener el flujo de sangre al cerebro ( ). El pelaje puede servir como una defensa química, dado que los repelentes de parásitos que contiene dan al animal un olor característico. El pelaje contiene por lo menos 11 productos químicos aromáticos, aunque indol y 3-metilindol son responsables de la mayor parte del olor ( ). Los machos tienen un olor más fuerte que las hembras, es posible que el olor también tenga una función sexual ( ).

Tomado de Reino Animalia Wiki, s.f. <https://reinoanimalia.fandom.com/es/wiki/Jirafa>

B) Las ballenas **son animales de sangre caliente**, a diferencia de los peces, que son de sangre fría. Si bien tienen pelo en su superficie, este es muy fino. La función de aislamiento térmico la cumple la considerable capa de grasa que tienen por debajo de la piel, que mantiene su temperatura corporal en una media de 36 grados ( ).

En promedio las ballenas **miden entre 15 y 17 metros y pesan entre 50 y 80 toneladas**. La ballena azul, sin embargo, puede llegar a medir 30 metros y a superar las 170 toneladas. La ballena azul es la de mayor tamaño, el cachalote enano es el de menor tamaño. Generalmente las ballenas hembra son algo más grandes que las ballenas macho ( ). Suelen estar preparadas para la reproducción cuando alcanzan una longitud entre 13 y 16 metros, más o menos una edad de 3-4 años, viven en pareja o en pequeños grupos de cuatro ( ), aunque también existen ballenas solitarias, y su apareamiento se hace posible en mares templados o cálidos ( ).

El apareamiento puede darse en cualquier estación, pero la más habitual suele ser la de verano ( ). Los científicos están de acuerdo que antes del acto de copular, las ballenas tienen un cierto juego previo que consiste en roces cada vez más fuertes. Las ballenas no tienen sentido del olfato, así que el macho no puede oler a la hembra cuando está en celo, sino que será esta la que se lo haga saber al macho ( )

El apareamiento de las ballenas interviene una hembra y hasta media docena de machos. Generalmente ella, por una cuestión de miedo, se rehúsa a ser copulada, colocándose con el vientre hacia arriba. Cuando esto sucede, un par de machos tratan de darle vuelta con sus propios cuerpos para que alguno del grupo pueda lograr finalmente la cópula, el cortejo muchas veces dura horas, es factible que todos los machos logren el objetivo ( ).

Tomado de Enciclopedia Humanidades, s.f. <https://www.caracteristicas.co/ballenas/#ixzz6Bcjt600>

## Autoevaluación

**Instrucciones.** Lee con atención las siguientes preguntas y elige las respuestas correctas.

1. Selección que elimina a los fenotipos intermedios y los fenotipos de los extremos son los seleccionados positivamente:

- A) Direccional
- B) Disruptiva
- C) Normalizadora
- D) Sexual

2. ¿Cuál es la unidad de la selección natural? y ¿Cuál es la unidad de la evolución?

- A) Individuo - población
- B) Población - individuo
- C) Comunidad - individuo
- D) Individuo - comunidad

3. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es correcta? La adaptación es:

- A) Al igual que la selección natural, la mutación, la recombinación y el flujo génico ejemplo de fuerzas evolutivas.
- B) Cambio evolutivo como consecuencia del flujo genético.
- C) La capacidad de los sistemas biológicos para ajustarse al ambiente.
- D) Impacto de cualquier factor ambiental que tiende a producir cambio genético sistemático de una generación a la siguiente.

Respuestas: 1:b, 2:a, 3:c.

## Referencias

Enciclopedia Humanidades, s.f. <https://www.caracteristicas.co/ballenas/#ixzz6Bcjt600>

Gould, S. J., & Lewontin, R. (1982). La adaptación biológica. *Paleobiology*, 8(4), 214-223.

¿Qué es la selección natural? de César A. Domínguez, Juan Fornoni y Paula Sosenski, 2009. <https://biblat.unam.mx/es/revista/ciencia-academia-mexicana-de-ciencias/articulo/que-es-la-seleccion-natural-i>

Reino Animalia Wiki, s.f. <https://reinoanimalia.fandom.com/es/wiki/Jirafa>

Solomon, E., Berg, L. y Martin, D. (2013). Biología. Cengage Learning.

Valero Méndez, A. y Jardón Barbolla. L. (2006). ¿Cómo ves?, no. 97 UNAM. <https://www.comoves.unam.mx/assets/revista/97/el-agente-secreto-de-la-evolucion.pdf>

## DERIVA GÉNICA

### Aprendizaje

El alumno:

Identifica la deriva génica como un proceso aleatorio que cambia la frecuencia de alelos en las poblaciones biológicas.

### Conceptos clave

Deriva génica, azar, cuello de botella, efecto fundador, tamaño efectivo de la población, frecuencia alélica.

### Resumen

La **deriva génica** consiste en cambios en las frecuencias génicas debido a que los genes de una generación dada no constituyen una muestra representativa de los genes de la generación anterior, afecta a todos los alelos de los genes presentes en la población y se debe a procesos azarosos, la deriva genética se produce en cualquier alelo o rasgo fenotípico con base genética, es más evidente en poblaciones pequeñas, y a menudo conlleva la fijación o pérdida de alelos; reduciendo la cantidad de variación genética dentro de las poblaciones. Hay dos tipos de fenómenos que afectan la frecuencia de los alelos, el efecto cuello de botella y el efecto fundador.

### Desarrollo de los contenidos

La deriva genética es el segundo de las fuerzas o mecanismo evolutivos, se define como el *conjunto de cambios intergeneracionales en la composición genética de una población que se deben única y exclusivamente al azar*. La deriva genética tiene cierta similitud con el proceso estadístico de carácter más general conocido como error de muestreo. El error de muestreo se produce cuando al seleccionar aleatoriamente un subconjunto de individuos en una población, la frecuencia de los distintos tipos de individuos seleccionados es distinta a la frecuencia con la que estos tipos se dan en la población original.

Un ejemplo de error de muestreo puede darse en aquellas ocasiones en las que los ejemplares que contribuyen a la reproducción de la siguiente generación constituyen un subconjunto aleatorio y no representativo del total de la población. Este fenómeno

ocurre siempre que la población no sea infinita y todos los individuos puedan ser parejas potenciales del resto de individuos.

La deriva genética se produce en cualquier alelo o rasgo fenotípico con base genética, el cambio de la frecuencia es más rápida en las poblaciones pequeñas, y a menudo conlleva la fijación o pérdida de alelos. Esto último, a su vez, reduce la cantidad de variación genética dentro de las poblaciones y tiende a aumentarla entre poblaciones de una misma especie. La deriva promueve el cambio azaroso en la composición genética de las poblaciones. Por otro lado, una segunda característica de la deriva genética es que su efecto tiende a ser mayor cuanto más pequeña es la población sobre la que actúa, Una tercera característica de la deriva genética, que además también se puede apreciar claramente empleando las simulaciones por ordenador, es que este mecanismo tiende a promover la fijación o pérdida de alelos.



Figura 1.  
Población de morsas

Nota. Putulik, J. (2022) Donde se muestra una población de morsas, no todos se reproducen. <https://goo.su/UWaBVs> CC BY

solo algunos miembros de ellos son los que pasarán sus alelos a la siguiente generación al azar.

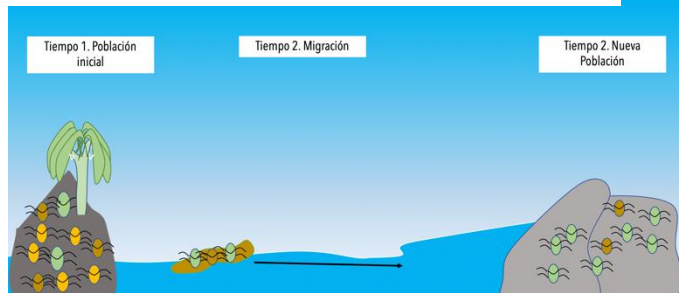
En la naturaleza, la deriva genética ocurre espontáneamente en cada generación, entre los motivos de esto está que no todos los miembros de una población se reproducen por igual, aunque todos ellos estén perfectamente adaptados; por ejemplo, en algunas especies hay jerarquía reproductiva como en lobos, leones o morsas (figura 1), donde del total de la población

Tamaño efectivo de la población ( $N_e$ ): es equivalente al número de progenitores que contribuyen con gametos a la

De modo análogo, no todos los alelos de un individuo forman parte del gameto que conseguirá dar lugar a un cigoto, debido a la segregación al azar que se lleva a cabo en la meiosis. Todos estos procesos ordinarios, en conjunto, provocan la deriva genética. En cualquier caso, hay ciertos eventos más o menos extraordinarios que pueden potenciar su ocurrencia, o contribuir a que sus efectos sobre la composición genética de las poblaciones sean más dramáticos. Entre estos eventos destacan los efectos fundadores y los cuellos de botella.

Se conoce por **efecto fundador** al proceso que resulta del desplazamiento de un pequeño grupo de organismos desde su región habitual hasta otra en la cual no existen miembros de su especie. El grupo que se desplaza puede no ser representativo de la población de origen en lo que se

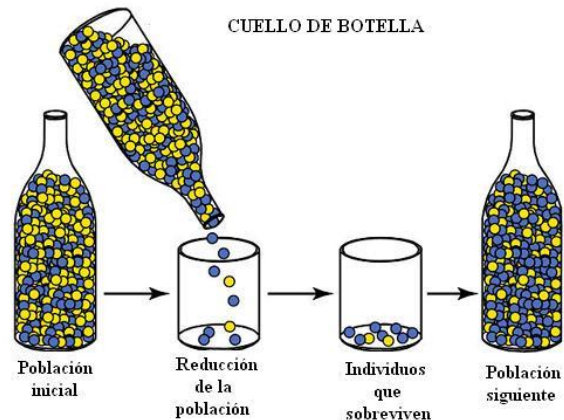
Figura 2.  
Representación deriva génica: cuello de botella



*Nota.* Aguilar, L. (2023) [imagen] Donde se muestra un ejemplo hipotético de un grupo de individuos que funda una nueva colonia. CC BY 4.0

refiere a su composición genética, lo cual hace que la nueva población que funden los miembros desplazados sea distinta a la de partida por motivos exclusivamente azarosos como se puede observar en la representación de la figura 2. Al igual que sucede con la deriva genética que se produce en circunstancias ordinarias, cuanto menor sea el tamaño del grupo involucrado en un efecto fundador, mayor será el impacto de la deriva; esto se dio en la formación del hombre americano.

Por su parte, se denomina **cuello de botella** al efecto que causa sobre la composición genética de la población algún efecto catastrófico que disminuye drásticamente el número de individuos que la conforman y siempre que semejante proceso actúe de forma aleatoria, es decir sin relación con la capacidad adaptativa de los individuos en la población. En estas circunstancias, los organismos que han sobrevivido por azar pasarán sus alelos de forma aleatoria a la siguiente generación. El término “cuello de botella” se emplea como metáfora de este proceso de selección arbitraria, pues el proceso es análogo a si la población estuviese pasando a través del cuello de una botella, más estrecho que el



*Nota.* Anjile (2009) Cuello de botella las canicas representnan los alelos de una característica determinada en la población; en población 1 y población 2

[https://commons.wikimedia.org/wiki/file:Cuello\\_de\\_botella.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/file:Cuello_de_botella.jpg) CC BY 4.0

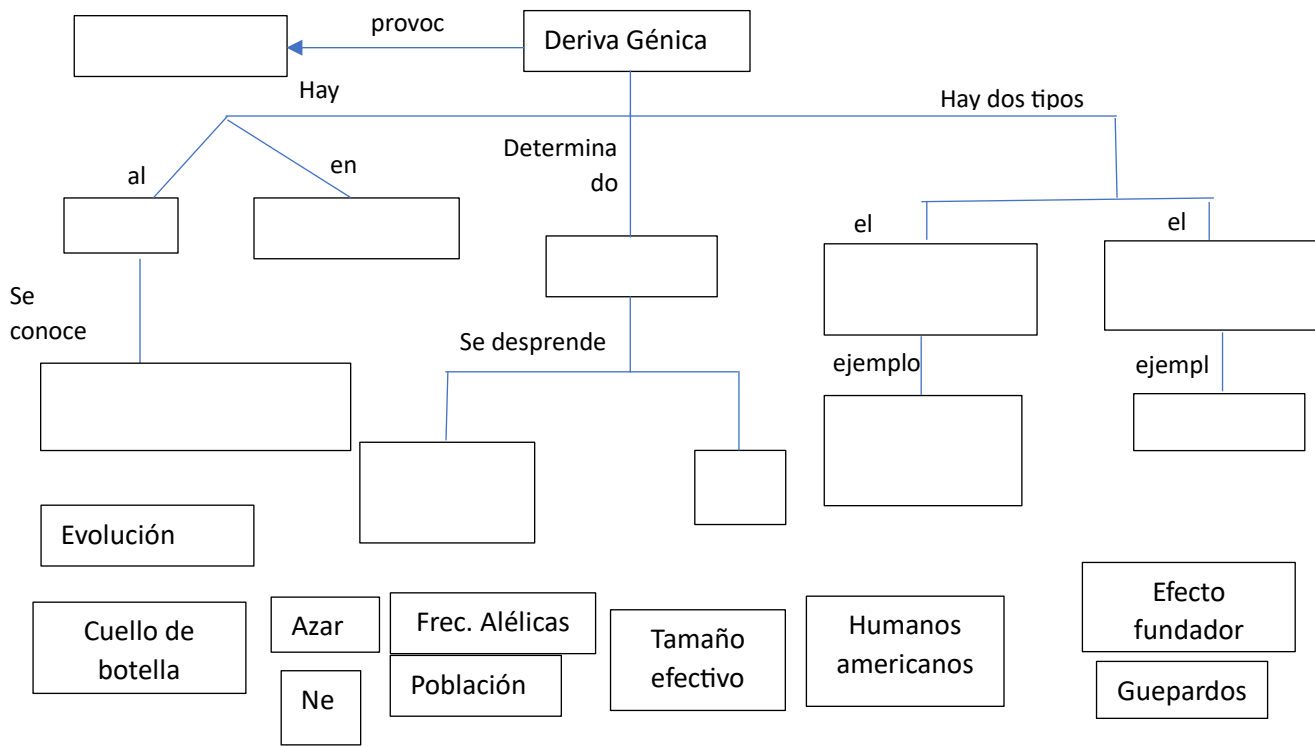


cuerpo de la misma, y que solo permite a unos pocos atravesarlo; muchas especies en crisis como el guepardo atraviesan cuellos de botella, provocados por el hombre.

## Actividades de aprendizaje

### Actividad 1

**Instrucciones:** Completa el siguiente mapa conceptual con la información de la lectura anterior, utiliza los conceptos que abajo se proponen en recuadros.



### Actividad 2

**Instrucciones:** Lee detenidamente el siguiente ejercicio lúdico, para ello requerirá una moneda de preferencia grande (\$5.00, o \$10.00) para que sea más fácil realizarlo.

#### Resolveremos el siguiente problema hipotético

A partir de una población completamente aislada formada solamente por dos ranas adultas, un macho y una hembra, que han sido transportadas por una rama hasta un pequeño estanque en el que no hay más individuos de su especie.

- Ellas presentan un gen bialélico neutro  $P$  cuyos alelos son  $P$  y  $p$ .
- Ambos individuos son heterocigotos para dicho gen, ( $Pp$ ).

- Esto hace que la frecuencia de cada alelo en la población de ranas sea de 0.5.
- Producen gametos haploides, cada gameto contienen o uno u otro alelo,  $P$  o  $p$ , (50% de gametos con el alelo  $P$ , 50% con el alelo  $p$ ).

**Las características de deriva genética:** Supongamos a continuación, que ambas ranas se reproducen y tienen un total de 5 descendientes. Asumiendo que ambos alelos ( $P$  y  $p$ ) tienen un efecto neutro sobre la eficacia biológica, ¿qué frecuencia de alelos  $P$  y  $p$  tendrá la población descendiente? Dado que, debido a su carácter neutro, ninguno de los alelos del gen  $P$  será premiado o perjudicado por la selección natural, la respuesta a esta pregunta dependerá de qué gametos concretos se combinen durante la formación de los cigotos, algo que será obra exclusiva del azar.

**El modelo:** Para simular el aspecto azaroso, lanzará una moneda; donde águila será ( $P$ ) y sol será ( $p$ ) de tal manera que para formar el par de alelos para cada descendiente lanzará dos veces la moneda (óvulo/espermatozoide), colocando lo obtenido en la siguiente tabla.

Descendiente	Gameto masculino	Gameto femenino	Genotipo
1			
2			
3			
4			
5			

¿Qué alelo fue más frecuente?

¿Cuál menos frecuente?

¿Cuántos homocigotos dominantes/recesivos obtuviste?

¿Cuántos heterocigotos?

¿Cambio la frecuencia de los padres a los hijos de los alelos para el gen  $P$ ?

¿Qué tipo de evento de la deriva génica explica este ejercicio?

### Actividad 3

**Instrucciones:** Lee los siguientes casos de deriva génica y determina a que categoría corresponde cuello de botella o efecto fundador; colocando en la línea al final del ejemplo la categoría.

#### Caso 1

Los elefantes marinos del norte tienen poca variabilidad genética, probablemente, por una disminución del tamaño poblacional debido a la caza excesiva por cazadores en la década de 1880; lo que hizo disminuir el censo poblacional hasta tan sólo 20 individuos a finales del siglo XIX. Desde entonces, su población ha «rebotado» hasta más de 30 000, pero sus genes todavía llevan las señales de esa disminución de individuos: su variabilidad genética es mucho menor que la de una población de elefantes marinos del sur que no sufrió una caza tan intensa.

---

#### Caso 2

La población afrikáner de colonos holandeses de Sudáfrica desciende principalmente de unos pocos colonos. En la actualidad, en la población afrikáner existe una frecuencia excepcionalmente alta del gen que causa el corea de Huntington debido a que aquellos colonos holandeses eran portadores de ese gen con una frecuencia excepcionalmente alta. Este fenómeno es fácil de reconocer en las enfermedades genéticas.

---

#### Caso 3

El guepardo (*Acinonyx jubatus*) durante las glaciaciones del Pleistoceno, estaban mucho más diversificados y eran más abundantes, tanto que su área de distribución abarcaba toda África, gran parte de Eurasia e incluso América del Norte. De entre las distintas especies de guepardos que existieron en el Plio-Pleistoceno, la que dio lugar al guepardo actual fue *Acinonyx pardinensis*, un animal de gran tamaño, más robusto, pero menos veloz que el actual, disperso por África, sur de Europa y Oriente Medio. Con la llegada de los hielos, gran parte del hemisferio norte se congeló o pasó a un clima frío (taiga, tundra, estepa), mientras que en las regiones tropicales, la falta de agua retenida en los glaciares polares provocó un clima más seco. Como consecuencia, la mayor parte de los

guepardos se extinguieron y solo quedaron unos pocos miles de *A. pardinensis* (o quizá, solo unos cientos) en Oriente Próximo y parte de África, mucho más delgados y estilizados (consumiendo así menos recursos) y veloces. Habían perdido rápidamente muchos caracteres hasta entonces normales, que fueron sustituidos por otros *raros* (delgadez, tamaño pequeño, mayor velocidad). En la actualidad, la nueva especie resultante, *Acinonyx jubatus*, es uno de los mamíferos con menor diversidad génica, hasta el punto de que los individuos de esta especie son fácilmente contagiados de enfermedades que pueden ser mortales, por otros que pueden hacer frente a la enfermedad.

---

#### Caso 4

A comienzos del siglo XIX, un poco más de una decena de individuos provenientes de Inglaterra se trasladaron a una isla ubicada en el océano Atlántico. Este grupo de personas inició su vida en la isla, donde se reprodujeron y originaron una nueva población. Se especula que uno de estos individuos iniciales portaba el alelo recesivo para una condición que afecta la visión, llamada retinitis pigmentaria. En 1960, cuando la población ya había alcanzado un número mucho mayor de integrantes –240 descendientes– cuatro de estos sufrían de la condición antes mencionada. Esta proporción es unas 10 veces mayor que la población que les dio origen a los fundadores.

---

### Autoevaluación

**Instrucciones.** Lee con atención las siguientes preguntas y elige las respuestas correctas.

1. ( ) La deriva genética el efecto en las poblaciones es \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_ entre poblaciones es:

- a) Aumenta la diferencia genética entre poblaciones de una especie **y** disminuye la variabilidad genética entre individuos de la población
- b) Disminuye la diferencia genética entre poblaciones de una especie **y** aumenta la variabilidad entre individuos de la población
- c) Aumenta la variabilidad tanto entre poblaciones de una especie, así como entre individuos de una población

d) disminuye la variabilidad entre poblaciones de la misma especie y entre individuos de la misma especie

2. ( ) La principal característica de la deriva genética es:

- a) Un proceso azaroso
- b) Provoca diversidad
- c) La adaptación
- d) Provoca extinción

3. ( ) El  $N_e$  es:

- a) Número efectivo de individuos de la población
- b) Número efectivo de parejas de la población
- c) Número total de poblaciones de una especie
- d) Número efectivo de individuos que se reproducen en una población

4. ( ) Las frecuencias de los alelos de un gen en la deriva genética:

- a) No cambian a través de las generaciones
- b) Se comportan azarosamente a través de las generaciones
- c) Una de ellas se vuelve frecuente, mientras que su contraparte se pierde
- d) Se pueden perder a lo largo de muchas generaciones

5. ( ) La diferencia entre el cuello de botella y efecto fundador es:

- a) El cuello de botella es cuando migran al azar individuos de una población y los de efecto fundador no, aquí hay un descenso de individuos
- b) No hay diferencia entre ambos procesos
- c) El efecto fundador se da en poblaciones cercanas y el cuello de botella en poblaciones lejanas
- d) En el efecto fundador es cuando migran al azar individuos de una población y el cuello de botella hay un descenso al azar de individuos de una generación a otra de una población

## Referencias

Borrás, J., Megías, M., Rolan, E., (04-08-2022. 20:01) Deriva genética **Evolución**  
<http://evolucion.webs7.uvigo.es/3-Teoria/3-deriva.php?tema=>

(s/a) (2022) Deriva genética. Evolution 101 Understading evolution

<https://evolution.berkeley.edu/el-error-de-muestreo-y-la-evolucion/>

(s/a) (Agosto, 2021) *Deriva genética* Labster Theory Pages

<https://theory.labster.com/genetic-drift-es/>

## TEMA II. ESPECIE Y ESPECIACIÓN

### CONCEPTO DE ESPECIE

#### Aprendizaje

El alumno:

Compara el concepto de especie biológica, taxonómica y filogenética, como base del estudio de la biodiversidad.

#### Conceptos clave

Especie, flujo génico, variabilidad génica, ancestro común, acervo genético, aislamiento reproductivo.

#### Resumen

Para el estudio de la biodiversidad, como en toda investigación es necesaria una unidad de estudio. Según Edward Wilson la biodiversidad real sería la diversidad genética y, por lo tanto, su unidad sería el gen, ya que éste representa la unidad de la selección natural, es decir, de la evolución. Sin embargo, averiguar la biodiversidad genética hoy en día es casi imposible, dado que los estudios moleculares son muy especializados, costosos, y su interpretación es una tarea a veces larga y complicada. Es por ello que no pueden ser llevados a cabo de manera rutinaria y práctica.

La unidad por excelencia, la más empleada por ser práctica y sencilla para determinar la biodiversidad es la especie. Tal es así, que a menudo se asocia biodiversidad con el número de especies en una región determinada. Sin embargo, la especie no se puede reconocer de igual manera en todos los sistemas biológicos, y esto ha dado lugar a diferentes definiciones que no siempre explicitan los criterios operativos para su diagnóstico (Diéguez-Uribeondo, s. f.).

#### Desarrollo de los contenidos

##### Especie

La palabra **especie** proviene del latín **species** que significa “*apariencia*”, sin embargo, esta definición en su contexto original era utilizado para referirse a una gran variedad de cosas, desde objetos inanimados como los átomos o los minerales hasta sistemas biológicos, como el humano o los elefantes.

Todos los sistemas biológicos conocidos tienen asignados un nombre científico, esta práctica fue introducida por Carl Von Linneo, naturalista sueco que desarrolló el sistema binomial de nomenclatura por medio del cual se asignan dichos nombres a las especies.

Pero... ¿Cómo sabemos que dos organismos pertenecen a una misma especie? y, ¿Cómo diferenciamos a dos especies que tienen un gran parecido entre sí como especies separadas?

La respuesta a las preguntas anteriores no es sencilla, ya que no todos los biólogos usan y aceptan los mismos criterios para definir a la especie, incluso, para algunos de ellos, la especie no es un concepto real, ya que consideran que en la naturaleza sólo existen individuos y que las especies son abstracciones creadas por el hombre. Por tales motivos, se pueden tener diferentes definiciones de especie de acuerdo con la especialidad del que la define, y así tenemos; El concepto de especie tipológica, que usa definiciones numéricas o matemáticas y en el cual sólo se considera a la morfología de los organismos. El biológico, que se basa en el aislamiento reproductivo entre individuos y poblaciones. El taxonómico, basado en las semejanzas por comunidad de origen. El evolutivo, que ve a las especies como linajes en relaciones de ancestría-descendencia. A continuación, abordaremos los conceptos biológico, taxonómico y filogenético que son los que se encuentran indicados en el Programa de Estudio (Wiki CCH, s.f.).

### **Especie Biológica**

Ernst Mayr, en 1940 dio un concepto de especie biológica útil, el cual es aceptado por la mayoría de los biólogos y se define de la siguiente manera:

“Las especies son grupos de poblaciones naturales, que se cruzan real o potencialmente entre sí, que tienen descendencia fértil y que están aisladas reproductivamente de otros grupos semejantes”. No importa qué tan grande sea el parecido o la variación fenotípica individual, ya sea morfológica, conductual o fisiológica, si ésta permite el cruzamiento, y sus descendientes son fértiles, entonces son de la misma especie, ya que comparten un mismo acervo genético (Biocurso UNAM, 2020).

De esta manera sabemos que el jaguar y el ocelote son de especies diferentes ya no se reproducen por procesos naturales o no dejan descendencia fértil, de la misma manera sabemos que el burro y la yegua son especies diferentes ya que, aunque se llegan a reproducir su descendencia (la mula) no es fértil. Sin embargo, el concepto de especie biológica tiene al menos dos limitaciones importantes.



La primera es que, puesto que se basa en patrones de reproducción sexual, no ayuda a discernir las fronteras entre especies en los organismos que se reproducen asexualmente.

La segunda, es que no siempre resulta práctico, ni siquiera posible, observar directamente si los miembros de dos grupos diferentes se cruzan. Por consiguiente, un biólogo que quiera determinar si un grupo de organismos constituye una sola especie, a menudo tiene que hacer la determinación sin saber a ciencia cierta si los miembros de un grupo se cruzan con organismos externos al grupo.

A pesar de las limitaciones del concepto de especie biológica, es aceptado por la mayoría de los biólogos porque les permite identificar especies de organismos que se reproducen sexualmente.

No obstante, los científicos estudiosos de las bacterias y otros organismos, cuya reproducción es en su mayor parte asexual, deben usar otras definiciones. Pero incluso existen algunos biólogos, que investigan a los organismos que se reproducen sexualmente, que eligen definiciones de especie que no dependan de una propiedad (como el aislamiento reproductivo) cuya medición puede ser complicada.

### **Especie Taxonómica.**

En Taxonomía, la especie es una categoría en la cual se puede ubicar a un organismo de acuerdo con criterios rígidos con relación a su estructura y otras características. El término *taxonomía*, del griego *Taxis*, significa *arreglo u ordenamiento*, y es la rama de la Biología que se encarga de la clasificación y agrupación jerárquica de los organismos con base en su morfología y evolución.

En este concepto de especie taxonómica, se considera a la especie como la unidad básica de la clasificación taxonómica, sobre la que descansa la clasificación biológica. Este concepto distingue a las especies bajo el criterio morfológico; es decir, considera como miembros de la misma especie a organismos que compartan características y por tanto son parecidos fenotípicamente, es el más práctico y su ventaja es que se basa en observaciones directas.

Sin embargo, entre sus desventajas encontramos que determina a la especie de manera subjetiva, por ejemplo, organismos no emparentados pero que comparten el mismo ambiente (convergencia evolutiva), por selección natural se parecerían y bajo el concepto taxonómico se tendrían que clasificarían de manera errónea como de la misma especie, por

el contrario, especies donde se presenta un dimorfismo sexual (que machos y hembras no se parecen) el concepto taxonómico estaría indicando de manera errónea que son especies diferentes al no mostrar características en común y por ende, parecido fenotípico. Otra desventaja la encontramos en las especies de microorganismos que por su inaccesibilidad para observar sus caracteres morfológicos han propiciado controversia para clasificarlos (Diéguez-Uribeondo, s.f.).

### **Especie filogenética.**

Este concepto nos dice que una especie es la «punta» de una filogenia, es decir, el conjunto de organismos que comparte un antepasado y que puede distinguirse de otros conjuntos similares. Según esta definición, una especie anillo es una única especie que abarca una gran variabilidad fenotípica.

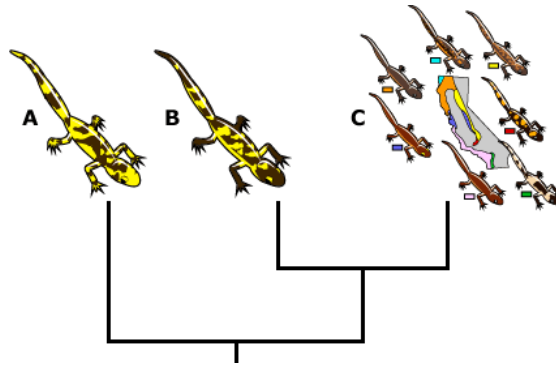


Figura 1. Representación de un árbol filogenético de diferentes salamandras.

En la figura anterior podemos observar que los linajes A y B de la salamandra *Ensatina* son especies diferentes. Cada uno de ellos tiene un antepasado común que no comparten los individuos de otras especies. Incluso aunque se haya diversificado mucho, el linaje C es una única especie según el concepto filogenético de especie. Ninguna de las subespecies del linaje C tiene un sólo antepasado común independiente de las otras especies (Audesirk, 2012).

La elección de un concepto de especie por un investigador a menudo refleja el centro de interés de su investigación. Para tomar esa decisión el científico necesita comprometerse con un concepto de especie. Para la mayoría de los propósitos y para la comunicación con el público general se utiliza el concepto biológico de especie.

## Actividades de aprendizaje

### Actividad 1

**Instrucciones:** A partir del texto anterior, elabora en una hoja aparte un cuadro sinóptico que te ayude a organizar y sintetizar la información.

### Actividad 2.

**Indicaciones:** A continuación, se presenta la descripción de tres casos, analízalos y responde en el espacio correspondiente a qué concepto de especie hace referencia.

1. En el campo se han identificado un grupo de ejemplares que se distinguen por su tamaño, la forma de sus hojas y el color de sus flores, a partir de esto se les asignaron los nombres científicos de: *Viola papilionácea*, *Viola tricolor* y *Viola rostrata*.

**¿Qué concepto de especie utilizaron?** \_\_\_\_\_

2. El espinoso es un pez de agua dulce con un comportamiento reproductivo muy elaborado. En la época de cría, el macho cambia su coloración parda a brillantes colores. Construye un nido y comienza a cortejar a la hembra acercándose y alejándose de ella en zigzag. La hembra, dispuesta para poner óvulos responde mostrando su vientre hinchado. El macho la conduce al nido en forma de túnel, la pellizca, y la hembra en respuesta, deposita sus óvulos y se marcha. El macho fecunda los óvulos y cuida a las crías.

**¿Qué concepto de especie utilizaron?** \_\_\_\_\_

3. Un grupo de investigadores ha mandado una carta al comité de ciencia, solicitando la reclasificación de un grupo de reptiles argumentando que a pesar de su gran diversidad estructural y de comportamientos todos los ejemplares comparten un único ancestro, el cual no es compartido con otros ejemplares de la misma zona, por lo que es conveniente clasificarlos como especies distintas.

**¿Qué concepto de especie utilizaron?** \_\_\_\_\_

Respuestas: caso 1: Especie Taxonómica, caso 2: Especie Biológica, caso 3: Especie Filogenética.

## Autoevaluación

**Indicaciones:** Analiza las siguientes preguntas, así como las opciones de respuesta y selecciona la opción correcta.

1.- ¿Cuál es el criterio para diferenciar entre especies de acuerdo con el concepto de especie biológica?

- A) El parecido morfológico.
- B) El hábitat que ocupan.
- C) El aislamiento reproductivo.
- D) El origen ancestral compartido.

2.- ¿Cuál es el criterio para diferenciar entre especies de acuerdo con el concepto de especie taxonómica?

- A) El parecido morfológico.
- B) El hábitat que ocupan.
- C) El aislamiento reproductivo.
- D) El origen ancestral compartido.

3.- ¿Cuál es el criterio para diferenciar entre especies de acuerdo con el concepto de especie filogenética?

- A) El parecido morfológico.
- B) El hábitat que ocupan.
- C) El aislamiento reproductivo.
- D) El origen ancestral compartido.

4.- ¿Por qué si la yegua y el burro logran reproducirse, no son considerados de la misma especie?

- A) Porque se encuentran en distintos ambientes.
- B) Porque su descendencia no es fértil, lo que impide que formen poblaciones.
- C) Porque el humano es el que los reproduce.
- D) Porque no hay una forma de clasificarlos.

5).- El concepto de \_\_\_\_\_ es la base de la clasificación taxonómica y consta de un grupo de organismos estrechamente relacionados y semejantes entre sí

- A) Especie biológica
- B) Especie taxonómica
- C) Especie Filogenética
- D) Especie fósil

Respuestas: 1C; 2A; 3D; 4B; 5B.

## Referencias

Audesirk, Teresa, Gerald Audesirk y Bruce Byers (2012). *Biología. La vida en la Tierra*. México: Pearson.

Biocurso UNAM (2020). Concepto de Especie biológica y Taxonómica.

Diéguez-Uribeondo, J., García-Valdecasas, A. (s.f.). ¿Qué queremos decir cuando hablamos de Biodiversidad? Biodiversidad. *El mosaico de la vida*. Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología. España. Ministerio de ciencia e innovación.

Tema II. Especie y especiación (s.f.). Wiki CCH. Colegio de Ciencias y Humanidades. México.

## PATRONES DE CAMBIO EVOLUTIVO

### Aprendizaje

El alumno:

Distingue la anagénesis y cladogénesis como patrones de cambio evolutivo.

### Conceptos clave

Anagénesis, clado, cladogénesis, cronoespecies, especiación, estasisgénesis, extinción, grupo, linaje, macroevolución, microevolución.

### Resumen

Se conoce como evolución al conjunto de modificaciones internas o externas que sufren los sistemas vivos a través del tiempo, estos cambios se transmiten de generación en generación. El cambio evolutivo puede ser de naturaleza adaptativa (anagénesis), o diversificadora (cladogénesis), la primera considera el ajuste de los sistemas vivos a las condiciones del medio donde habitan, mientras que la segunda propicia la diversidad (variación) de los sistemas vivos dando como resultado la formación o el origen de nuevas especies.

### Desarrollo de los contenidos

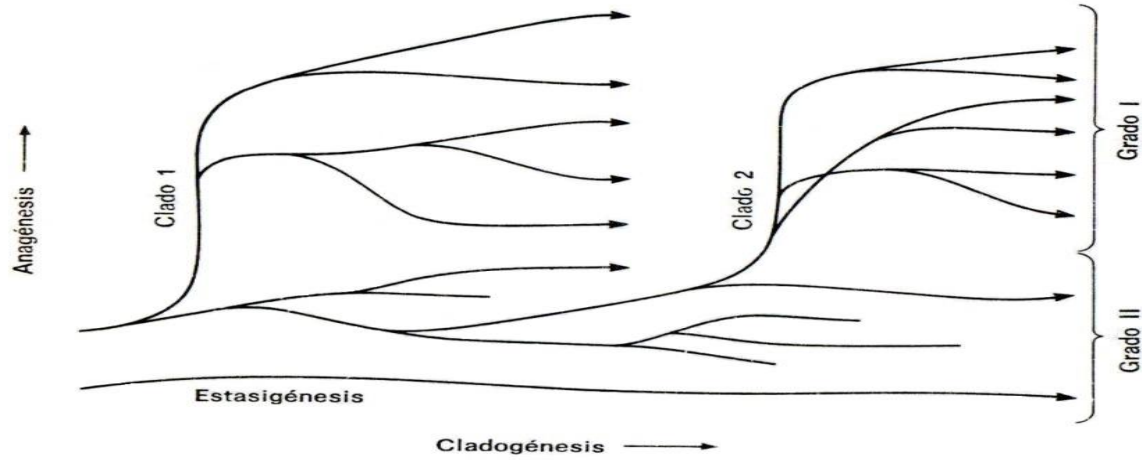
La especiación (aparición de nuevas especies) representa el puente que vincula la microevolución y la macroevolución E. Mayr afirma que las especies se originan de dos maneras:

**I. Anagénesis = Evolución filética = evolución genética** es un proceso evolutivo de transformación lineal de unas formas (especies) en otras durante el tiempo geológico (Moreno, 2010; Fontdevila y Moya, 2015, Gallardo, 2017). Esto es la evolución de un único grupo (linaje) con el paso del tiempo, donde el cambio es gradual y continuo a el nivel macroevolutivo. Al no ser ramificante la anagénesis, no aumenta el número de especies. El linaje ancestral se transforma en otro descendiente de modo que al inicio y al final existe una sola entidad natural donde A se transforma en B (Gallardo 2011).

Rench (1954) propuso el término anagénesis para indicar el avance evolutivo (diversificación) y cladogénesis para indicar ramificación (bifurcación). El término anagénesis se ha aplicado a casi todos los tipos de cambio evolutivo, tanto si dan lugar a un progreso notable o no. Se denomina estasisgénesis si los linajes ni se diversifican ni sufren ningún otro

tipo de cambio, sino que meramente persisten a lo largo del tiempo, (Huxley, 1957) (Dobzhansky, 1980).

Figura 1. Anagénesis, cladogénesis y estasisigénesis



*Nota Relación entre anagénesis (avance o cambio evolutivos), cladogénesis (ramificación de una línea) y estasisigénesis (persistencia evolutiva); entre clados (ramas) y grados (niveles de complejidad funcional o morfológica); y entre monofilia y polifilia (procedentes de una sola o de varias líneas respectivamente). El tiempo se desplaza hacia la derecha y el cambio hacia arriba o hacia abajo. El patrón de ramificación representa la evolución y diversificación de las líneas evolutivas, sufriendo algunos períodos de rápida anagénesis. El grado II ha sido alcanzado dos veces por linajes independientes, habiéndose diversificado cada uno de ellos para formar un clado. Los clados son monofiléticos, pero el grado II es polifilético (Dobzhansky, Ayala, Stebbins y Valentine, 1980).*

Los episodios anagenéticos generalmente crean organismos con caracteres y capacidades funcionales nuevas que superan a las de los antepasados, alcanzado un nuevo grado. El desarrollo de la homeotermia (sangre caliente), creó un nuevo grado. Los grados pueden ser monofiléticos o polifiléticos como en el caso de la homeotermia, que se presenta tanto las aves como los mamíferos. Las ramas resultantes de la diversificación o división de las líneas se denominan clados y han de ser monofiléticas al menos en el sentido amplio del término, figura 1 (Dobzhansky, Ayala, Stebbins y Valentine, 1980).

Evolución producida exclusivamente en el seno de una misma especie, este proceso se puede ser estudiado sin tener en cuenta la existencia de la población original. La anagénesis es producto de la adaptación a medios distintos, bien separados geográfica o ecológicamente. Todos los cambios evolutivos se basan en adaptación diferencial en el seno de las poblaciones (figura 2).

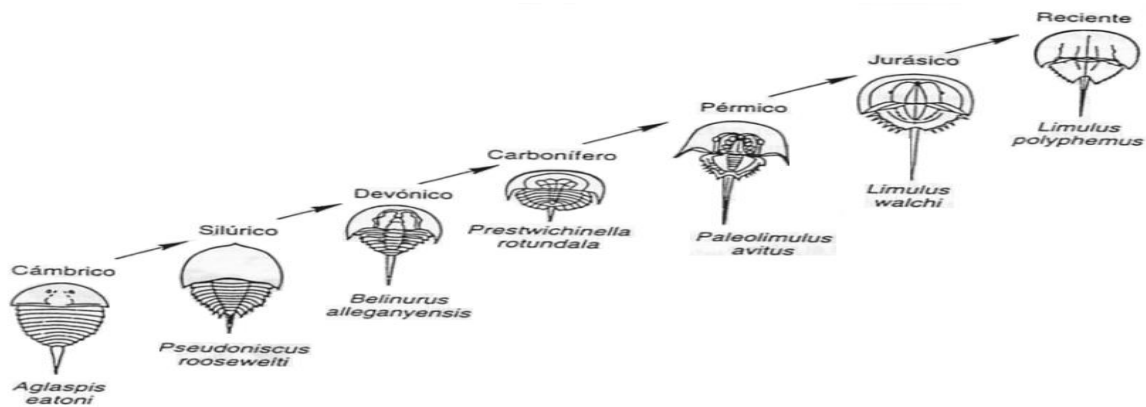


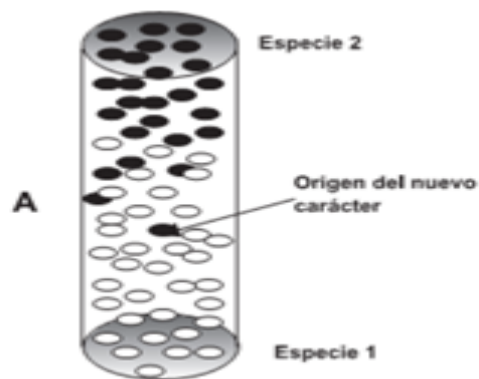
Figura 2. Evolución filética en artrópodos merostomos.

*Nota Evolución filética de merostomos indicando los cambios, relativamente pequeños, que han tenido lugar durante periodos de tiempo prolongados (Modulo IV, 2017).*

El cambio gradual opera de manera constante durante largos periodos, produce un patrón a nivel macroevolutivo que se denomina cambio filético o anagénesis. Bajo la presión de la selección direccional, una especie va acumulando cambios en forma gradual y constante hasta que, finalmente, es tan diferente de sus predecesoras que puede considerarse una nueva especie (figura 3). La anagénesis se debe a los procesos evolutivos como migración, mutación, selección, deriva genética y consanguinidad (endogamia) (Moreno, 2010; Modulo IV, 2017).

Figura 3. Anagénesis

*Nota. Cambio gradual cuando una especie (E1), después de un largo período de tiempo, se transforma en otra especie (E2), es decir, la evolución dentro de una línea evolutiva a lo largo del tiempo (Modulo IV, 2017).*



### Anagénesis

- Transformación de una especie particular en otra especie única.
- Evolución gradual de nuevas especies dentro de un mismo linaje.

Cuando el cambio gradual opera de manera constante durante largos periodos, produce un patrón macroevolutivo que se denomina anagénesis. Bajo la presión de selección direccional, una especie va acumulando cambios en forma gradual y constante hasta que finalmente, están diferente de sus predecesores que puede considerar una nueva especie. Los cambios microevolutivos son los responsables del patrón macroevolutivo resultante. Así,



dentro de una misma rama del árbol evolutivo sigue este patrón de transformación filética, se pueden definir diversos “segmentos” que representan especies sucesivas, las cuales se van reemplazando unas a otras a medida que se acumulan los cambios. En términos paleontológicos, estas especies se denominan cronoespecies (Monero, 2010; Curtis, 2015). Este modelo fue reemplazado por la especiación alopátrica y justifica el uso de la taxonomía cladista.

**II. Cladogénesis o diversificación (bifurcación)** La evolución, es básicamente, diversificación de una rama en dos o más ramas hijas (especies), y a su vez de éstas en sucesivas rondas de ramificación, produciendo un entramado parecido a un árbol, el crecimiento de las ramas es desigual y también el número de ramificaciones de cada linaje (Fontdeviela y Moya, 2015). La división de un linaje en dos o más (especiación), donde las ramas no poseen más genes en común y evolucionan en forma independiente una de la otra, el cambio es discontinuo en el nivel macroevolutivo.

La cladogénesis, es el proceso evolutivo en el cual una línea filogenética se diferencia en dos (dicotómico) o más (politómico) líneas hermanas (especiación y aparición de taxones superiores) que evolucionan independientemente adquiriendo sus propios caracteres derivados o apomorfías (Figura 4); después de la bifurcación el ancestro desaparece y deriva en diferentes linajes donde ocurre la especiación (Mayr, 1981).

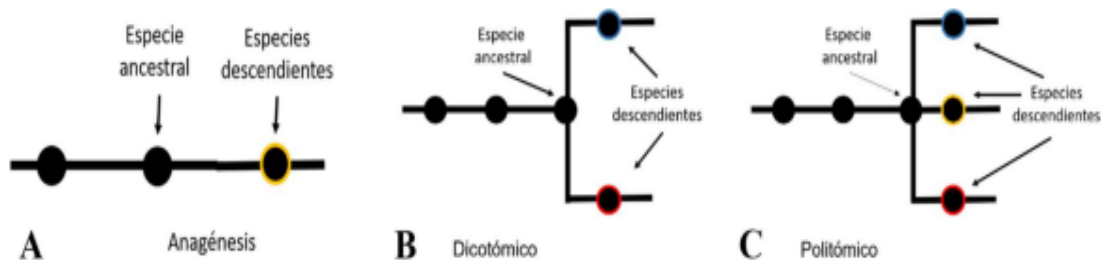


Figura 4. A) Anagénesis o evolución gradual, B) Cladogénesis, proceso dicotómico y C) Cladogénesis, proceso politómico.

[https://www.cch-sur.unam.mx/guias/experimentales/biolog%C3%ADa\\_IV\\_actual.pdf](https://www.cch-sur.unam.mx/guias/experimentales/biolog%C3%ADa_IV_actual.pdf)

La cladogénesis es solo una palabra técnica para expresar la divergencia más o menos irreversible (puede haber hibridación posterior) de dos procesos anagenéticos.

El origen de nuevas especies puede explicarse por la lenta acumulación de diferencias genéticas entre poblaciones que enfrentan distintas condiciones ambientales, lo que las lleva a incorporar diferentes adaptaciones. En algún momento del proceso de divergencia y como resultado de la acumulación de diferencias, las poblaciones pueden quedar aisladas

reproductivamente, de manera que aun en el caso de que el contacto entre ellas se reestableciera, no podrían reproducirse. En este proceso de divergencia que puede conducir al origen de nuevas especies puede observarse en el registro fósil y se representa como el origen de nuevas ramas en el árbol del linaje, este patrón se denomina cladogénesis.

Las especies formadas por cladogénesis son los descendientes contemporáneos de un antecesor común que se diversificó y originó distintas especies (Figura 5). Si el origen de nuevas especies se produjo del modo descrito en el caso del oso polar, el patrón de cambio en el registro fósil debería ser gradual. Cuando una especie origina una o más especies derivadas mediante un proceso de divergencia de poblaciones. En una población aparece una divergencia genética dando lugar a dos o más especies. Una nueva especie se desprende de otra ancestral, esta última, no obstante, no pierde su identidad (Moreno, 2010; Modulo IV, 2017).

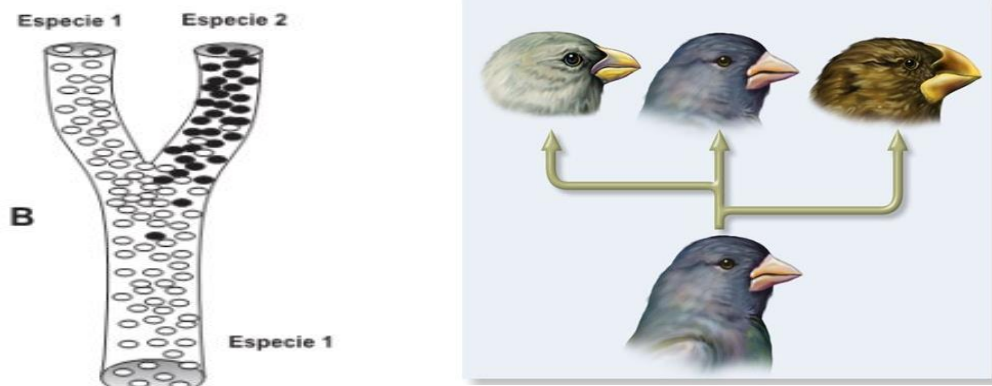


Figura 5. Cladogénesis (Tomado de: Modulo IV, 2017).

**Cladogénesis:** patrón de ramificación en el cual la especie ancestral se ramifica en dos o más nuevas especies. Es un fenómeno que es común que ocasiona ramificación evolutiva y se promueve la diversidad biológica y aumento el número de especies (figura 6). Este patrón de cambio corresponde a la diversificación de los linajes y produce un aumento en el número de taxos mediante especiación (Moreno, 2010; Gallardo, 2011; Modulo IV, 2017).



Figura 6. Anagénesis y cladogénesis. (Tomado de: Moreno,2010; Modulo IV, 2017).

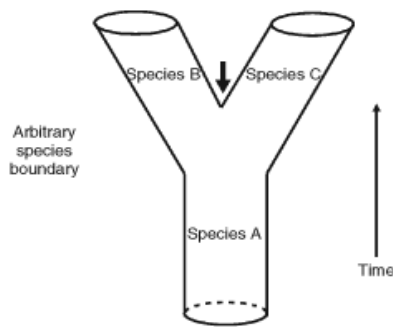
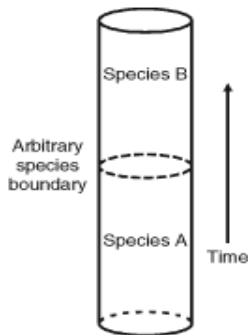
Las diferencias entre procesos evolutivos anagénesis y cladogénesis

Anagénesis	Cladogénesis
Proceso evolutivo de un linaje por otro, sin bifurcar, es decir DIVERGEN.	Proceso evolutivo de una especie, dando lugar a dos o más especies, es decir BIFURCAN.
Evolución dentro del linaje.	Evolución resultante de la bifurcación de un linaje.
Un grupo de genes se modifica en otro grupo de genes.	Un grupo de genes se divide en otros grupos de genes.
No favorece la diversidad biológica.	Promueve la diversidad biológica al incrementar el número de especies

**Actividades de aprendizaje**

**Actividad 1. Anagénesis y cladogénesis**

**Instrucciones:** a) a partir de las siguientes imágenes determina y escribe en el paréntesis una (A) si el proceso evolutivo es una anagénesis o una (C) si es una cladogénesis; b) escribe si se trata de un cambio evolutivo por adaptación o por divergencia.



a) Anagénesis ( ) Cladogénesis ( )

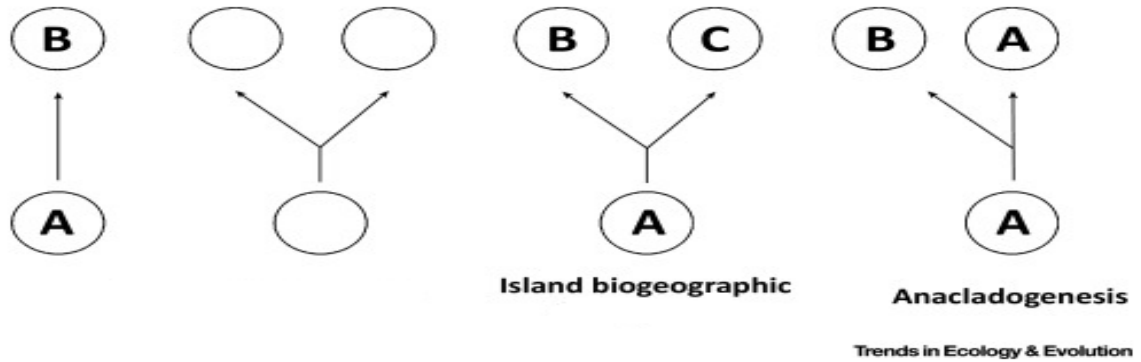
a) Anagénesis ( ) Cladogénesis ( )

b) Cambio evolutivo por:

b) Cambio evolutivo por:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9781118584538.ieba0019>

En esta imagen las letras A, B y C corresponden a especies diferentes, donde A es la especie padre que da origen a B o a C, que son las especies hijas o descendientes.



<https://www.cell.com/cms/attachment/23dc81bd-dc9c-4034-b7a8-3dd61c9c74a2/gr1.jpg>

a) Anagénesis (    ) Cladogénesis (    )

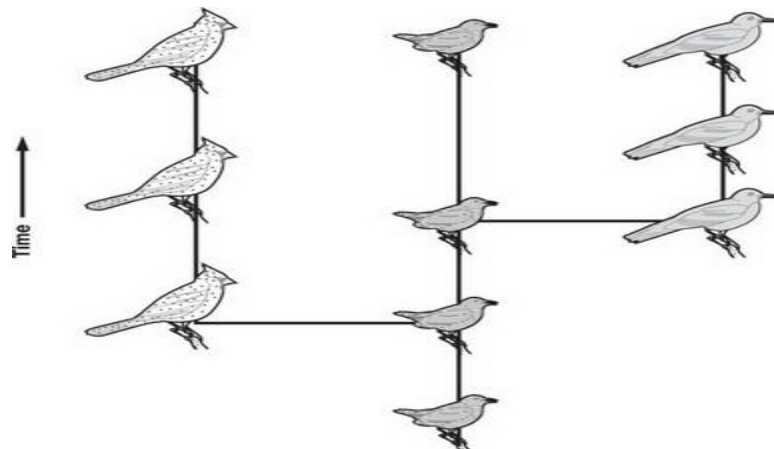
b) Cambio evolutivo por:



<https://www.docsity.com/es/cladistica-zoologia/3919493/>

a) Anagénesis (    ) Cladogénesis (    )

b) Cambio evolutivo por:



<https://img.crackap.com/ap/biology/br5/00224.jpg>

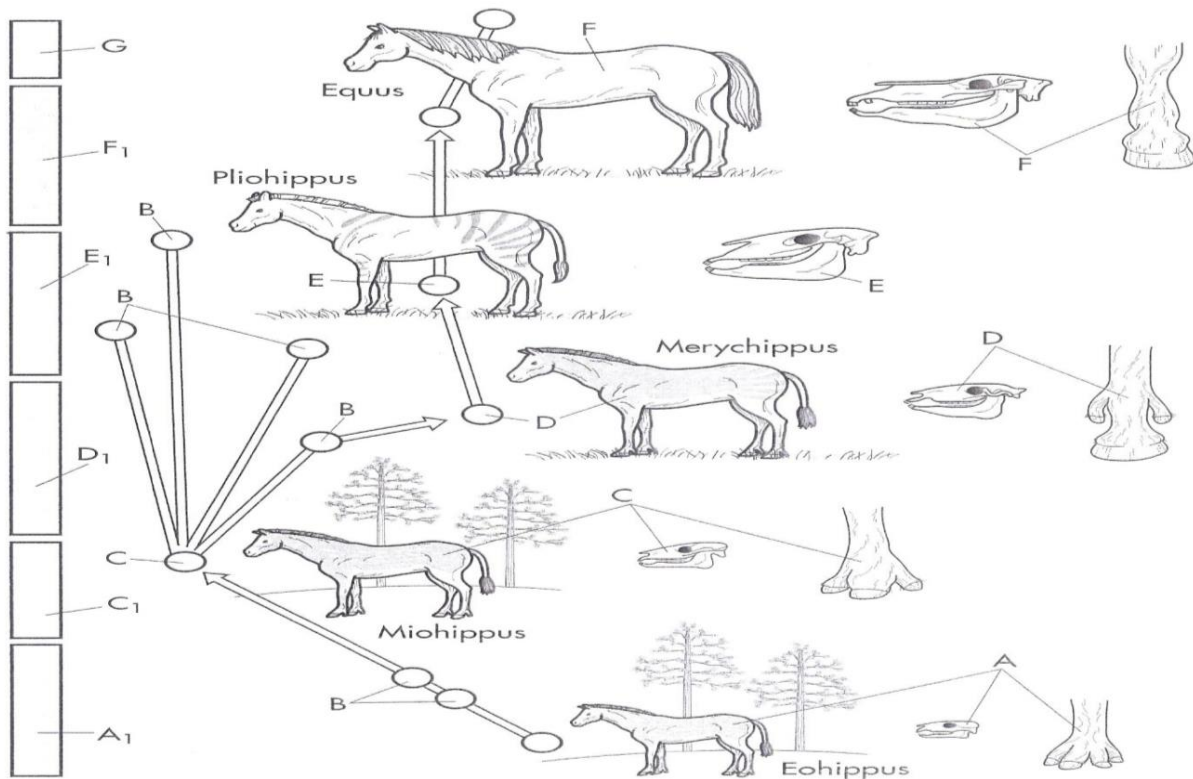
a) Anagénesis (    ) Cladogénesis (    )

b) Cambio evolutivo por:

**Actividad 2. Proceso evolutivo del caballo**

**Instrucciones:** a) a partir de la siguiente imagen determina y escribe en el paréntesis una A si el proceso evolutivo es una anagénesis o una C si es una cladogénesis; b) escribe si se trata de un cambio evolutivo por adaptación o por divergencia.

El significado de las letras utilizadas es: A: Eohippus, A<sub>1</sub>: Época Eoceno, B: Especies parecidas al caballo, C: Miohippus, C<sub>1</sub>: Época Oligoceno, D: Merychippus, D<sub>1</sub>: Época Mioceno, E: Pliohippus, E<sub>1</sub>: Época Plioceno, F: Equus, F<sub>1</sub>: Época Pleistoceno, G: Época reciente.



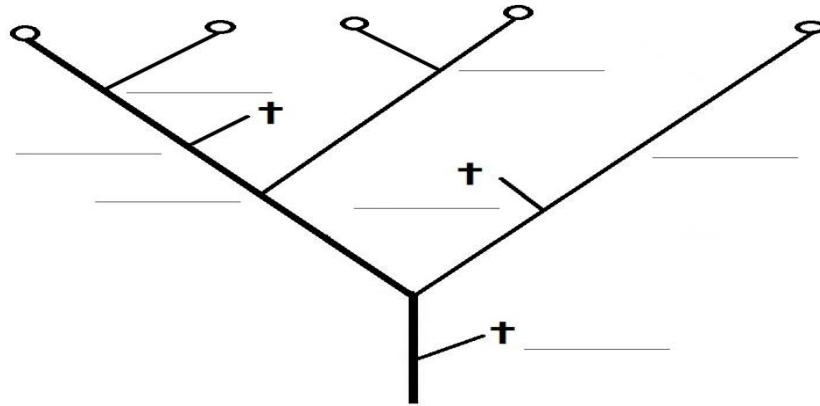
Recuperado de: Alcamo, I. Edward. (1998) *Biology Coloring Workbook*. New York, Randow House, Inc.

a) Anagénesis ( ) Cladogénesis ( )

Cambio evolutivo por:

**Actividad 3. Anagénesis, cladogénesis y extinción**

**Instrucciones:** En el siguiente árbol escribe sobre las líneas los nombres de los tres procesos (anagénesis, cladogénesis y extinción) que están ocurriendo.



### Autoevaluación

1. **Instrucciones:** Relaciona el concepto con su definición

Concepto I. Anagénesis, II. Cladogénesis, III. Estasisigénesis, IV. Especiación  
V. Extinción

Definiciones:

- a) Proceso evolutivo en el cual una línea filogenética se diferencia en dos o más líneas hermanas (especie).
- b) Proceso de aparición de especies en el tiempo.
- c) Proceso de desaparición de especies en el tiempo.
- d) Proceso evolutivo de transformación lineal de unas forma (especie) en otras.
- e) Proceso en donde los linajes ni se diversifican ni sufren ningún otro tipo de cambio.

A) I: b – II: c – III: d – IV: e – V: a.

B) I: d – II: a – III: e – IV: b – V: c.

C) I: a -II: b – III: c – IV: d – V: e.

D) I: e – II: d – III: b – IV: a – V: c

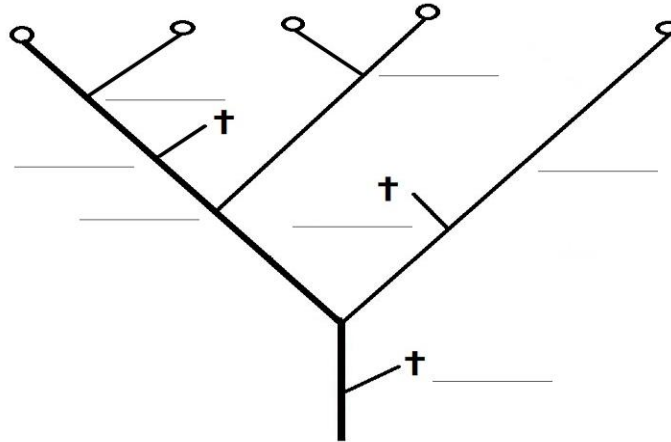
E) I: c – II: e – III: a – IV d – V: b

2. \_\_\_\_\_ Son especies sucesivas, las cuales se van reemplazando unas a otras a medida que se acumulan los cambios.

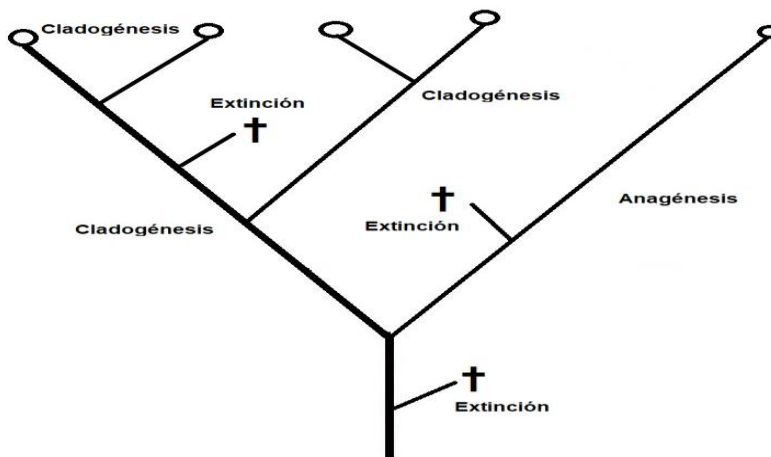
- A) Anagénesis
- B) Cladogénesis
- C) Cronoespecies
- D) Especiación
- E) Extinción

3. En el siguiente árbol escribe sobre las líneas los nombres de los tres procesos (anagénesis, cladogénesis y extinción) que están ocurriendo.

Guía para el examen extraordinario de Biología IV – CCH Oriente



Respuestas: 1 B, 2C, 3.



## Referencias

- Dobzhansky Theodosius; Ayala Francisco J; Stebbins G. Ledyard y Valentine W. James. (1980). *Evolución*. Omega.
- Fontdevila, Antonio y Moya, Andrés. (2015). *Evolución. Origen, adaptación y divergencia de las especies*. Síntesis.
- Moreno, Juan. (2010) Taxonomía adaptativa, esencialismo innato y la falsa dicotomía entre anagénesis y cladogénesis. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/36053199.pdf>
- Modulo IV. (2017) Diversidad y clasificación. Reconstruyendo la historia Evolutiva. Recuperado de: <http://www.fcn.unp.edu.ar/sitio/biologiaevolutiva/wp-content/uploads/2017/03/Unidad-12-2017-PDF.pdf>



## ESPECIACIÓN: CONCEPTOS Y MODELOS

### Aprendizaje

El alumno:

Comprende los modelos de especiación alopátrica, simpátrica e hibridación, que originan la diversidad biológica.

### Conceptos clave

Especiación, barreras reproductivas, barreras precigóticas, barreras postcigóticas, especiación alopátrica, especiación simpátrica, hibridación, diversidad.

### Resumen

La especiación es la formación de especies a partir de especies preexistentes, debido al aislamiento reproductivo provocado por barreras precigóticas o barreras postcigóticas, hay dos modelos para explicar el proceso de especiación, la alopátrica dada principalmente por barreras geográficas y el de especiación simpátrica provocado por barreras ecológicas y/o temporales; cuando los individuos de dos especies cercanas son capaces de reproducirse y dejar descendencia fértil, se produce el fenómeno de hibridación, todos estos procesos influyen directamente en la diversificación de las especies.

### Desarrollo de los contenidos

#### ESPECIACIÓN

**La especiación** es el proceso de formación de nuevas especies por la presencia de barreras reproductivas, estas a su vez, se definen como aquellas características intrínsecas o extrínsecas de los organismos que impiden o minimizan el intercambio de los genes entre organismos de poblaciones distintas. Por lo tanto, cualquier característica que contribuya al aislamiento reproductivo es una causa potencial de especiación. El origen de una especie a partir de una preexistente ocurre a escalas de tiempo muy grandes (cientos o miles de generaciones) a lo largo de las cuales se van acumulando diferencias genotípicas, fenotípicas, sexuales y ecológicas que diferencian a cada especie. Estas diferencias son debido a las fuerzas evolutivas de la selección natural y deriva genética.



Para comprender los procesos de especiación, se han propuesto modelos, donde la especiación ocurre sin que exista una barrera extrínseca se le denomina especiación **simpátrica**. A la evolución de barreras reproductivas en las poblaciones que están separadas por alguna barrera geográfica se le llama especiación **alopátrica**.

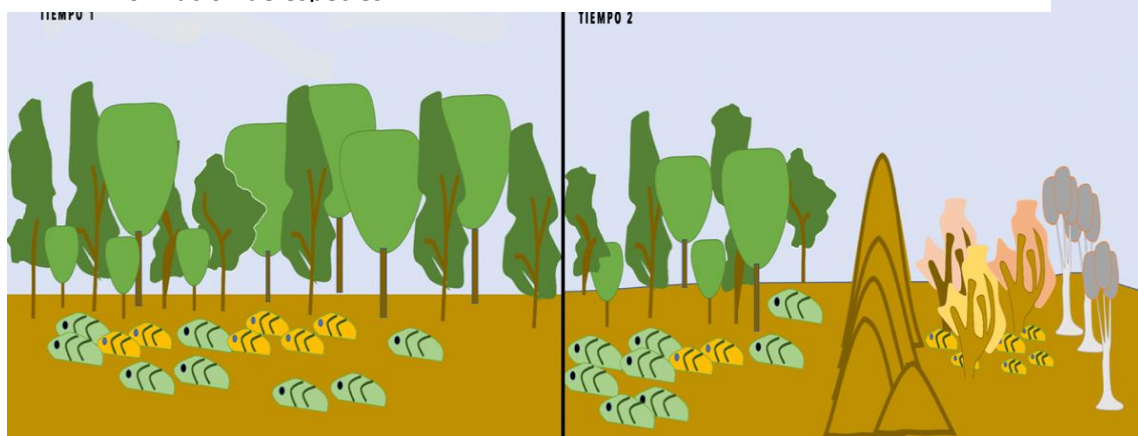
## ESPECIACIÓN ALOPÁTRICA

Este modelo propone que las poblaciones evolucionan independientemente debido a aislamiento físico y asume que el tamaño es suficientemente grande para que la deriva génica no juegue ningún rol importante. El modelo presume que la divergencia genética aparece como resultado de la adaptación a las condiciones ambientales prevalentes. La especiación se inicia con una gran población o una serie de poblaciones distribuidas en un ambiente homogéneo.

En un **segundo** estado, las poblaciones se dispersan e invaden hábitats diferenciados física y bióticamente. Adicionalmente, las poblaciones formadas por los migrantes que llegaron a nuevos ambientes también ayudan a la diferenciación. El proceso da origen a variedades con diferentes requerimientos ecológicos, pero que aún intercambian genes en los bordes de sus distribuciones porque todavía no se han fortalecido los mecanismos de aislamiento reproductivo.

Figura 1.

Formación de especies.



Nota. Aguilar, L. (2023) [imagen] formación de especies (tiempo 2) a partir de una ancestral (tiempo 1) Colección personal CC BY 4.0

En el **tercer** estado, se produce mayor diferencia y la migración produce aislamiento geográfico entre las variedades localmente diferenciadas. En un **cuarto** estado, algunas

subespecies (o variedades geográficas) acumulan diferencias genéticas que las aíslan reproductivamente entre ellas también con el resto de la población original. Los cambios en el ambiente permiten que algunas variantes se diferencien aun más de la población original, y que pueda si ocurre utilizar el ambiente original.

Debido a la diferenciación pasada, las dos especies en contacto explotan el ambiente en forma diferente, pero no pueden intercambiar información genética (reproducción) debido al surgimiento de barreras reproductivas. En esta etapa la selección natural actúa contra la formación de híbridos estériles o mal adaptados, que promoverá el reforzamiento del aislamiento reproductivo y formas nuevas de explotar el ambiente.

### **ESPECIACIÓN SIMPÁTRICA**

Es la segregación de una población original en dos subpoblaciones que ocupan nichos diferentes o un hábitat diferenciado dentro del rango de distribución geográfica de la especie. El modelo requiere un cambio conductual o una predilección fisiológica que produce segregación de las subpoblaciones en distintos hábitats.

Este modelo ha sido una fuente recurrente de controversia debido a que es difícil concebir la aparición de barreras reproductivas en presencia de flujo génico. Por ejemplo, en una población hipotética con dos genotipos, las condiciones para iniciar la especiación deben ser tales que mantengan la diversidad genética en la población. Bajo estas condiciones, la selección natural y el flujo génico no actuarían contra dicho proceso. Por lo tanto, cualquier modelo de especiación simpátrica debe de sobrepasar la limitante de reducir la frecuencia de los genotipos intermedios que actúan como hilos conductores para el intercambio génico poblacional.

La especiación simpátrica, como agente diversificador se produce en áreas donde las poblaciones intercambian genes. Pero como las poblaciones diferenciadas no deberían realizar esos intercambios, el fenómeno se ha considerado poco probable y con escasa representatividad biótica. Este tipo de especiación puede darse por poliploidía, aunque en casos de diseminación gamética anemófila o acuática los progenitores pudieran encontrarse en alopatria. Un ejemplo de lo anterior son los peces cíclidos, originados en los cráteres volcánicos de Centroamérica, o en los lagos Tanganica y Victoria de África.

La incomparable radiación adaptativa en los grandes lagos de África oriental ha producido más de 1500 especies de peces cíclidos. La secuenciación del genoma y transcriptoma en varias especies de cinco linajes de cíclidos han evidenciado un exceso de duplicaciones

génicas (comparada con otros teleósteos), divergencia de abundantes elementos no codificantes, aceleración en la evolución de secuencias codificantes y divergencia en la expresión génica asociada a la inserción de elementos transponibles.

### **BARRERAS REPRODUCTIVAS (MECANISMOS DE AISLAMIENTO REPRODUCTIVO)**

En general, las especies diferentes no pueden entrecruzarse y producir descendencia saludable y fértil debido a barreras conocidas como mecanismos de aislamiento reproductivo. Estas barreras pueden dividirse en dos categorías con base en el momento en el que actúan: precigóticas y postcigóticas.

Las barreras precigóticas evitan que los miembros de especies diferentes se apareen para producir un cigoto, un embrión de una sola célula. A continuación, te presentamos algunos escenarios de ejemplo:

Dos especies prefieren hábitats distintos y por lo tanto es poco probable que se encuentren. Esto se conoce como aislamiento por hábitat o geográfico.

Dos especies pueden reproducirse en diferentes momentos del día o del año y por lo tanto es poco probable que se encuentren cuando están buscando pareja. Esto se conoce como aislamiento temporal o ecológico.

Dos especies pueden tener diferentes conductas de cortejo o preferencias de pareja y por lo tanto encuentran "poco atractivos" a los que no son de su especie. Esto se conoce como aislamiento conductual o etológico.

Dos especies producen óvulos y espermatozoides que no se pueden combinar en la fecundación, aun cuando se encuentren durante el apareamiento. Esto se conoce como aislamiento gamético

Dos especies tienen cuerpos o estructuras reproductivas que simplemente no encajan entre ellas. Esto se llama aislamiento mecánico.

Las barreras postcigóticas evitan que los cigotos híbridos, embriones de una sola célula de padres de dos especies diferentes, se desarrollen hasta formar adultos sanos y fértiles. Las barreras postcigóticas a menudo se relacionan con el conjunto mixto de cromosomas del embrión, los cuales pueden no coincidir correctamente o tener información incompleta.

En algunos casos, la incompatibilidad cromosómica es letal para el embrión o resulta en un individuo que puede sobrevivir, pero no es saludable. En otros casos, el híbrido puede

sobrevivir con buena salud hasta la adultez, pero es estéril porque no puede dividir de manera uniforme sus cromosomas incompatibles en sus óvulos o espermatozoides. Este tipo de incompatibilidad explica por qué las mulas son estériles, incapaces de reproducirse. Las barreras precigóticas y postcigóticas no solo mantienen a las especies separadas, sino que juegan un papel en la formación de especies nuevas.

## **HIBRIDACIÓN**

Una vez formadas las especies por medio de los procesos de especiación antes mencionados, ¿Se mantendrán separadas de manera definitiva? La respuesta es no, ya que puede haber procesos reproductivos entre especies con una cercanía genética y su aislamiento reproductivo incompleto; por lo tanto, las barreras reproductivas no pueden prevenir la hibridación.

La hibridación entre especies puede dar origen a una nueva especie, pero ¿cómo ocurre esto? Cuando dos especies son capaces de reproducirse entre sí, y la descendencia híbrida es viable (puede generar descendencia), pero esta última se encuentra aislada reproductivamente de ambas especies parentales. El aislamiento entre la descendencia híbrida y las especies parentales puede ocurrir en la primera generación o puede presentarse posteriormente y reforzarse paulatinamente a lo largo de las generaciones (figura 2).

Este proceso es relativamente común, se ha encontrado muchos grupos de animales y plantas, en diversos ambientes. Hay zonas de hibridación donde se investigan el desarrollo y el mantenimiento de las diferencias entre especies, paradójicamente estudiar la hibridación ayuda a comprender las barreras reproductivas entre especies y además la hibridación ayuda a comprender la forma en que la selección natural puede actuar en las nuevas combinaciones producidas en la hibridación.

Estudiar la hibridación se puede estudiar la relación del paisaje con las zonas geográficas, al estudiar el material genético de los organismos, se buscan las variaciones que existen entre ancestros e híbridos. Los resultados de estos estudios nos ayudan a encontrar pruebas de cómo se forman las especies, la historia evolutiva que han tenido, y diseñar estrategias de conservación.

Las consecuencias de la hibridación, hasta hace poco se creía que era la pérdida de la diversidad de especies debido a la extinción de una o ambas especies parentales implicadas, debido a varios factores:

1) una mayor adecuación biológica de la descendencia híbrida, en comparación con las especies parentales en el hábitat de una o ambas especies (heterocigosis o vigor híbrido), lo que lleva al reemplazo del genotipo parental por uno de origen híbrido (inundación génica); 2) una reducción en la tasa de crecimiento poblacional de una de las especies parentales involucradas debido a la generación de descendencia híbrida inviable y 3) un aumento de la capacidad competitiva de una de las especies parentales debido a la introgresión (movimiento de genes de una especie a otra debido a la hibridación y posterior retro cruce con un parental).

Figura 2.  
Especies de osos y un híbrido entre ellos.



Nota: [imágenes] oso polar, oso grolar, oso Grizzly como ejemplo de hibridación, imágenes tomadas del portal <https://commons.wikimedia.org>

Este fenómeno le permite a alguna de las especies obtener las variantes genéticas que están adaptadas a las condiciones locales. Por ejemplo, estudios recientes han demostrado que la hibridación introgresiva entre el caballito del diablo coletilla azul (*Ischnura elegans*) y la coletilla azul ibérica (*Ischnura graellsii*) en el norte de la península ibérica, le ha permitido al primero adaptarse a las condiciones climáticas de la zona, facilitando así la colonización de áreas a las cuales no tenía acceso, desplazando competitivamente a la coletilla azul ibérica en el proceso (Wellenreuther et al., 2018; Swaegers et al., 2022).

A pesar de esto, actualmente se sabe que la hibridación tiene algunos beneficios y juega un papel importante en la adaptación y evolución de las especies. Si retomamos el fenómeno de introgresión que mencionamos anteriormente, durante este proceso, ocurre el

intercambio de material genético entre especies, lo que incrementa la diversidad genética. El aumento en esta diversidad genética les brinda a las poblaciones mayor capacidad de adaptación, algo que se podría usar para recuperar poblaciones y especies de la extinción a través de un proceso conocido como “rescate genético”.

### Actividades de aprendizaje

#### Actividad 1

**Instrucciones:** Lee los siguientes casos y menciona en la columna derecha si son un ejemplo de especiación alopátrica o simpátrica

<p>El Gran Cañón se formó poco a poco por el paso del río Colorado durante millones de años. Antes de que se formara, solo una especie de ardilla habitaba la zona. A medida que el cañón se fue haciendo más profundo, se volvió cada vez más difícil para las ardillas viajar entre los lados norte y sur. Finalmente, el cañón se volvió demasiado profundo para que pudieran cruzarlo las ardillas y un grupo de ardillas se aisló a cada lado. Debido a que las ardillas de los lados norte y sur estaban aisladas reproductivamente por la barrera de la profundidad del cañón, al final se separaron en especies diferentes</p>	
<p>Hace tres millones de años se creó una unión entre América Central con Sudamérica, separando al océano Pacífico del Atlántico. Aquí se separaron muchas especies, como por ejemplo las langostas <i>Alpheus</i> que se crearon nuevas especies de cada lado del istmo a partir de una inicial. Se rastreó genéticamente que las especies se separaron después de la formación geológica.</p>	
<p>dos especies de peces cíclidos Midas (especie <i>Amphilophus</i>), que viven en el lago Apoyo, un lago de cráter volcánico en Nicaragua. Los investigadores analizaron el ADN, la apariencia y la ecología de estas dos especies estrechamente relacionadas. Las dos especies, aunque en general son muy similares, tienen ligeras diferencias en apariencia y no pueden cruzarse. Toda la evidencia disponible sugiere que una especie evolucionó de la otra, que es la especie de cíclidos Midas que originalmente colonizó el lago. Las especies más nuevas evolucionaron hace relativamente poco tiempo, pero en términos evolutivos, esto significa que se cree que evolucionó hace menos de 10.000 años.</p>	
<p>Las islas Galápagos se componen de 13 islas separadas, y en sus viajes en barco Darwin descubrió que por cada isla había pinzones</p>	

<p>diferentes. Cada isla tenía diferentes condiciones y alimentos disponibles, y los pinzones tuvieron que responder a esto modificando sus picos. Fue así como se formaron nuevas especies por cada isla.</p>	
<p>La mosca del gusano de la manzana, <i>Rhagoletis pomonella</i>. Las moscas del gusano de la manzana solían poner sus huevos solo en la fruta de los árboles de espino, pero hace menos de 200 años, algunas moscas del gusano de la manzana comenzaron a poner sus huevos en las manzanas. Ahora hay dos grupos de moscas del gusano de la manzana: una que pone huevos en los espinos y otra que pone huevos en las manzanas. Los machos buscan pareja en el mismo tipo de fruta en la que crecieron, y las hembras ponen sus huevos en el mismo tipo de fruta en la que crecieron. Por lo tanto, las moscas que crecieron en los espinos criarán crías en los espinos, y las moscas que crecieron en las manzanas criarán crías en las manzanas</p>	

## Actividad 2

**Instrucciones:** A continuación, te presentamos algunos ejemplos de mecanismos de aislamiento, menciona a cuál se refiere (precigótico: hábitat o geográfico, ecológico o temporal, conductual o etológico; postcigótico: mecánico, incompatibilidad cromosómica, inviabilidad gamética).

Ejemplo	Mecanismo
<p>Dos especies de sapos <i>B. americanus</i> no se aparean, aunque tengan comportamientos reproductivos similares, lo que lo impide son las épocas reproductivas el primero lo hace a principios del verano y <i>B. fowleri</i> lo hace hacia finales de esa estación</p>	
<p>Dos especies de plantas: <i>Tradescantia canaliculata</i> y <i>T. subaspera</i> tienen la misma su distribución geográfica y, no obstante, se hallan reproductivamente aisladas entre sí debido a que florecen en estaciones diferentes. Además, una de estas especies crece en zonas soleadas y la otra en zonas de sombra intensa.</p>	
<p>En dos especies de moscas <i>Drosophila ananassae</i> y <i>D. pallidosa</i> son dos especies gemelas de Melanesia. En la naturaleza rara vez se producen híbridos, aunque en laboratorio sí se obtienen descendientes fértiles. Los estudios de comportamiento sexual indican que los machos cortejan a las hembras de las dos especies, pero las hembras muestran una</p>	

preferencia muy acusada por los machos de su propia especie a los que aceptan con facilidad. Se ha encontrado, en el cromosoma 2 del genoma de estas especies, que cada una de ellas tiene una región reguladora diferente que afecta a la conducta de elección de las hembras.

### Actividad 3.

**Instrucciones.** En hoja de tu cuaderno o blanca realiza un mapa mental con la información contenida en la lectura y los ejemplos que se analizaron en las actividades anteriores.

### Autoevaluación

**Instrucciones:** Lee con atención las siguientes preguntas, posteriormente elije la opción que corresponda.

1. Elije la opción que mejor defina a la especiación.
  - a. Es el proceso de formación de nuevas especies por la presencia de barreras geográficas
  - b. Es el proceso de formación de nuevas especies por la presencia de barreras reproductivas
  - c. Es el proceso de formación de especies a partir de la reproducción entre dos especies
  - d. Es el proceso de formación de especies de manera espontánea
2. Del siguiente listado de características, menciona cuales corresponden a A. especiación alopátrica y B. especiación simpátrica. I. ambiente homogéneo, II. Presencia de poliploidía, III. Requerimientos ecológicos diferenciados, IV. Habitats similares
  - a. A: I-III, B: II-IV
  - b. A: II-IV, B: I-III
  - c. A: I-II, B: III-IV
  - d. A: I-IV, B: II-III
3. Cuando dos poblaciones de aves se diferencian por la preferencia de cantos en la etapa reproductiva se trata de un mecanismo de...
  - a. Aislamiento temporal



b. Aislamiento conductual

c. Aislamiento mecánico

d. Aislamiento ecológico

4. De hibridación es cierto o falso que: I. Los híbridos para que sea evolutivamente importantes deben ser fértiles, II. Los híbridos siempre compiten con sus especies originarias ancestrales) III. El proceso de hibridación es un evento raro en la naturaleza

a. las tres son ciertas

b. las tres son falsas

c. I y II ciertas y la III falsas

**d. I cierta y II III falsas**

5. La descendencia fértil de la unión individuos de osos polares y grizzlie es un ejemplo de:

a. especiación alopátrica

b. especiación simpátrica

c. hibridación

d. mecanismos reproductivos

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

## Referencias

García, E. C. (2012). Mecanismos de especiación ecológica en plantas y animales. *Biológicas Revista de la DES Ciencias Biológico Agropecuarias*, 14(2), 7-13. <https://goo.su/mMb1>

Stand, M.A., Aguirre, I. A., Arce, L. R., Ayala, D., Ballén, A. V., Ordaz, J. E., Pulido, L., Ríos, K. J., Sánchez, R. A., (2022) **Hibridación: como estudiar la evolución a través de la reproducción** Crónica de hoy INECOL <https://goo.su/OuNX9EE>

## TEMA III. FILOGENIA E HISTORIA DE LA VIDA EXTINCIONES Y RADIACIÓN ADAPTATIVA

### Aprendizaje

El alumno: Relaciona a las extinciones en masa con la radiación adaptativa

### Conceptos clave

Adaptación, coevolución, especiación, evolución convergente, evolución divergente, extinción, extinción de fondo, extinción masiva, macroevolución, órganos análogos, órganos homólogos, selección natural, zona adaptativa.

### Resumen

La extinción de especies es un proceso natural e irreparable, ya que una vez que una especie es eliminada, la información genética contenida en su DNA, su combinación de caracteres y sus relaciones tróficas espaciales se pierden para siempre. La extinción produce zonas adaptativas vacías, que brindan nuevas oportunidades para las especies que permanecen. Los periodos de extinción de un gran número de especies van seguidos de periodos de ocupación rápida y simultánea de los nichos ecológicos vacantes provocando así procesos de radiación adaptativa.

### Desarrollo de los contenidos

El éxito de un organismo depende de su capacidad de reproducirse para perpetuar la especie y en donde solo sobreviven las crías mejor adaptadas a un hábitat o nichos concretos y las que lo hacen transmiten sus rasgos de adaptación a la siguiente generación. Este proceso se denomina selección natural. Georges Cuvier realizó estudios en vertebrados fósiles, y fue el primero en usar el término extinción para referirse a las especies que se hallan perdidas y cuando no había representantes de esa especie en la naturaleza, como se decía en esa época (Castellanos, 2006).

La extinción es la desaparición total de los individuos que conforman una población o linaje, por unidad de tiempo. Las extinciones pueden ser puntuales (ajolote, vaquita marina, perrito de las praderas) o masivas (dinosaurios). La extinción produce zonas adaptativas vacías, que brindan nuevas oportunidades para las especies que permanecen.

La desaparición de un organismo afecta el ecosistema que lo alberga, como él los organismos establecen relaciones entre sí, la pérdida de uno de sus componentes tendrá

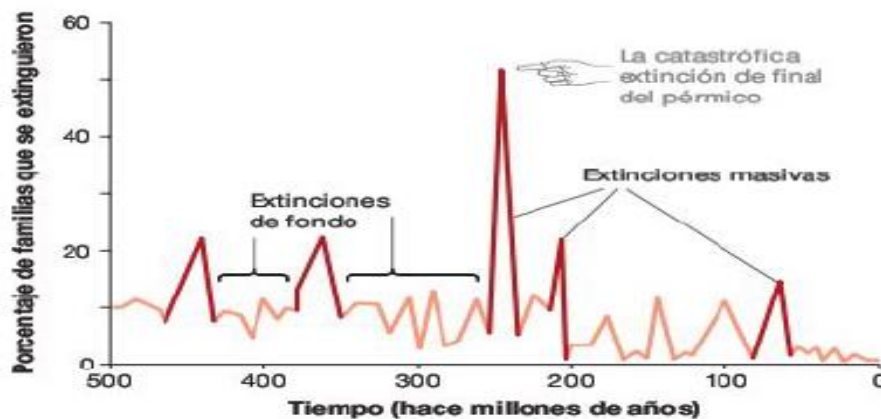
efecto con los que interactuaban con él, a este fenómeno se le conoce como cascada catastrófica (Primack, Rozzi, Feinsinger, Dirzo y Massardo, 2001).

La extinción de fondo es la que ocurre aleatoriamente con una tasa constante media de desaparición en todos los grupos a lo largo del tiempo y se considera el proceso normal de extinción. La extinción de fondo gradual está principalmente condicionada por factores de tipo biológico, tales como la competencia y endemismo que implicarían una intervención decisiva de la selección natural (Molina, 1995, Freeman, 2009; Solomon, 2011). Las extinciones de fondo se producen cuando hay un cambio del entorno normal, la aparición de alguna enfermedad o la competencia con otras especies reducen algunas poblaciones a cero.

La extinción masiva es la desaparición de un gran número de especies dentro de un periodo de tiempo determinado, lo que deja zonas adaptativas vacías (Gío - Argáez, *et. al*; 2004; Guerrero *et. Al*; 2009; Pérez, 2008). Este tipo de extinciones resultan de cambios extraordinarios, súbitos y provisionales en el entorno. Durante una extinción masiva, las especies no mueren porque los individuos están poco adaptados a las condiciones ambientales normales o en cambio gradual. En su lugar, las especies mueren por exposición a unas condiciones excepcionalmente duras durante un breve periodo de tiempo, como enormes erupciones volcánicas o cambios catastróficos en el nivel del mar.

En general, se cree que las extinciones de fondo derivan principalmente de la selección natural; por el contrario, las extinciones masivas funcionan como la deriva génica y las extinciones que causan son, en su mayor parte, aleatorias en relación con la actitud de los individuos en condiciones normales figura 1 (Freeman, 2009).

Figura1. Extinciones de fondo y masivas.



*Nota. Figura 27.17 Las cinco grandes extinciones masivas. Este gráfico muestra el porcentaje de familias que se extinguió en cada intervalo en el registro fósil desde la explosión cámbrica. Las cinco extinciones masivas se indican en color rojo oscuro (Freeman 2009).*

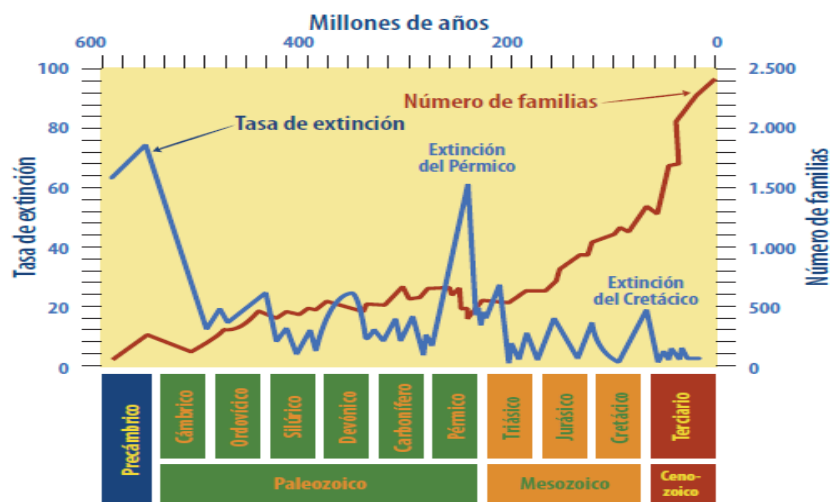
Las especies de las islas son más vulnerables a la extinción porque ocupan un área pequeña y a menudo son incapaces de competir con especies invasoras y defenderse de las especies exóticas introducidas, especialmente de depredadores como gatos y ratas y también de la caza indiscriminada (Primack, *et. al*; 2001).

### Tasas de extinción

El registro fósil muestra una alternancia de períodos con altas tasas de especiación (aparición de nuevas especies) con períodos de cambio mínimo y episodios de extinción masiva. La velocidad con que desaparece una especie se conoce como tasa de extinción (Primack, *et. al*; 2001).

Se considera que en la historia de la Tierra ha habido dieciocho eventos de extinción masiva, pero solo se han documentado cinco episodios con ayuda del registro fósil estos eventos ocurrieron hacia fines de los períodos **Ordovícico** (440 millones de años: mda), **Devónico** (365 mda), **Pérmico** (250 mda), **Triásico** (145 mda) y **Cretácico** (65 mda) (De Wever, 2002; Guerrero *et. al*; 2009; Janvier, 2000; Pérez, 2009; Primack, *et. al*; 2001; Quiroz y Sour, 1998). La más famosa de estas extinciones es la desaparición de los dinosaurios entre otros grupos, excepto las aves, hace unos 65 millones de años (Cretácico tardío), la cual fue seguida por la expansión de los mamíferos en las comunidades terrestre. La extinción más intensa ocurrió hace 250 millones de años (Pérmico tardío), cuando se extinguió la mitad de las familias animales y entre 77% y el 96% de las especies de animales marinos figura 2 (Guerrero *et. al*; 2009; Janvier, 2000; Primack, *et. al*; 2001; De Wever, 2002).

Figura 2. Extinciones masivas y el tiempo geológico.



*Nota Representación de las cinco extinciones masiva y en tiempo geológico, donde el rojo muestra el número de familias extintas. Los picos en azul el grado de pérdida de fauna. La mayor de las extinciones corresponde al Pérmico (Gallardo, 2017).*

La riqueza de especies ha decrecido debido a que las poblaciones humanas han alterado progresivamente los ambientes terrestres, aéreos y acuáticos a expensas de otras especies y en este momento nos encontramos en medio de un sexto episodio de extinción masiva. Analizando el registro geológico se encuentra que el periodo actual contiene la mayor riqueza de especies, a la vez que presenta una de las mayores tasas de extinción de todos los tiempos como se muestra en la figura 2 (Primack, *et. al*; 2001).

**La macroevolución = radiación adaptativa = evolución divergente**, se da por arriba del nivel de especie, lo que genera aumento en la diversidad evolutiva. Da como resultado una diversificación repentina (Valdivia, Granillo y Villareal, 2006). Este proceso tiene lugar cuando un linaje único produce muchas especies descendientes que viven en una amplia diversidad de hábitats y encuentran su alimento en diferentes formas, por ejemplo, los mamíferos que viven en el agua, en la tierra y el aire (Freeman, 2009). Los conceptos de microevolución y macroevolución los propuso el entomólogo Yuri A. Filipchenko (Savage, 1985).

La **radiación adaptativa** es un proceso evolutivo que describe eventos de especiación de una o varias especies, para llenar muchos nichos (zonas adaptativas vacías) ecológicos en periodos geológicos relativamente cortos. Las poblaciones que surgen se colocan como una nueva especie, géneros, familias, ordenes, clase e incluso filos, reinos y dominios (Savage, 1985; Freeman, 2009; Solomons, 2011).

Los factores que propician la radiación son a) inherentes a cada especie (la vida media de esta), b) las interacciones ecológicas (cadenas tróficas) c) las condiciones ambientales (ciclos biogeoquímicos, circadianos, etc.) y d) la selección sexual (Sadava, 2015).

**Elementos de radiación adaptativa son:** a) toda macroevolución se presenta después de la adquisición de una nueva adaptación general (novedades evolutivas), b) la entrada a una nueva zona adaptativa libre (continente, país, isla, río, montaña, etc.), esta adaptación c) implica siempre una divergencia evolutiva con el desarrollo de adaptaciones especiales, como observa en la siguiente figura 2 (Freeman, 2009, Solomon, 2011).

Las radiaciones adaptativas producen con frecuencia filogenias en estrella, se presentan cuando la evolución de las especies ha sido tan rápida que no puede determinarse el orden de separación de las ramas, figura 3. Si la especiación va seguida de divergencia en muchas formas adaptativas (Freeman 2009).

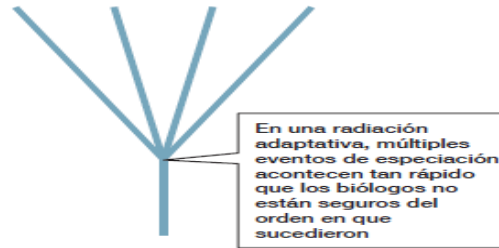


Figura 3. Árbol evolutivo que representa una radiación adaptativa (Audesirk, Audesirk, 2008).

La **macroevolución conduce a la extinción**, a medida que la adaptación especial reemplaza a la general en las especies que se encuentran encerradas en una zona estrecha se encuentran predestinadas a desaparecer. El proceso evolutivo consiste en el cambio de viejas zonas a zonas nuevas mediante la adquisición de otros complejos de adaptaciones generales (Savage, 1985).

La radiación adaptativa se ve favorecida por la mutación, la deriva genética, la selección natural y las extinciones masivas que le dan la oportunidad a una o pocas especies de diversificarse y es lo que conduce a surgimiento de nuevos taxones a nivel de género y especie (Savage, 1985; Jiménez, 2007).

**Hay tres tipos básicos de radiación adaptativa, estas son:**

**Adaptación general.** Una especie que desarrolla una habilidad radicalmente nueva para alcanzar nuevas partes de su ambiente. El vuelo de los pájaros es una de esas adaptaciones generales.

**Cambio ambiental.** Una especie se diferencia de otras para sobrevivir en un ambiente radicalmente cambiado para cubrir los nichos ecológicos creados por el cambio ecológico. Un ejemplo fue la rápida expansión y desarrollo de los mamíferos después de la extinción de los dinosaurios.

**Archipiélagos.** Ecosistemas aislados como las islas y las zonas montañosas, pueden ser colonizados por nuevas especies las cuales al establecerse siguen un rápido proceso de evolución divergente. Los pinzones de Darwin son ejemplos de una radiación adaptativa que ocurrió en un archipiélago Figura 4.

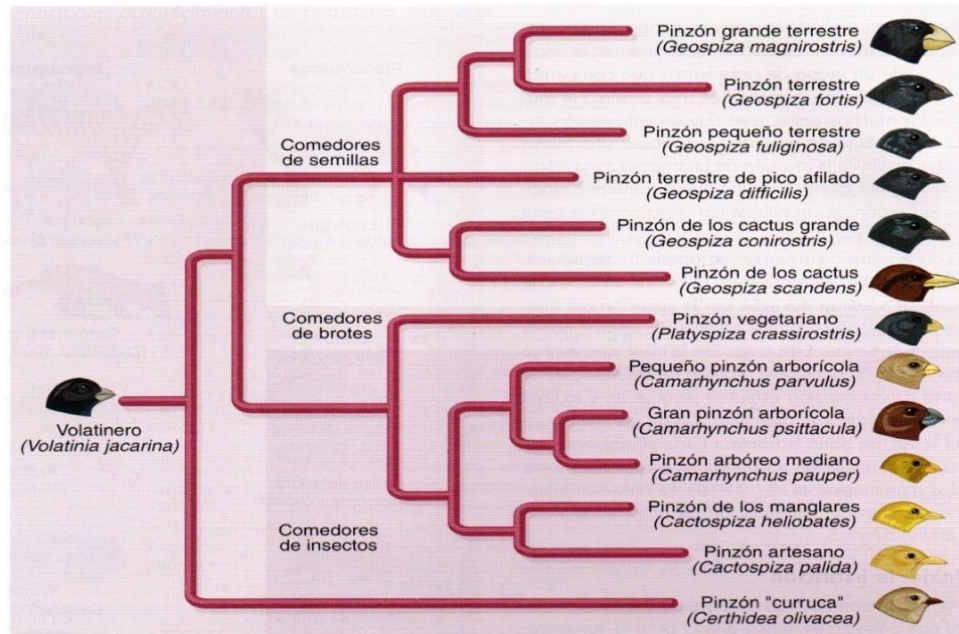


Figura 4. La evolución de los picos de los pinzones (Curtis, 2015).

#### **Características para identificar a una radiación adaptativa:**

1. Un ancestro común de las especies.
2. Una correlación fenotipo – ambiente, hay una asociación significativa entre los ambientes, las características morfológicas y fisiológicas utilizadas para explotar esos ambientes.
3. Carácter de utilidad las ventajas de rendimiento o adecuación a sus entornos correspondientes, por ejemplo, los picos de los pinzones. Característica clave que posibilita la invasión de una nueva zona adaptativa.
4. Especiación rápida aparición de nuevas especies en un corto tiempo (<https://psicologiymente.com/miscelanea/radiacion-adaptativa>).

#### **La radiación adaptativa se da por:**

**Evolución convergente** se forman características similares en organismos diferentes y alejados evolutivamente, que bajo presiones ambientales equivalentes van a desarrollar características (morfológicas, fisiológicas, etológicas, etc.) semejantes denominadas estructuras u órganos análogos.

**Órganos análogos** tienen la misma función, pero con diferente estructura y con un origen embrionario diferente figura 5, ejemplos, son alas que sirven para volar, entre los animales y plantas con espinas están los cactus, la rosa, el pez erizo y el puercoespín (Valdivia, Granillo y Villareal, 2006).

**Órganos análogos = Evolución convergente**



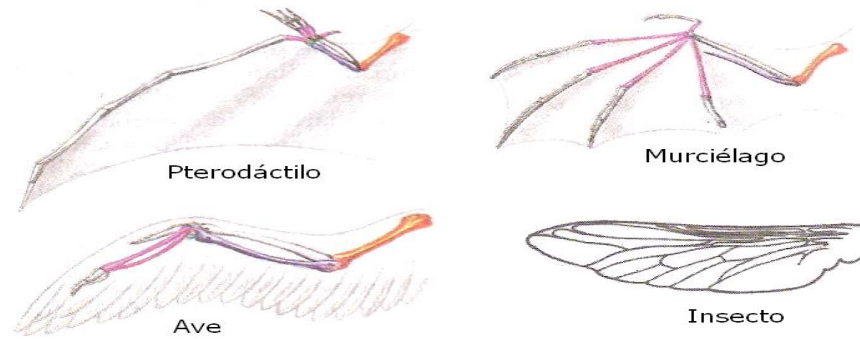


Figura 5. Ejemplo evolución de convergente. Especialización de las patas anteriores en el vuelo” (Recuperado de Audesirk y Audesirk, 2008).

**Evolución divergente** se forman características disimiles, en el cual, a partir de una sola forma ancestral, se origina una variedad de especies diferentes y cada una de ellas está adaptada y especializada para sobrevivir en el hábitat en particular, se forman órganos homólogos que tienen el mismo origen (estructura interna), pero con diferente función figura 6. Ejemplo, son las patas anteriores de los mamíferos (Valdivia, Granillo y Villareal, 2006).

**Órganos homólogos:** patas anteriores en vertebrados = **Evolución divergente**

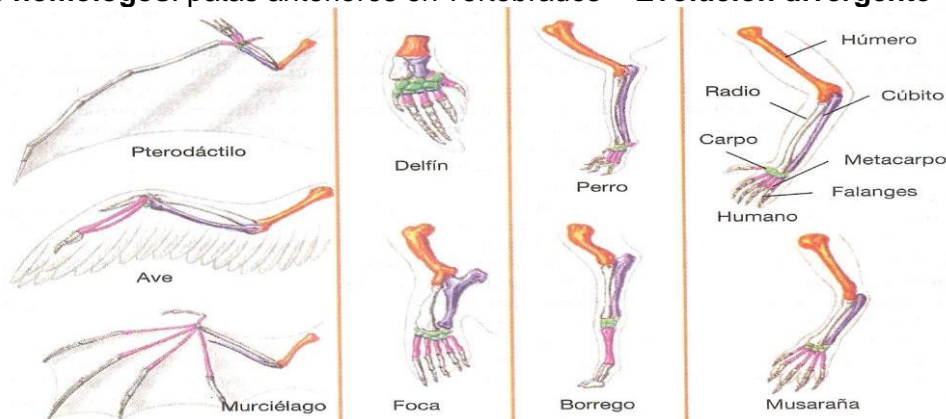


Figura 6. Ejemplo de evolución divergente, diversificación de la estructura y la función (Recuperado de Audesirk y Audesirk, 2008).

**Evolución paralela** es la adquisición de caracteres similares en dos o más linajes relacionados, sin que estén presentes esos caracteres en un ancestro común. Por ejemplo, en las mariposas nocturnas se observan bandas similares. En ocasiones, es difícil saber si las características son primitivas, derivadas, convergentes o paralelas figura 7.





Figura 7. Mariposas nocturnas  
<http://ecologiayevolucionib.blogspot.com/2013/03/evolucion-paralela.html>)

**Coevolución** es la evolución conjunta de dos especies no emparentadas que tienen una estrecha relación ecológica, es decir, que la evolución de una de las especies depende en parte de la evolución de la otra.

Requisitos de la coevolución:

La coevolución requiere de a) especificidad entre los interactuantes, b) reciprocidad entre las presiones selectivas que operan entre los componentes de la interacción, y c) simultaneidad temporal en la evolución de ambos interactuantes.

El proceso coevolutivo puede generar coadaptación (ajuste microevolutivo recíprocos de unos organismos a otros) y coespeciación (cladogénesis recíproca como fruto de la interacción). Es decir, que la coevolución puede tener consecuencias micro y macroevolutivas. La coevolución se ve altamente beneficiada cuando los organismos interactuantes son especialistas, ya que así se fuerza un efecto sobre la eficacia de los organismos contendientes figura 8.

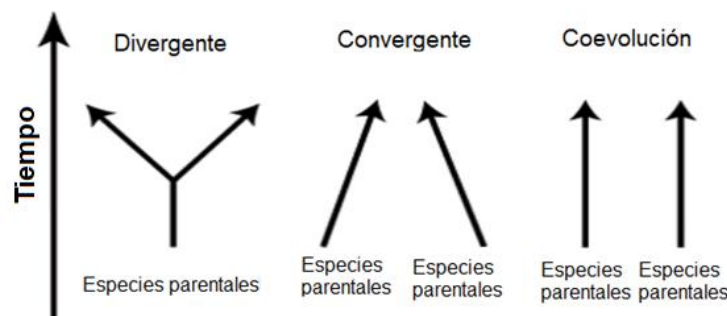


Figura 8. Tipo de evolución divergente, convergente y coevolución  
[http://www.biologybynapiers.com/uploads/4/0/3/7/40376393/patterns\\_adaptations\\_option\\_2.pdf](http://www.biologybynapiers.com/uploads/4/0/3/7/40376393/patterns_adaptations_option_2.pdf)

### Teorías que explican la radiación adaptativa

**Teorías del gradualismo.** Charles Darwin sostenía que las especies cambian lentamente en el tiempo por la acumulación de pequeños cambios. Sin embargo, los investigadores han

descubierto muy pocos registros fósiles completos que muestren un cambio gradual de una especie a otra, por el contrario, en la mayoría de los registros fósiles se han encontrado grandes vacíos o lagunas entre las especies. Hubo una posible explicación de la existencia de dichas lagunas es el hecho de que son muy pocos los organismos que llegan a fosilizar, ya que la mayoría desaparece.

**La teoría del equilibrio puntuado o ininterrumpido** explica los vacíos del registro fósil, la propusieron dos evolucionistas estadounidenses en 1972, Niles Eldredge y Stephen Gould. Según esta teoría, muchas especies no cambian o cambian muy poco durante millones de años, pero en algún momento puede ocurrir un gran cambio, surge una nueva especie en solo miles de años, que en términos de tiempo geológico es un tiempo breve. Por lo tanto, hay poca probabilidad de que existan fósiles de las etapas cortas o intermedias (lagunas), mientras que durante millones de años en que las especies no cambian, hoy se favorece la formación de registros fósiles (Valdivia, Granillo y Villareal, 2006).

### **Glosario**

**Adaptaciones especiales** se desarrollan para relaciones adaptativas más restringidas y están especializadas a un pequeño segmento de todo el ambiente disponible (Savage, 1985).

**Adaptaciones generales** son las más importantes en la evolución de los grupos mayores de organismos, por ejemplo, ojos, pulmones, sistema circulatorio, tracto digestivo, sistema nervioso, etc. (Savage, 1985).

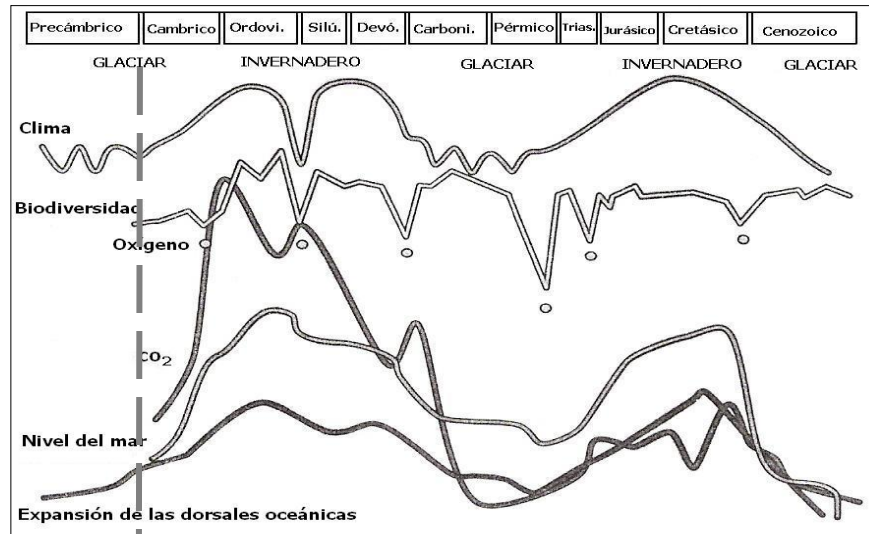
**Zona adaptativa** son nuevas oportunidades ecológicas que no explotó un organismo ancestral. A nivel de especies, una zona adaptativa es en esencia idéntica a uno o más *nichos ecológicos* similares (los papeles funcionales de las especies dentro de una comunidad) Solomons, 2011.

### **Actividades de aprendizaje**

#### **Actividad 1. Evolución de biodiversidad en el Fanerozoico**

**Instrucciones:** marca los eventos de extinción con una línea vertical en donde observes una disminución de la línea de la biodiversidad durante el tiempo geológico y observa como es el comportamiento en los puntos de intersección con las otras líneas que representan cada una de las variables, y contesta el cuestionario.

Guía para el examen extraordinario de Biología IV – CCH Oriente



1.- ¿Cuántas extinciones evidenciaste y marcaste? Contando la del Cámbrico.

2.- Explica como fue el comportamiento de las variables: clima, oxígeno, CO<sub>2</sub>, dorsales oceánicas y nivel del mar, usando los signos + (aumento) y – (disminución) que dieron como resultado los procesos de extinción masiva.

Era	Clima	Biodiversidad	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Nivel del mar	Dorsales oceánicas
Cámbrico						
Ordovícico						
Silúrico						
Devónico						
Carbonífero						
Pérmico						
Triásico						
Jurásico						
Cretácico						
Cenozoico						

**Actividad 2. Radiación adaptativa**

**Instrucciones:** contesta lo que se te pide

¿Cuál de las letras de las siguientes imágenes corresponden a un ejemplo de radiación adaptativa? \_\_\_\_\_

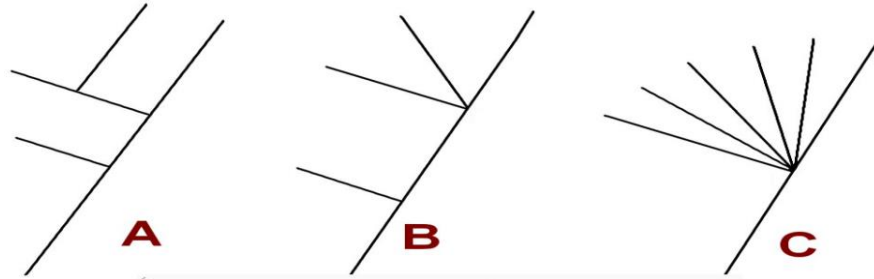


Figura 9. Procesos evolutivos

<https://www.wikiwand.com/es/Politom%C3%ADa#Media/Archivo:Polytomies.jpg>

**Instrucciones:** coloca  $\checkmark$  en donde se observa un proceso de radiación adaptativa en las figuras 10 y 11.

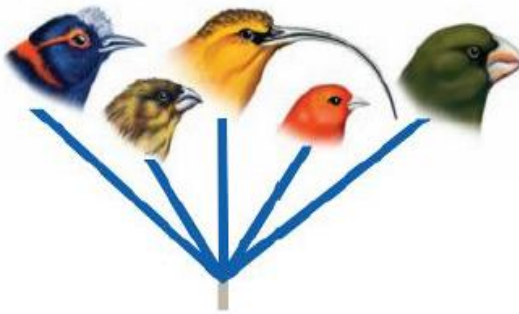


Figura 10. Mieleros Hawaiianos  
Anagénesis ( ) Radiación ( )  
(Freeman, 2009)



Figura 11. Plantas Argyroxiphium de Hawaii  
Anagénesis ( ) Radiación ( )  
(Freeman, 2009)

¿Cuál es la razón para hablar de una radiación adaptativa?

---

---

---

---

### Actividad 3. Ejercicios de radiación adaptativa: convergen o divergen

**Instrucciones:** realiza una lectura de los diferentes casos y coloca  $\checkmark$  dentro del paréntesis de las siguientes figuras, si los procesos corresponden a evolución convergente o divergente.

**Caso A.** Los cactus y las euforbias figura 12 evolucionaron en continentes distintos, pese a lo cual ambos son grupos de plantas suculentas (capacidad para almacenar agua) con flores y espinas (hojas modificadas). Los cactus están adaptados a la vida en los desiertos de América y las euforbias, a la vida en los hábitats tropicales de África.



Figura 12. Cactus, euforbias y rosales

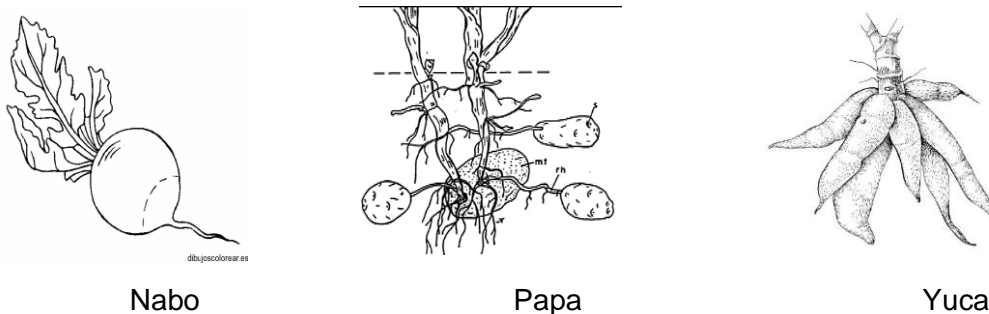
De la figura 12. El proceso corresponde a evolución convergente ( ) o divergente ( ).

Euforbia: <https://clipground.com/images/euphorbia-clipart-2.jpg>

Nopal: <https://i.pinimg.com/originals/90/f6/ce/90f6ceb5491d0e3ad7f3ffaa9f92e214.gif>  
<https://scontent-sea1->

Rosa: <https://www.supercoloring.com/es/dibujos-para-colorear/rosa-con-espinas?version=print>  
<https://www.supercoloring.com/es/dibujos-para-colorear/rosa-con-espinas#gsc.tab=0>

**Caso B.** Existen numerosas especies, no relacionadas que han desarrollado raíces que almacenan **sustancias de reserva (tubérculos)**, figura 13. Entre ellas podemos nombrar a la **patata, el nabo o la yuca**. Estas tres especies pertenecen a grupos taxonómicos no emparentados y en sus propios géneros existen especies sin estas **raíces especializadas**. Por lo que la evolución de estas tres especies ha desembocado en una respuesta común al almacenamiento de **nutrientes**. Otras especies como la **zanahoria** han optado por engrosar su tallo para almacenar los nutrientes.



Nabo

Papa

Yuca

Figura 13. Tubérculos: el nabo, la papa y la yuca

De la figura 13, el proceso corresponde a Evolución Convergente ( ) o Divergente ( ).

Nabo: <https://dibujoscolorear.es/wp-content/uploads/dibujos-para-colorear-140.gif>

Yuca:

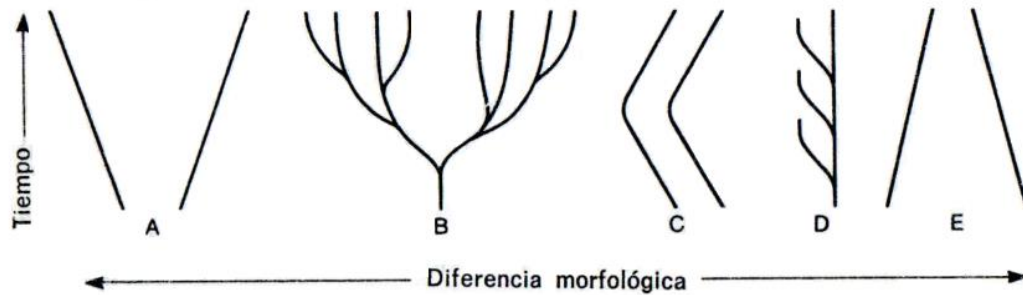
**Caso C.** La **adquisición de los cloroplastos**, los orgánulos que normalmente se emplean para diferenciar a los vegetales, fueron adquiridos en eventos independientes durante la evolución. Diversos grupos de eucariotas optaron por relacionarse con estas bacterias (un ejemplo son las cianobacterias, que pertenecen al reino Monera), dando lugar a lo que hoy conocemos como **algas verdes, algas pardas y algas rojas por un lado** que no se

clasifican dentro del reino *Plantae*, sino del reino *Protoctista*, aunque sí tengan cloroplastos y las **plantas por otro**, puesto que todos estos sistemas vivos adquirieron los cloroplastos independientemente del grupo al grupo que pertenezcan.

De la información, el proceso corresponde a Evolución Convergente ( ) o Divergente ( )

#### Actividad 4. Patrones evolutivos

**Instrucciones:** en la siguientes graficas de patrones evolutivos identifica la evolución convergente, evolución divergente, evolución paralela y la radiación adaptativa



(Recuperado de Dobzhansky, Ayala, Stebbins y Valentine, 1980)

A:

B:

C:

D: Evolución iterativa, en la que a partir de un stock raíz aparecen formas morfológicamente similares más de una vez, ejemplo los amonites.

E:

#### Autoevaluación

**Instrucciones:** contesta correctamente las siguientes preguntas.

1. \_\_\_\_\_ Relaciona el concepto con su definición

I. Coevolución

II. Evolución convergente

III. Evolución divergente

IV. Evolución paralela

V. Radiación adaptativa

a) Adquisición de caracteres similares en dos o más linajes relacionados, sin que estén presentes esos caracteres en un ancestro común.

b) Se forman características disimiles, a partir de una sola forma ancestral, se origina una variedad de especies diferentes.

c) Describe eventos de especiación de una o varias especies, para llenar muchos nichos ecológicos en periodos geológicos relativamente cortos.

d) Evolución conjunta de dos especies no emparentadas que tienen una estrecha relación ecológica.

e) Se forman características similares en organismos diferentes y alejados evolutivamente.

A) I: b – II: c – III: e – IV: a IV: d.

B) I: d – II: e – III: b – IV: a – V: c.

C) I: a- II: b – III: c – IV: d – V: e.

D) I: e – II: d – III: a – IV: c – V: b.

E) I: c – II: e – III: d – IV: b – V: a.

2. \_\_\_\_\_ Es sinónimo de radiación adaptativa

A) Especiación.

B) Hibridación.

C) Macroevolución.

D) Megaevolución.

E) Microevolución.

3. \_\_\_\_\_ Es el orden en que ocurrieron las extinciones masivas

A) Pérmico – Cretácico – Devónico – Triásico – Ordovícico.

B) Triásico – Pérmico – Cretácico – Ordovícico – Devónico.

C) Cretácico – Devónico – Ordovícico – Pérmico – Triásico.

D) Devónico – Ordovícico – Triásico – Cretácico – Pérmico.

E) Ordovícico – Devónico – Pérmico – Triásico – Cretácico.

4. \_\_\_\_\_ Teorías evolutivas que explican la radiación adaptativa.

A) Equilibrios puntuados y sintética de la evolución.

B) Neutralista de la evolución molecular y saltacionismo.

C) Evolución por selección natural y sintética.

D) Gradualismo y caracteres adquiridos.

E) Caracteres adquiridos y evolución por selección natural.

5. \_\_\_\_\_ Relaciona el concepto con su definición

I. Cascada catastrófica

II. Extinción

III. Extinción de fondo

IV. Extinción masiva

V. Tasa de extinción

- a) Ocurre aleatoriamente con una tasa constante media de desaparición en todos los grupos a lo largo del tiempo.
- b) Velocidad a la que desaparecen las especies.
- c) Es la desaparición total de los individuos que conforman una población o linaje, por unidad de tiempo.
- d) La pérdida de uno de sus componentes tendrá efecto con los que interactuaban con él.
- e) Es la desaparición de un gran número de especies dentro de un periodo de tiempo determinado.

A) I: e – II: d – III: c – IV: d – V: a.

B) I: b – II: a: III: d – IV: e – V: c.

C) I: a – II: b – III: c – IV: d – V: e.

D) I: d – II: c – III: a- IV: e – V: b.

E) I: c – II: e – III: b – IV: a – V: d.

6. \_\_\_\_\_ ¿Cuáles son los factores que ocasionan extinción

- A) Amplia distribución.
- B) Internas y externas del planeta.
- C) Endemismo.
- D) Extrema especialización.
- E) Competencia.

7. \_\_\_\_\_ Las aletas de una ballena y el brazo de un hombre son un ejemplo de

- A) Coevolución.
- B) Evolución convergente.
- C) Evolución paralela.
- D) Órganos análogos.
- E) Órganos homólogos.

8. \_\_\_\_\_ Las alas de moscas, aves, murciélagos son ejemplo de:

- A) Coevolución.
- B) Evolución convergente.
- C) Evolución paralela.
- D) Órganos homólogos.
- E) Órganos vestigiales.

9. \_\_\_\_\_ ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es la más adecuada?



- A) Los factores que provocan la extinción son aquéllas que tienen su origen dentro y fuera del planeta.
- B) Las extinciones masivas se deben a los impactos con los asteroides; las extinciones de fondo tienen una amplia variedad de causas.
- C) Solo se han evidenciado cinco extinciones masivas, pero cientos de extinciones de fondo.
- D) Las extinciones masivas se extinguen grupos con rapidez y de forma aleatoria; las extinciones de fondo son con frecuencia más lentas y suelen derivar de la selección natural.
- E) Las extinciones de masivas se centran en grupos especialmente prominentes, como los dinosaurios; las extinciones de fondo afectan a las especies de todo el árbol de la vida.

Respuestas: 1B, 2C, 3E, 4A, 5D, 6B, 7E, 8B, 9D.

### Referencias

- Audersirk, T. y Audersirk, G. (2008). *Biología*. Prentice Hall International.
- Castellanos Cesar A. (2006, julio - diciembre). Causas y efectos sobre la diversidad biológica. *Revista Luna Azul*. (23), 33-37.
- Curtis Curtis, H. (2015). *Biología*. (7ª ed.). México: Editorial Médica Panamericana.
- De Wever, Patrick. (2002). Una extinción biológica global a finales del Pérmico. *Mundo Científico*. (239), 19- 20.
- Gío - Argáez, Raúl y Melgarejo D, María del Pilar. (2004, enero - marzo). Y cambiando seguirán. *Ciencia*, 31 - 40.
- Guerrero, Rosalía; Jiménez, Eduardo y Guerrero Guillermo. (2009). Nada es para siempre: la extinción biológica. *¿Cómo ves?* 11 (123): 22 – 25.
- Janvier, Philippe. (2000, octubre). De una extinción a la otra. *Mundo Científico*, (216), 40 – 44.
- Molina Eustoquio (1995, marzo -abril). Modelos y causas de extinción masiva. *Interciencia*. 20 (2), 83 – 114.
- Quiroz-Barroso, Sara A. y Francisco Sour-Tovar. (1998, marzo – mayo). La extinción de las especies a través de la historia de la vida sobre la Tierra. *Especies*, 8 (2), 19 - 23.
- Pérez Crespo, Víctor Adrián. (2008, noviembre – diciembre). Extinciones del pasado. *Especies*, (36), 4 – 10.
- Primack, Richard; Rozzi, Ricardo; Feinsinger, Peter; Dirzo, Rodolfo y Massardo, Francisca. (2001). *Fundamentos de Conservación Biológica: perspectivas latinoamericanas*. Editorial Fondo de Cultura Económica.
- Miller, Kenneth R. y Levine, Joseph S. 2004. *Biología*. Editorial Person Prentice Hall.
- Savage, Jay M. (1985) *Evolución*. Editorial Continental, S. A. de C. V.
- Sadava, D., et al. (2009). *Vida. La ciencia de la biología*. Médica Panamericana.
- Zihlman L. Adrienne. (2000). *The Human Evolution Coloring Book*, Collins Reference.

## ÁRBOLES FILOGENÉTICOS

### Aprendizaje

El alumno:

Comprende que los árboles filogenéticos son modelos explicativos de las relaciones temporales entre especies.

### Conceptos clave

Árboles filogenéticos, anagénesis, cladogénesis, especies, filogenia, clados, taxones.

### Resumen

Un árbol filogenético se encarga de representar las relaciones evolutivas que existen entre varias especies o entre otros tipos de entidades que se cree que tienen una ascendencia en común (filogenias). Permiten hacer hipótesis sobre las diferentes relaciones que existen entre las especies que tuvieron una descendencia en común utilizando información que se obtiene de los fósiles y de las diferentes comparaciones de la estructura y de las moléculas como el DNA o las proteínas que poseen los organismos bajo estudio o análisis filogenético.

### Desarrollo de los contenidos

A finales del siglo XVIII en un mundo en donde no existía el concepto de evolución sino el de creación, Linneo propuso una clasificación jerárquica inclusiva (artificial) que agrupaba a los organismos según su afinidad. A partir del descubrimiento de la historicidad de la naturaleza realizado por Darwin, se produce una ruptura epistemológica, planteándose uno de los dilemas más apasionantes de las clasificaciones; el de representar sólo las relaciones naturales expresadas por caracteres compartidos. A partir de ese hecho se genera el axioma fundamental de que en la naturaleza, como resultado de la evolución, existe un orden que se manifiesta en las similitudes de los caracteres. (Aun, 2012; Morrone 1992). Por lo que, ahora entendemos que la biodiversidad que hoy se encuentra en la Tierra es el resultado de cuatro mil millones de años de evolución, y se ha estimado que representa menos del 1% de las especies que han existido alguna vez en nuestro planeta, debiendo considerarse que al momento existen alrededor de 1.75 millones de especies registradas y se especula que esta cifra representa apenas el 10% de la diversidad de especies existentes (Sarukhán, 1995; Moreno, 2005). Dada toda esta diversidad de formas de vida, en la biología se vuelve imprescindible ordenar y clasificar toda esa biodiversidad, lo cual es una tarea enorme y difícil, pero existen métodos que nos ayudan a comprender las relaciones entre los

organismos y así poder clasificarlos y relacionarlos tomando en consideración relaciones de ancestría. Esta disciplina se conoce como “Sistemática Filogenética<sup>1</sup>” y ha perdurado por más de 60 años en la comunidad científica, aunque autores como Morrone J. (2005), señalan que Darwin realizó las primeras aportaciones, seguido por Heackel en la construcción de los árboles filogenéticos (imagen 1).

En Sistemática se utilizan los árboles filogenéticos para proponer clasificaciones y establecer parentescos. El objetivo de los análisis filogenéticos es estimar la filogenia de un grupo, ésta se representa en un árbol filogenético (cladograma), que nos indica las relaciones ancestro-descendiente y por ende, la historia evolutiva del grupo en estudio (Ibañez, 2014). Los árboles filogenéticos pueden ser estimados mediante diferentes algoritmos como son el de la Parsimonia, la Máxima Verosimilitud o la Inferencia Bayesiana, y todos poseen una terminología propia y proceder (Peña, 2011)<sup>2</sup>. Los biólogos generan cladogramas, a través de la estimación de las relaciones filogenéticas entre los organismos, en donde podemos visualizar gráficamente como las especies comparten ancestros recientes y lejanos,

lo cual es una base importante para la comprensión de muchos aspectos de la historia evolutiva, la clasificación de un grupo, y de los distintos rasgos que presentan y como han evolucionado. La filogenia como historia evolutiva de un grupo de organismos, se acepta hasta que se tenga evidencias contundentes que la modifiquen (Eloisa, 2005).

Construcción de Cladogramas Existen diferentes métodos o procedimientos para construir cladogramas. Los más simples pueden aplicarse manualmente, mientras que los más sofisticados requieren del uso de programas de computo especiales como MacClade<sup>3</sup>, PAUP<sup>4</sup>, WinClada<sup>5</sup> (Morrone, 2010). En todos los casos, su construcción está guiada por el

---

<sup>1</sup> Actualmente la sistemática filogenética permite el estudio objetivo de la diversidad biológica y plantea objetivos bien claros que son: a) descubrir y definir taxones, b) inferir relaciones entre ellos, es decir, proponer hipótesis sobre las relaciones filogenéticas (de parentesco) entre especies y grupos de especies, c) elaborar clasificaciones que reflejen las relaciones evolutivas entre los taxones y d) explicar las distribuciones de las especies en el mundo.

<sup>2</sup> En Máxima parsimonia (MP) se asume que cualquier carácter heredable es una homología potencial, y que todos los caracteres son tratados de igual manera, con el “mismo peso” al momento de inferir los árboles filogenéticos debido a que no se puede (o no se requiere) identificar homoplasias. En MP, el árbol filogenético que se prefiere es el que implica la mínima cantidad de cambios evolutivos para explicar una determinada matriz de caracteres. La máxima verosimilitud o Maximum Likelihood (ML) y la Inferencia Bayesiana (IB), son métodos estadísticos basados en modelos de evolución molecular, donde se toma en cuenta conocimiento a priori acerca de los caracteres, especialmente cuando son caracteres moleculares (DNA). El método ML estima la probabilidad de qué tan bien la matriz de caracteres es explicada por los árboles filogenéticos, mientras que IB estima la probabilidad de qué tan bien los árboles filogenéticos son explicados por los datos (la matriz de caracteres). Algunos prefieren usar IB sobre ML debido a que el primer método utiliza “atajos” para los cálculos al emplear el algoritmo conocido como Markov Chain Monte Carlo (MCMC), el cual permite realizar búsquedas a través de un número menor de árboles lo que permite que la IB demande menos poder computacional y sea más rápida que ML.

<sup>3</sup> Si se desea descargar y utilizar la versión gratuita de MacClade se debe ingresar al sitio: <http://macclade.org/macclade.html>

<sup>4</sup> Si se desea descargar la versión de libre acceso de Phylogenetic Analysis Using Parsimony (PAUP) se debe ingresar al sitio: <https://paup.phylosolutions.com>

<sup>5</sup> Si se desea descargar la versión de libre acceso de Winclada se debe ingresar al sitio: <http://www.diversityoflife.org/winclada/>

principio metodológico de la parsimonia o simplicidad<sup>6</sup>. Una vez que poseemos la información referida a las características (morfológicas, genéticas, embriológicas, entre otras) que están presentes en las unidades de nuestro estudio (taxones<sup>7</sup>), podemos volcarla en una matriz de datos. Usualmente, los taxones se ubican en las filas y los caracteres en las columnas y su presencia o ausencia se suele marcar con 1 o 0 (imagen 1).

A partir de esta matriz de datos se obtiene el cladograma<sup>8</sup>. Hay varios términos que podemos emplear para describir las partes del mismo:

taxones	caracteres					
	1	2	3	4	5	6
Sp. A	1	0	0	0	0	0
Sp. B	1	1	0	0	1	1
Sp. C	1	1	1	1	1	2
Sp. D	1	1	1	1	1	2

Imagen 1. Matriz de similitud utilizada para la elaboración de cladogramas bajo el principio de parsimonia. (Tomado de Morrone., 2005).

1. Raíz o nodo basal: Es la base o punto de partida del cladograma. Nodos internos o componentes: Son los puntos de ramificación del cladograma, es decir que están conectados con dos o más nodos o taxones terminales.

2. Ramas internas o internodos: Son los segmentos que unen nodos internos entre sí.

3. Ramas terminales: Son los segmentos que unen

nodos internos y taxones terminales.

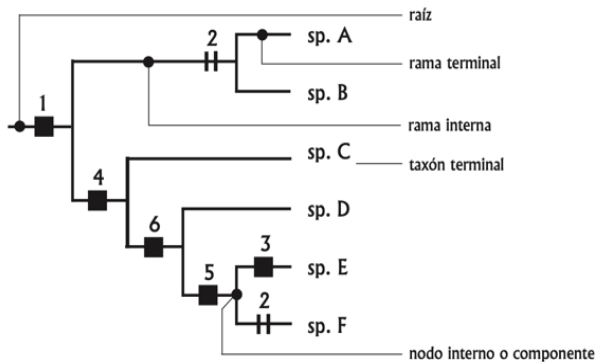


Imagen 2. Cladograma y sus componentes esenciales. (Tomado de Morrone., 2015).

4. Taxones terminales: Son los taxones situados en los extremos de las ramas terminales, es decir que están conectados por un solo nodo interno (o con la raíz).

<sup>6</sup> La parsimonia es un pensamiento filosófico en el cual la solución más simple es aceptada sobre la más compleja. En este caso el árbol filogenético más parsimonioso, será aquel que presente el menor número de pasos evolutivos (

<sup>7</sup> El termino taxón hace referencia a un grupo de organismos emparentados, que en una clasificación dada han sido agrupados de manera esencialista. Para más información con respecto a este concepto se recomienda la lectura de Caponi, G. (2011). Los taxones como tipos: Buffon, Cuvier y Lamarck. *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, 18(1), 15-31. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.1590/S0104-59702011000100002>

<sup>8</sup> De acuerdo con Morrone J. (2005). Un cladograma es un diagrama arborescente que refleja las relaciones genealógicas de los taxones terminales, es decir el patrón resultante del proceso evolutivo

En la imagen 2, se presentan los componentes de los cladogramas tipo, en estos se puede representar el tiempo geológico, dibujando la longitud de las ramas en proporción a la cantidad de tiempo que ha transcurrido desde que surgió ese linaje. De la misma forma, independiente del método, podemos encontrar distintos tipos de grupos en un cladograma. Un grupo “Monofilético” es un grupo de especies que contiene al ancestro y todos sus descendientes, mientras que un grupo “Polifilético” representa a un grupo cuyos miembros son derivados de dos o más ancestros. Alternativamente puede existir un grupo “Parafilético” que corresponde a un grupo que excluye algunos miembros que comparten un ancestro común (Imagen 3). El ejemplo clásico de parafilia, lo constituye la clase “Aves”. Este grupo artificial no es monofilético ya que las aves son el grupo hermano de los dinosaurios, así las “aves” corresponderían a un grupo parafilético, pues excluye a los dinosaurios. Del mismo modo la clase Reptilia correspondería a un grupo Monofilético e incluiría a: las tortugas, las aves, los dinosaurios y los lagartos.

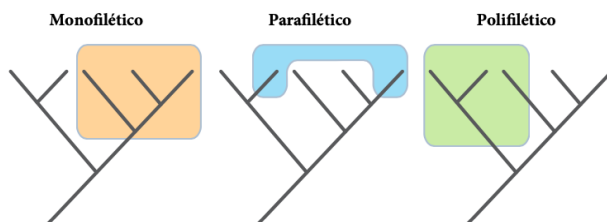


Imagen 3. Grupos dentro de los cladogramas.  
(Tomado de Ibáñez., 2014).

Al estudiar las relaciones filogenéticas entre taxa vivientes, encontramos que algunos comparten un ancestro común más reciente en comparación a otras especies, por lo tanto, tienen diferentes grados de

parentesco en común u homologías<sup>9</sup>. Esta condición es utilizada para reconstruir los árboles filogenéticos. Por ejemplo, para construir el árbol filogenético de la imagen 4, debemos estudiar los caracteres homólogos de las especies (cabeza, aletas, cola) y como éstos difieren entre especies o como se presentan dichos estados de los caracteres (cabezas pequeñas, largas o altas).

Por lo tanto, podemos utilizar los caracteres para inferir como ocurrió la evolución del linaje. En algunos casos algunos estados desaparecen y aparecen nuevamente, lo que llamamos reversiones o algunos estados no cambian entre especies, lo que nombramos como invariables (Peña, 2011). Puesto que el DNA es la molécula de la herencia, los cambios evolutivos deben reflejarse en cambios en el DNA (Freeman, 2012). Los especialistas en

<sup>9</sup> Las “homologías” de los caracteres reflejan el grado de parentesco entre los organismos (relación ancestro-descendiente). Desde el punto de vista evolutivo, las homologías son evidencias de descendencia común, es decir, caracteres que presentan los organismos que pertenecen a un mismo linaje. Adicionalmente, es posible que los organismos muestren similitudes, pero debido a la ancestría, en ese caso se denominan “analogías u homoplasias”.

sistemática utilizan la comparación de esta molécula (específicamente genes) como una herramienta para inferir las relaciones evolutivas y determinar las filogenias más probables. La lógica se basa en que cuando una sola especie se divide en dos, el acervo genético de cada especie resultante comienza a acumular mutaciones, estas serán diferentes porque cada especie ahora evoluciona de manera distinta e independiente, siendo sujeta a fuerzas evolutivas diferenciales entre ellas, evitando el flujo génico entre ambas. En consecuencia, los organismos que están más distantes relacionados acumularán un mayor número de diferencias evolutivas, mientras que dos especies que están más relacionadas compartirán una mayor porción de su DNA. Actualmente, el análisis de DNA mitocondrial en eucariontes se ha convertido en un instrumento de análisis filogenético, pues además de no recombinar,

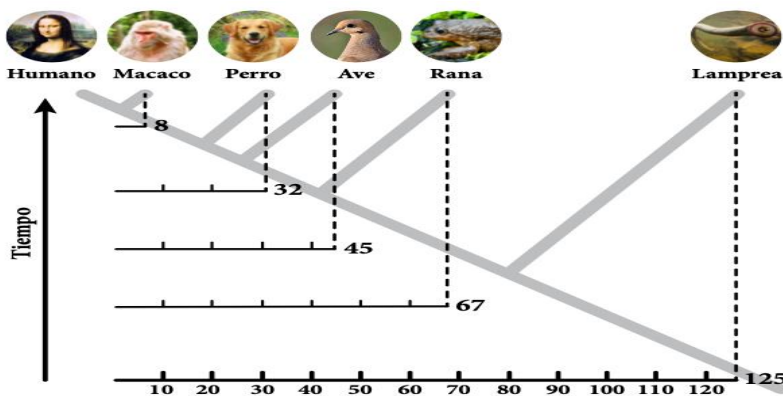


Imagen 5. Cladograma que muestra las diferencias en cuanto a la secuencia alineada del gen de la hemoglobina en vertebrados y por ende el parentesco entre dichos taxones. También se muestra el punto de diversificación tomando en consideración el reloj molecular (Freeman, 2012).

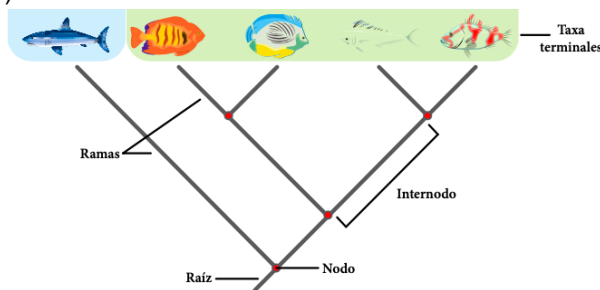


Imagen 4. Cladograma elaborado con base en homologías (Tomado de Ibáñez., 2014)

presentar tasas de mutación adecuadas para la determinación de la distancia genética entre especies (imagen 5). En el caso del DNA también podemos evidenciar sitios invariantes y variables, debido a diferentes grados de homología, pero en este caso podemos estudiar la variación de miles de pares de bases con solo cuatro estados del carácter (A, C, G, T). El análisis y utilización de las secuencias de DNA han generado que se desarrollen sofisticados modelos de cómo evolucionan estos nucleótidos en diferentes tipos de organismos. Estos grandes avances, sumados al desarrollo exponencial de las computadoras y su capacidad, han ayudado a los sistemáticos y biólogos evolutivos a reconstruir nuevas y mejores hipótesis filogenéticas.



Conocer las relaciones evolutivas (ancestro-descendiente) de un grupo de especies es una tarea clave en el estudio de la biología comparativa y la evolución biológica. Las relaciones ancestro-descendiente de las especies pueden ser reconstruidas con datos morfológicos y/o moleculares de linajes extintos y/o existentes y nos pueden ayudar más allá de la sistemática filogenética, que clasifica a los organismos vivos basándose en los árboles filogenéticos y no en las similitudes entre los taxa. Esto implica que las relaciones filogenéticas contienen información no solo de las relaciones ancestro-descendientes sino que también de cómo han evolucionado los rasgos que presentan las especies. Las relaciones de parentesco entre diferentes especies se pueden representar de manera gráfica en un árbol filogenético, el que puede ser inferido con diferentes técnicas filogenéticas y modelos evolutivos y comprender el proceso que ha generado la biodiversidad existente.

### Actividades de aprendizaje

**Actividad 1.** Construyendo árboles filogenéticos. **Instrucciones:** Se te presentan una serie de cladogramas en donde deberás de colocar sus partes o componentes y realizar las interpretaciones que se te pidan en cada uno de ellos.

**Actividad 2. Instrucciones.** En el cladograma A) deberás colocar en las flechas la parte o componente que se representa y colocar los organismos que se encuentran en la base en alguno de los cuadros para completar la filogenia del grupo en cuestión.

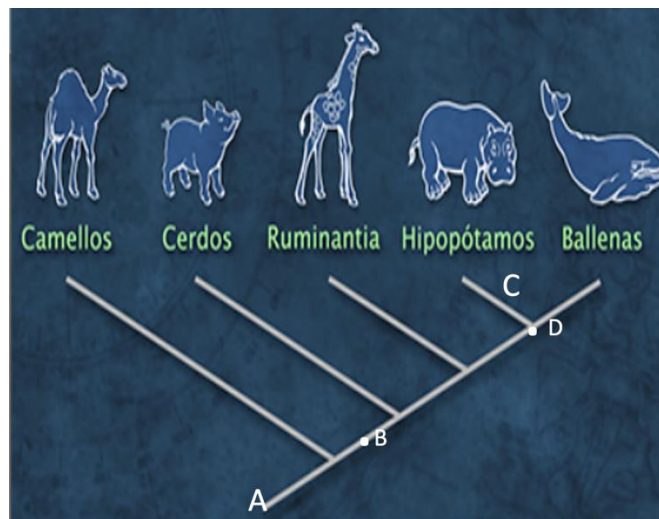


Imagen 1. Imagen recuperada de:  
[https://media.hhmi.org/biointeractive/click/spanish/Phylogenetic\\_Trees/01.html?\\_gl=1\\*17z0bw\\*\\_ga\\*M Tk5ODEzNiA2My4](https://media.hhmi.org/biointeractive/click/spanish/Phylogenetic_Trees/01.html?_gl=1*17z0bw*_ga*M Tk5ODEzNiA2My4)

1.-¿Quiénes están más relacionados de acuerdo con el árbol filogenético?

- a) Camellos y rumiantes
- b) Hipopótamos y ballenas
- c) Cerdos y rumiantes
- d) Cerdos e hipopótamos

2.-¿Qué representa la letra A en el árbol filogenético?

- a) Nodo
- b) Línea terminal
- c) Línea intermedia
- d) Raíz

3.-¿Qué representa la letra B en el árbol filogenético?

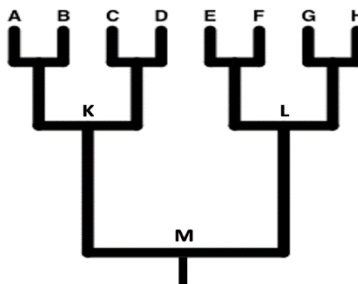
- a) Nodo
- b) Línea terminal
- c) Línea intermedia
- d) Raíz

4.-¿Qué representa la letra C en el árbol filogenético?

- a) Nodo
- b) Línea terminal
- c) Línea intermedia
- d) Raíz

5.-¿Qué representa la letra D en el árbol filogenético?

- a) Nodo interno
- b) Línea terminal
- c) Línea intermedia
- d) Raíz



*Imagen 2. Modificada de [https://espanol.libretexts.org/Biologia/Biología\\_evolutiva\\_del\\_desarrollo/Métodos\\_comparativos\\_filogenéticos\\_\(Harmon\)/10%3A\\_Introducción\\_a\\_los\\_modelos\\_de\\_Nacimiento-Muerte/10.05%3A\\_Topología\\_de\\_árboles%2C\\_forma\\_de\\_árbol\\_y\\_equilibrio\\_de\\_árboles\\_bajo\\_un\\_modelo\\_de\\_nacimiento-muerte](https://espanol.libretexts.org/Biologia/Biología_evolutiva_del_desarrollo/Métodos_comparativos_filogenéticos_(Harmon)/10%3A_Introducción_a_los_modelos_de_Nacimiento-Muerte/10.05%3A_Topología_de_árboles%2C_forma_de_árbol_y_equilibrio_de_árboles_bajo_un_modelo_de_nacimiento-muerte)*

B) Deberás analizar el cladograma e interpretar relaciones de cercanía o distanciamiento,



como ¿Quiénes están más relacionados?

1.- ¿Quiénes están más relacionados de acuerdo con el árbol filogenético?

- e) E vs F
- f) E vs C
- g) A vs C
- h) B vs D

2.- ¿Quiénes están más relacionados de acuerdo con el árbol filogenético?

- a) G vs H
- b) E vs C
- c) A vs C
- d) B vs D

3.- ¿Quiénes están más relacionados de acuerdo con el árbol filogenético?

- a) E vs H
- b) E vs C
- c) C vs F
- d) G vs F

**Actividad 3. Instrucciones:** Analiza las siguientes secuencias de nucleótidos alineadas de ADN de un gen altamente conservado que puede ayudar a determinar la filogenia de los primates. Determina el número de diferencias entre los taxones (especies) que se presentan

<b>Primate</b>	<b>Secuencias de ADN de diferentes especies</b>
<b>Neandertal (n)</b>	TGGTCCTGCAGTCCTCTCCTGGCGCCCCGGGCGCGAGCGGTTGTCC
<b>Humano (h)</b>	TGGTCCTGCTGTCCTCTCCTGGCGCCCTGGGCGCGAGCGGATGTCC
<b>Chimpancé (c)</b>	TGATCCTGCAGTCCTCTTCTGGCGCCCTGGGCGCGTGCGGTTGTCC
<b>Gorila (g)</b>	TGGACCTGCAGTCATCTTCTGCCCGCCCGAGCGCTTGCCGATGTCC
<b>Orangután (o)</b>	ACAACCTGCACTCCTATTCTGCCGAGCCGGGCGCGTGCCAAAGTCC

y completa la matriz de similitud.

**Actividad 4. Instrucciones.** Completa la siguiente matriz de similitud o de comparación entre las secuencias de ADN de los taxones involucrados. Para este caso en particular, coloca el número de diferencias de nucleótidos entre cada uno de los taxones.

	Neandertal	Humano	Chimpancé	Gorila	Orangután
Neandertal	0				
Humano		0			
Chimpancé			0		
Gorila				0	
Orangután					0

1.- Con el número de diferencias entre los taxones elabora el cladograma correspondiente.

### Autoevaluación

**Instrucciones:** Analiza el siguiente texto y realiza la construcción del árbol filogenético. Se ha logrado encontrar y determinar que *Carcharodon ancestralis* (CA) fue una especie de tiburón que dio origen a las especies actuales y a otras que existieron, pero que, lamentablemente se encuentran extintas. Sin embargo, se considera que por un proceso continuo de cambio evolutivo la especie CA, dio origen a *Carcharias taurus* (CT) y a otra especie (*Carcharodon divergensis*, o CD) que posteriormente se alejaría y daría origen por cladogénesis a muchas otras especies siendo reconocidas dos grandes ramas, una originó a la especie extinta *Isurus primitivus* (Ipm) y la otra a *Isurus novus* (Inv) luego de un proceso de divergencia seguido de una anagénesis muy extendida en el tiempo.

Posteriormente, Ipm pasó por un fenómeno de cladogénesis debido a que se generaron cuatro especies *Isurus oxyrinchus* (Ioa), *Isurus cf oxyrinchus* (Iob), *Isurus planus* (Ip) y la especie *Isurus hastalis* (Ih). *Isurus planus* está más relacionada a *Isurus hastalis*.

Por su parte, la especie Inv, originó por un proceso continuo de cambio a *Carcharodon carcharias* (Ccb) y por varios procesos de especiación a *Isurus xipodhon* (Ix), *Isurus escheri* (Ie) y *Carcharodon aff carcharias* (Cca). Se ha determinado que *Isurus escheri* está muy cercanamente relacionada con *Isurus xipodhon* dándose su separación hace muy poco tiempo geológico.

1. ¿El siguiente esquema representa adecuadamente la evolución del género *Carcharodon* e *Isurus*? Explica a detalle:

---

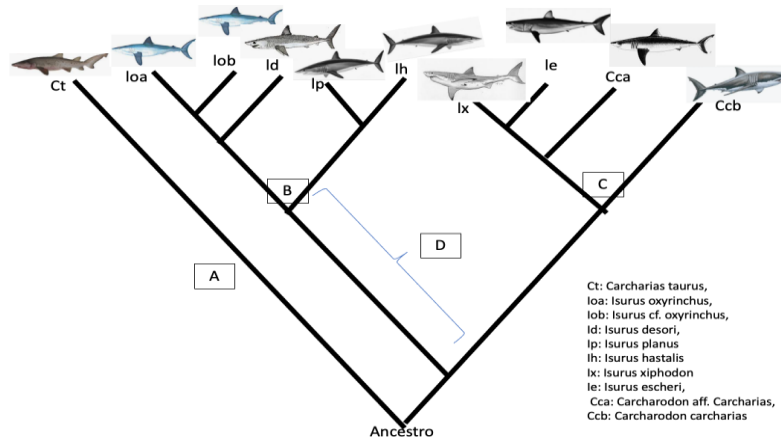


Imagen 3. Reconstruyendo la historia evolutiva de los tiburones se basa en la tesis Tomada de: [https://www.academia.edu/28628789/tesis\\_final\\_Apolin\\_Email\\_1\\_pdf](https://www.academia.edu/28628789/tesis_final_Apolin_Email_1_pdf). Montero y Autinio (2018).

2. ¿Qué especies se encuentran más emparentadas?
  - a) lx vs le
  - b) ld vs loa
  - c) Ccb vs lx
  - d) Ct vs Ccb
  
3. ¿Cuál de las siguientes opciones representa la raíz?
  - a) Ancestro
  - b) B
  - c) C
  - d) D
  
4. ¿Cuál de las siguientes opciones representa a especies monofileticas?
  - a) lx, le, CcA
  - b) lp, lh, lx
  - c) loa, lob, lp
  - d) Ct, ld, lp
  
5. ¿Cuál de las siguientes opciones representa a especies parafileticas?
  - a) lx, le,
  - b) lp, le
  - c) loa, lob
  - d) lp, lh
  
6. ¿Cuál de las siguientes opciones representa un grupo externo?
  - a) Cca
  - b) lh

- c) Id
- d) Ct

Respuestas correctas: 2.a) lx vs le, 3. a) ancestro, 4. a) lx, le, CcA, 5. b) lp, le, 6. d) Ct

## Referencias

- Aun, L. (2012). Tres ejes para la enseñanza de la Sistemática: Una propuesta. *Boletín Biológica*. 25 (6). 29-35. Recuperado el 16 de noviembre de 2023, de [http://www.revistaboletinbiologica.com.ar/pdfs/N25/aun\(aportes25\).pdf](http://www.revistaboletinbiologica.com.ar/pdfs/N25/aun(aportes25).pdf)
- Eloisa, H., Navarro, M. (2005). LA SISTEMÁTICA EN MÉXICO. *Elementos: Ciencia y cultura*, enero-marzo, 12, (057). Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 13-19. Recuperado el 21 de noviembre de 2023 de <https://www.redalyc.org/pdf/294/29405702.pdf>
- Freeman, S., Herron, J. (2002). *Análisis evolutivo*. Prentice Hall. 2da Ed
- Sarukán, J. (1995). Diversidad biológica. *Revista de la Universidad de México*. Septiembre-octubre. 536-537. Recuperado el 12 de noviembre de 2023 en: [http://www.revistadelauniversidad.unam.mx/ojs\\_rum/index.php/rum/issue/view/702](http://www.revistadelauniversidad.unam.mx/ojs_rum/index.php/rum/issue/view/702)
- Moreno, M. (2005). Avances en el conocimiento de la Biodiversidad: Especies. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Sec. Biol.)*, 100 (1-4), 2005, 19-30. Recuperado el 27 de noviembre de 2023 de <http://www.rsehn.es/cont/publis/boletines/87.pdf>
- Morrone, J.J. (2005). *Sistemática, Biogeografía y Evolución*. Los patrones de la Biodiversidad en tiempo y espacio. Coordinación de servicios editoriales de la Facultad de Ciencias, UNAM. México.
- Morrone, J.J., Castañeda, A., Hernández, B., Luis, A. (2010). *Manual de prácticas de sistemática*. Coordinación de servicios editoriales de la Facultad de Ciencias, UNAM. México.
- Reconstruyendo la historia evolutiva de los tiburones se basa en la tesis Tomada de: [https://www.academia.edu/28628789/tesis\\_final\\_Apolin\\_Email\\_1\\_pdf](https://www.academia.edu/28628789/tesis_final_Apolin_Email_1_pdf). Montero y Autinio (2018). Recuperado el 21 de noviembre de 2023.
- Sistemática y filogenia de Vertebrados con énfasis en Argentina [https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/108280/CONICET\\_Digital\\_Nro.bd98c804-fc87-438b-aea3-ea76a83eeb78\\_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/108280/CONICET_Digital_Nro.bd98c804-fc87-438b-aea3-ea76a83eeb78_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y) Recuperado el 24 de noviembre de 2023.

## Imágenes

- Imagen 1. Matriz de similitud utilizada para la elaboración de cladogramas bajo el principio de parsimonia. (Tomado de Morrone., 2005).
- Imagen 2. Cladograma y sus componentes esenciales. (Tomado de Morrone., 2015).
- Imagen 3. Grupos dentro de los cladogramas. (Tomado de Ibáñez., 2014).
- Imagen 4. Cladograma elaborado con base en homologías (Tomado de Ibáñez., 2014)
- Imagen 5. Cladograma que muestra las diferencias en cuanto a la secuencia alineada del gen de la hemoglobina en vertebrados y por ende el parentesco entre dichos taxones. También se muestra el punto de diversificación tomando en consideración el reloj molecular (Freeman, 2012).
- Imagen 6. Reconstruyendo la historia evolutiva de los tiburones se basa en la tesis Tomada de: [https://www.academia.edu/28628789/tesis\\_final\\_Apolin\\_Email\\_1\\_pdf](https://www.academia.edu/28628789/tesis_final_Apolin_Email_1_pdf). Montero y Autinio (2018).
- Imagen 7 . Imagen recuperada de: [https://media.hhmi.org/biointeractive/click/spanish/Phylogenetic\\_Trees/01.html?\\_gl=1\\*17z0bw\\*\\_ga\\*MTk5ODEzNiA2My4](https://media.hhmi.org/biointeractive/click/spanish/Phylogenetic_Trees/01.html?_gl=1*17z0bw*_ga*MTk5ODEzNiA2My4)
- Imagen 8. Imagen 3. Modificada de: [https://espanol.libretexts.org/Biologia/Biología\\_evolutiva\\_del\\_desarrollo/Métodos\\_comparativos\\_filogenéticos\\_\(Harmon\)/10%3A\\_Introducción\\_a\\_los\\_modelos\\_de\\_Nacimiento-Muerte/10.05%3A\\_Topología\\_de\\_árboles%2C\\_forma\\_de\\_árbol\\_y\\_equilibrio\\_de\\_árboles\\_bajo\\_un\\_modelo\\_de\\_nacimiento-muerte](https://espanol.libretexts.org/Biologia/Biología_evolutiva_del_desarrollo/Métodos_comparativos_filogenéticos_(Harmon)/10%3A_Introducción_a_los_modelos_de_Nacimiento-Muerte/10.05%3A_Topología_de_árboles%2C_forma_de_árbol_y_equilibrio_de_árboles_bajo_un_modelo_de_nacimiento-muerte)

## Fuentes de consulta de la unidad I

De acuerdo con el programa de estudios:

Para alumnos:

Audersirk, T. y Audersirk, G. (2008). Biología. (8ª Ed.). México: Prentice Hall International.

Biggs, A. (2007). Biología. México: Glencoe–Mc Graw–Hill.

Campbell, N. A. y Reece, J. B. (2007). Biología. (7ª ed.). México: Editorial Médica Panamericana.

Curtis, H. (2007). Biología. (7ª ed.). México: Editorial Médica Panamericana.

Purves, W. K., et al. (2003). Vida. La ciencia de la biología. (6ª Ed.). España: Editorial Médica Panamericana.

Sadaba, D., Heller, H. C., Orians, G. H. y Purves, W. K. (2009). Vida. La ciencia de la biología. (8ª ed.). México: Editorial Médica Panamericana.

Solomon, E. P. et al. (2008). Biología. (8ª ed.). México: Mc Graw Hill/ Interamericana.

Starr, C., Taggart, R., Evers, C. y Starr, L. (2009). Biología, la unidad y diversidad de la vida. (12ª ed.). México: Cengage Learning Editores.

Para profesores:

Ayala, F. J. (2006). La evolución de un evolucionista. Universidad de Valencia España: Colección Honoris Causa.

Caballero, L. (2008). Emergencia de las formas vivas: aspectos dinámicos de la biología evolutiva. México: Copit Arxives.

Futuyma, D. J. (2005). Evolution. (2th. ed.) usa: Sinauer Associated Press.

Hall, B. K. and Hallgrímsson, B. (2008). Evolution. (4th. Ed.). usa: Jones and Bartlett Publishers.

Herron, J. C. and Freeman, S. (2014). Evolutionary analysis. (5th. Ed.). usa: Pearson.

Margulis, L. y Dolan, M. F. (2009). Los inicios de la vida. La evolución de la tierra precámbrica. España: Cátedra de Divulgación de la Ciencia. Publicaciones de la Universitat de Valencia.

Raven, P. H. et al. (2005). Biology. (7th. Ed.). usa: McGraw-Hill.

Ridley, M. (2004). Evolution. (3th. Ed.). usa: Blackwell Science.

# Unidad II

¿Por qué es importante el  
conocimiento de la biodiversidad  
de México?



**Propósito:** Al finalizar la unidad el alumno, comprenderá la importancia de la biodiversidad, a partir del análisis de su caracterización, para que valore la necesidad de su conservación en nuestro país.

## PRESENTACIÓN DE LA UNIDAD II

En esta unidad se considera la importancia del conocimiento de la biodiversidad de México. Cuyo propósito busca la comprensión de la importancia de la biodiversidad, a partir del análisis de su caracterización, para que se valore la necesidad de su conservación en nuestro país.

Para lograr lo anterior la unidad se divide en dos temáticas generales: 1) Caracterización de la biodiversidad y 2) Biodiversidad de México.

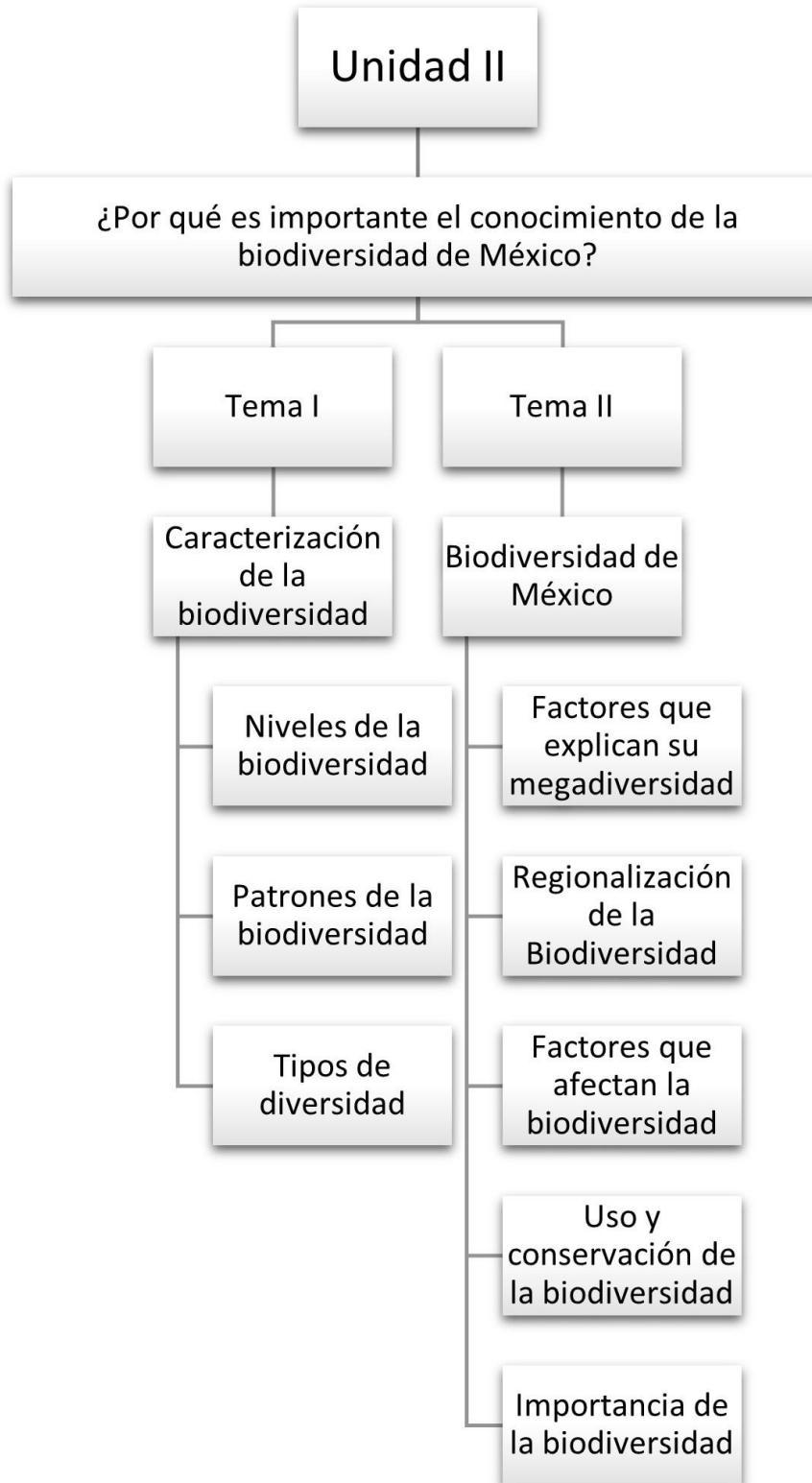
En la primera temática los estudiantes encontrarán el desarrollo de contenidos referentes a niveles de la biodiversidad, patrones de la biodiversidad y tipos de diversidad. Para lograrlo deberán: analizar los niveles genético, ecológico y biogeográfico de la biodiversidad; contrastar los patrones taxonómicos, ecológicos y biogeográficos de la biodiversidad; y relacionar los tipos y la medición de la biodiversidad con el concepto de megadiversidad.

Durante la segunda temática se revisan los factores que explican la megadiversidad de México, la regionalización de la Biodiversidad, los factores que afectan la biodiversidad, el uso y conservación de la biodiversidad y por último la Importancia de la biodiversidad. Dicha revisión implica: comprender los factores que determinan la megadiversidad de México; explicar que en el país la riqueza de especies, la abundancia, la distribución y los endemismos determinan la regionalización de la biodiversidad; relacionar los factores naturales y antropogénicos con la pérdida de la biodiversidad; identificar acciones para el uso y la conservación *in situ* y *ex situ* de la biodiversidad en México; y por último, comprender el valor de la biodiversidad y proponer acciones para el mejoramiento de su entorno.

Como se ha mencionado en otros apartados de la presente guía, en cada uno de los aprendizajes se hace énfasis lo que debe lograr el estudiante, los conceptos clave que se deben tomar en cuenta, un resumen, el desarrollo de los contenidos, actividades de aprendizaje, una sección de autoevaluación y las referencias.

Dichos apartados ayudarán a los estudiantes a la guía y apropiación de los aprendizajes considerados, además de la resolución de diversas actividades y un ejercicio de autoevaluación por aprendizaje. Se recomienda ir a las referencias mencionadas tanto por aprendizaje como de la unidad II que se encuentran al final, para profundizar en los contenidos que los alumnos consideren necesarios.

## Estructura de la unidad II





## Lista de aprendizajes la unidad II

El alumno:

✓ **Analiza los niveles genético, ecológico y biogeográfico de la biodiversidad.**

✓ **Contrasta los patrones taxonómicos, ecológicos y biogeográficos de la biodiversidad.**

✓ **Relaciona los tipos y la medición de la biodiversidad con el concepto de megadiversidad.**

✓ **Comprende los factores que determinan la megadiversidad de México.**

✓ **Explica que en el país la riqueza de especies, la abundancia, la distribución y los endemismos determinan la regionalización de la biodiversidad.**

✓ **Relaciona los factores naturales y antropogénicos con la pérdida de la biodiversidad.**

✓ **Identifica acciones para el uso y la conservación in situ y ex situ de la biodiversidad en México.**

✓ **Comprende el valor de la biodiversidad y propone acciones para el mejoramiento de su entorno.**

## TEMA I. CARACTERÍSTICAS DE LA BIODIVERSIDAD

### NIVELES DE LA BIODIVERSIDAD

#### Aprendizaje

El alumno:

Analiza los niveles genético, ecológico y biogeográfico de la biodiversidad.

#### Conceptos clave

Diversidad genética, diversidad de especies, diversidad ecosistémica, riqueza de especies, abundancia de especies.

#### Resumen

El término Biodiversidad es un neologismo empleado por primera vez por E. O. Wilson como sinónimo de diversidad biológica y se entiende como la variedad de todos los tipos y formas de vida, desde los genes a las especies a través de una amplia escala de ecosistemas”.

Comprende 3 niveles principales de estudio

1. El genético (que estudia la diversidad de genes dentro de y entre las especies, ya que hay una variabilidad genética entre especies e individuos de la misma especie),
2. El taxonómico o de especies (que trata sobre la diversidad de los distintos taxones: especies, géneros),
3. El ecológico (que investiga la variedad a un nivel superior de organización como son los ecosistemas).

#### Desarrollo de los contenidos

Sabías que actualmente aun es desconocido el número exacto de especies que habitan en nuestro planeta? Se ha calculado que han sido descritas entre 1, 750 000 a 2 000, 000 de especies; Sin embargo, estas son solo una fracción del total de especies que existen en la actualidad y aun una fracción ínfimamente minúscula de las especies que han existido a lo largo de la historia de la vida en el planeta (CONABIO, 2023).

Los humanos cohabitamos con otras formas de vida que pueden presentarse de la manera más variada conformando una inmensa gama a la que se denomina biodiversidad. Esta heterogeneidad de vida, producto de cambios evolutivos a lo largo del tiempo, incluye toda la escala de organización de los seres vivos y se organiza en tres niveles: el de genes, que

constituyen las bases moleculares de la herencia; el de las especies, que son conjuntos de organismos afines capaces de reproducirse entre sí y dejar descendencia viable, y el de los ecosistemas, que son complejos funcionales formados por los organismos y el medio físico en el que habitan (Muñiz, E., Velasco, T., Albarracín, C., Correa, M., De Juana, C., Morales, M., Lunar, R., Jiménez, M., Rodríguez, M., Lauria, L. (2000). Por su parte, Nuñez y col (2003), mencionan que la biodiversidad es un concepto fundamental, complejo y general, que abarca todo el espectro de organización biológica, desde genes hasta comunidades y sus componentes estructurales, funcionales y de composición, así como las escalas de espacio y tiempo.

De la misma forma Wilson, (1997), define a la biodiversidad como toda la variación de la base hereditaria, en todos los niveles de organización, desde los genes en una población local o especie (nivel genético), hasta las especies que componen toda o una parte de una comunidad local (nivel de especies), y finalmente en las mismas comunidades que componen la parte viviente de los múltiples ecosistemas del mundo (nivel de ecosistemas). Abarca, por tanto, todos los tipos y niveles de variación biológica. La biodiversidad resulta de procesos y patrones ecológicos y evolutivos irrepetibles (Jeffries, 1997). Por lo mismo, la configuración actual de la diversidad biológica puede explicarse históricamente mediante el análisis de los procesos que han dado origen, han mantenido y han alterado la biodiversidad, tales como la diversificación genética y de especies, las extinciones y la dinámica de las comunidades y los ecosistemas.

### **Nivel genético**

La diversidad genética hace referencia a la variedad de genes que existen en los miembros de una misma especie, su genoma particular. El genoma se distribuye de forma diferente en cada individuo (genotipo) ya que en la reproducción sexual permite la combinación de los genes de los progenitores. El genotipo de cada individuo se expresa en el fenotipo, es decir, aunque provengan de los mismos progenitores, cada descendiente recibe diferentes genotipos que al expresarse en el fenotipo presentan características particulares que los hacen únicos. Se considera que entre mayor diversidad genética tenga la especie, mayor potencial de evolución presentará y por lo tanto esa especie tendrá más posibilidades de supervivencia sobre todo cuando se presentan condiciones desafortunadas que cambian las presiones de selección habituales.



Imagen 1. Nivel genético. Tomado de: <https://nuevaescuelamexicana.sep.gob.mx/detalle-ficha/37060/>

### Nivel de especies

Diversidad de especies, variedad de especies o diversidad específica

En este nivel encontramos a la variedad de especies que se encuentran en un espacio determinado y en un tiempo determinado. Podemos decir, que básicamente corresponden con el número de especies que determinan una comunidad ecológica "riqueza biológica". Las diferentes especies pueden estar distribuidas en zonas muy amplias que abarcan muchos países, o bien, se pueden encontrar únicamente en áreas muy restringidas; a éstas se les conoce como especies endémicas (Toledo, 1994).



Imagen 2. Nivel de especies. Tomado de:

[https://es.wikipedia.org/wiki/Biodiversidad\\_global#/media/Archivo:Kingdom\\_of\\_animals.png](https://es.wikipedia.org/wiki/Biodiversidad_global#/media/Archivo:Kingdom_of_animals.png)

### Nivel de ecosistemas

Diversidad o variedad de ecosistemas o diversidad ecosistemática. El último nivel es el de la diversidad de ecosistemas, que se refiere a la variedad de comunidades de organismos que se encuentran en áreas determinadas e incluyen las diferentes especies que la componen, los papeles ecológicos que desempeñan, los hábitats que existen y los cambios en la composición de especies de una zona a otra, además de las interacciones de todo tipo

que se presentan. Los países que contienen la mayor cantidad de especies son llamados megadiversos.



Imagen 3. Nivel de ecosistemas. Tomado de: <https://www.ecologiaverde.com/diversidad-de-ecosistemas-que-es-y-ejemplos-2907.html>

México es considerado un país megadiverso, ya que forma parte del selecto grupo de naciones poseedoras de la mayor cantidad y diversidad de animales y plantas, casi el 70% de la diversidad mundial de especies. Para algunos autores el grupo lo integran 12 países: México, Colombia, Ecuador, Perú, Brasil, Congo, Madagascar, China, India, Malasia, Indonesia y Australia. Otros, suben la lista a más de 17 países, añadiendo a Papúa Nueva Guinea, Sudáfrica, Estados Unidos, Filipinas y Venezuela.

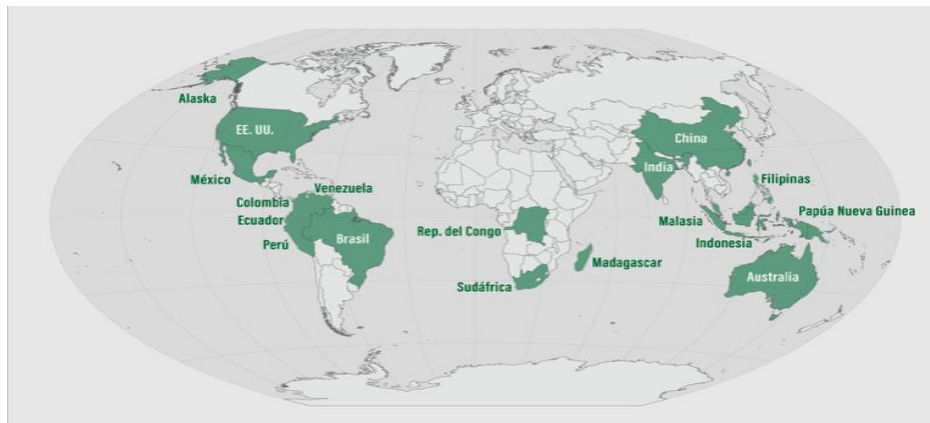


Imagen 4. Países megadiversos en el mundo. Tomado de: <https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/quees>

### Actividades de aprendizaje

**Instrucciones.** Lee y analiza el siguiente caso:

#### **Un caso de la importancia del nivel genético de la biodiversidad en los cafetales**

Hace algunos años se presentó una problemática en la Finca Argovia, ubicada en el estado de Chiapas, la cual se ubica en las faldas de la Sierra Madre de Chiapas, en donde ofrece

una combinación de paisajes que permiten apreciar el volcán Tanacá de fondo y sentir el aroma de los cafetales. Este lugar es uno de los sitios imperdibles en 'La Ruta del Café'. En esta finca en particular, se sembró la variedad de café **Robusta tipo Maragogipe**, de granos muy grandes y gran calidad, esta variedad surgió como una mutación del cafeto criollo y presenta un sabor suave, perfumado y sutil. Debido a estas características de sabor, la finca decidió hacer monocultivo de café y eliminó a todo tipo de hierba y animales en el cafetal, esperando tener grandes ganancias. Sin embargo, no contaron con que la roya del café azotaría con fuerza acabando con todo el plantío de café. Recordemos, que la roya del café es provocada por el hongo *Hemileia vastatrix*, considerada una de las enfermedades de plantas más catastróficas. Está dentro de las siete plagas y/o enfermedades de las plantas que ha dejado mayores pérdidas en los últimos 100 años. Es el principal problema fitosanitario de alto impacto para la caficultura. Las pérdidas en América Latina se calculan en 30% de las cosechas. El impacto socio económico que puede generar una epidemia de roya del cafeto en Latinoamérica es de dimensiones incalculables.



Imagen 5. Finca cafetalera Argovia. Imagen que muestra el método de cultivo cafetalero en una finca monocultivo. Tomado de <https://www.forbes.com.mx/forbes-life/tres-fincas-cafetalaras-que-debes-conocer-en-chiapas/>

**Responde las preguntas que se plantean a continuación:**

- ¿Por qué se presentó una pérdida total de la producción de café **Robusta tipo Maragogipe** en la finca, toda mata de café se infestó de la Roya?
- Si consideráramos a la finca como un ecosistema natural, podríamos decir que la diversidad genética del cafetal era alta o baja. Explica a detalle.
- ¿Cuál es el riesgo de tener una población o una especie con poca variabilidad genética?

Al mismo tiempo, en la Finca ejidal: El Hermosillo, la cual se encuentra a escasos 3 km de distancia; la producción de café se llevó a cabo con la asesoría de Biólogos, ecólogos, agrónomos y técnicos fitosanitarios quienes recomendaron a los ejidatarios colocar café Criollo o Typica, Bourbon, Caturra (originada de una probable mutación de cafetos tipo Bourbon), Catimor (surgió gracias a una mezcla de Caturra y otro híbrido conocido como Timor), Maragogipe, Mundo Novo, Garnica, Oro azteca. Aunado a lo anterior, permitieron que crecieran plantas nativas en los alrededores de las plantas del café e inclusive colocaron fosas de agua para atraer a mamíferos, insectos, reptiles entre otros organismos. En esta Finca, también se hizo presente la roya, pero sólo generó la pérdida del 12% de la producción de café que se estimó al inicio de la siembra.

**Responde las preguntas que se plantean a continuación:**

- ¿Por qué se presentó solo una pérdida del 12% de la producción de café en la finca el Hermosillo, si en la otra finca, el cultivo de Robusta tipo Maragogipe provocó una pérdida total?
- Si consideráramos a la finca el Hermosillo como un ecosistema natural, podríamos decir que la diversidad genética del cafetal era alta o baja. Explica a detalle.
- ¿Cuál es la ventaja de tener una población o una especie con alta diversidad genética?

**La importancia del nivel de especies de la biodiversidad**

Unos meses previos a que apareciera la roya en los cafetales antes mencionados se generó una controversia sobre los polinizadores que visitaban cada una de las fincas y se decidió determinar las especies que realizaban la labor de polinización encontrando que en la Finca Argovia dedicada al monocultivo se presentaban la siguientes especies: *Clossophaga commissarisi* (36 registros), *Clossophaga moreno* (120 individuos), *Myotis keaysi* (37 registros), *Anoura geoffroyi* (50 registros) *Hylonycteris underwoodi* (89 registros) mientras que en la Finca el Hermosillo se encontraron los siguientes registros de especies polinizadoras *Clossophaga commissarisi* (28 registros), *Clossophaga moreno* (10 registros), *Anoura geoffroyi* (18 registros), *Hylonycteris underwoodi* (26 registros), *Enchisthenes hartii* (23 registros), *Artibeus jamaicensis* (19 registros), *Artibeus toltecus* (11 registros), *Artibeus phaeotis* (22 registros), *Artibeus lituratus* (12 registros), *Sturnira lilium* (14 registros),

*Micronycterys microtis* (28 registros), *Carollia sowelli Baker* (34 registros), *Desmodus rotundus* (15 registros), *Mormoops megalophylla* (16 registros) y *Myotis keaysi* (17 registros).

**Responde las preguntas que se plantean a continuación:**

- ¿Cuántos registros de polinizadores se presentaron en cada finca? Argovia: \_\_\_\_\_

El Hermosillo: \_\_\_\_\_

- ¿Cuántas especies polinizadoras se presentaron en cada finca? Argovia: \_\_\_\_\_

El Hermosillo: \_\_\_\_\_

- ¿Cuál finca tiene un mayor nivel de biodiversidad de especies? Explica a detalle.

**Diversidad de ecosistemas**

Analiza el texto: Las comunidades vegetales terrestres de Chiapas. Recuperado de: [https://www.biodiversidad.gob.mx/region/EEB/estudios/ee\\_chiapas](https://www.biodiversidad.gob.mx/region/EEB/estudios/ee_chiapas)

De acuerdo con diversos estudios, para Chiapas se reconocen 17 tipos de vegetación o principales formaciones vegetales divididos dos series principales: las “formaciones óptimas”, que no tienen una estación seca apreciable, y las “formaciones estacionales”, con una estación seca de uno a seis meses de duración. También hay otras dos series que se reconocen como artificiales: una serie de formaciones no arboladas y otra de formaciones arboladas de áreas inundables.

Los 17 tipos de vegetación o formaciones vegetales principales en Chiapas, incluyen 1 516 especies, subespecies y variedades de hábito arbóreo pertenecientes a cuando menos 105 familias botánicas.



## Guía para el examen extraordinario de Biología IV – CCH Oriente

Formaciones óptimas	Formaciones estacionales	Formaciones arboladas de áreas inundables	Formaciones no arboladas
1. Bosque tropical lluvioso	5. Bosque estacional Perennifolio	10. Sabana	14. Matorral perennifolio de neblina
2. Bosque lluvioso de montaña baja	6. Bosque de pino-encino liquidámbar	11. Canacoital	15. Tular
3. Bosque lluvioso de montaña	7. Selva baja caducifolia	12. Palmar	16. Popal
4. Bosque perennifolio de neblina	8. Bosque de pino-encino	13. Manglar	17. Matorral de dunas costeras
	9. Selva baja espinosa caducifolia		

Imagen 6. Biodiversidad de ecosistemas en Chiapas. Estudio de caso CONABIO. Tomado de: [https://www.biodiversidad.gob.mx/region/EEB/estudios/ee\\_chiapas](https://www.biodiversidad.gob.mx/region/EEB/estudios/ee_chiapas)

Por otro lado, el estado de Chiapas es privilegiado en cuanto a la gran diversidad de ecosistemas acuáticos y recursos hídricos formados por lagos, ríos caudalosos, lagunas costeras y estuarios; comprenden alrededor de 30 % de la red hidrológica del país y representan el sistema hidrológico de mayor extensión en Mesoamérica.

En las zonas bajas tropicales en el estado se desarrollan comunidades de humedales (alrededor de 69 000 ha). Si bien los bosques de manglar son las áreas boscosas más importantes, las áreas más notables por la riqueza de especies vegetales son los pantanos, las áreas de manglar-selva baja y la vegetación de dunas costeras. Las áreas de estos tipos de vegetación mejor conservadas se encuentran dentro de la Reserva de La Biosfera “La Encrucijada” y áreas reducidas de las Reservas “El Gancho Murillo” y “El Cabildo-Amatal”.

### Responde la pregunta que se plantea a continuación:

- ¿Cuáles datos del texto hacen alusión exclusivamente al concepto de biodiversidad a nivel de ecosistemas?

## Autoevaluación

**Instrucciones.** Lee detalladamente las siguientes preguntas y contesta lo que se te pide:

1. La siguiente imagen muestra las diferentes variedades del chile y es alusiva al nivel: \_\_\_\_\_ de la biodiversidad



Imagen 1. Diversidad de chiles. Recuperado de [https://www.facebook.com/infoagronomo/photos/a.1015591808572941/1449231255208992/?type=3&locale=es\\_LA](https://www.facebook.com/infoagronomo/photos/a.1015591808572941/1449231255208992/?type=3&locale=es_LA)

- A) Ecológico
- B) Genético
- C) Especies

2. La siguiente imagen muestra diferentes variedades de calabaza *Cucurbita moschata* cultivada en México y es alusiva al nivel: \_\_\_\_\_ de la biodiversidad



Imagen 2. Calabazas *Cucurbita*. recuperado de [https://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium-bin/janium\\_zui.pl?jzd=/janium/Documentos/ETAPA06/AP/15251/d.jzd&fn=15251](https://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium-bin/janium_zui.pl?jzd=/janium/Documentos/ETAPA06/AP/15251/d.jzd&fn=15251)

- A) Ecológico
- B) Genético
- C) Especies

3. La siguiente imagen muestra los resultados de un estudio de campo, en ella se puede interpretar la biodiversidad a nivel de : \_\_\_\_\_

Guía para el examen extraordinario de Biología IV – CCH Oriente

División o Filo	No. de especies en Chiapas
Hongos	611
Algas marinas bénticas	52
Algas dulceacuólicas	81
Helechos	698
Orquídeas	568
Bromelias	161
Plantas acuáticas	45

Imagen 3. Especies de Chiapas. Recuperado de [https://www.biodiversidad.gob.mx/region/EEB/estudios/ee\\_chiapas](https://www.biodiversidad.gob.mx/region/EEB/estudios/ee_chiapas)

A) Ecológico

B) Genético

C) Especies

4. La siguiente imagen muestra las diferentes variedades del frijol y es alusiva al nivel: \_\_\_\_\_ de la biodiversidad.



Imagen 4. Variedad de frijol. Recuperado de <https://www.scielo.org.mx/pdf/abm/n118/2448-7589-abm-118-00053.pdf>

A) Ecológico

B) Genético

C) Especies

5. La siguiente imagen muestra organismos presentes en un bosque templado y es alusiva al nivel: \_\_\_\_\_ de la biodiversidad.



Imagen 5. Bosque templado Recuperado de <https://www.pinterest.com.mx/pin/517139969685960265/>

- A) Ecológico
- B) Genético
- C) Especies

6. La siguiente imagen muestra organismos interactuando entre sí y con el medio físico del océano, por lo cual es alusiva al nivel: \_\_\_\_\_ de la biodiversidad



Imagen 6. Ecosistema acuático recuperado de <https://concepto.de/ecosistema-acuatico/>

- A) Ecológico
- B) Genético
- C) Especies

Respuestas correctas: 1 B, 2B, 3C, 4B, 5C, 6A

## Referencias

CONABIO (s.f.) Consultado el 10 de noviembre de 2023 de <https://www.biodiversidad.gob.mx/especies/cuantasesp>

Jeffries, M. (1997). *Biodiversity and conservation*. Routledge. Londres, Inglaterra. 4-6.

Muñiz, E., Velasco, T., Albarracín, C., Correa, M., De Juana, C., Morales, M., Lunar, R., Jiménez, M., Rodríguez, M., Lauria, L. (2000). *Biología*.

Núñez, Irama, González-Gaudiano, Édgar, Barahona, Ana. (2003). La biodiversidad: historia y contexto de un concepto. *Interciencia*, 28(7), 387-393. Recuperado en 13 de noviembre de 2023, de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442003000700006&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442003000700006&lng=es&tlng=es)

Smith, R., Smith, T. (2006). *Ecología*. Pearson Addison Wesley.

Toledo V (1994) La diversidad biológica de México. *Ciencias* 34: 43-59. Recuperado de <https://www.revistacienciasunam.com/pt/186-revistas/revista-ciencias-34/1757-la-diversidad-biológica-de-méxico-nuevos-retos-para-la-investigación-en-los-noventas.html>

Wilson E, Peter FM (1988) *Biodiversity*. National Academy Press. Washington DC, EEUU.

### Imágenes

1. Finca cafetalera. Imagen que muestra el método de cultivo cafetalero en una finca monocultivo. Tomado de <https://www.forbes.com.mx/forbes-life/tres-fincas-cafetaleras-que-debes-conocer-en-chiapas/>
2. Biodiversidad del Chile [https://www.facebook.com/infoagronomo/photos/a.1015591808572941/1449231255208992/?type=3&locale=es\\_LA](https://www.facebook.com/infoagronomo/photos/a.1015591808572941/1449231255208992/?type=3&locale=es_LA)
3. Cartel de divulgación de la calabaza [https://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium-bin/janium\\_zui.pl?jzd=/janium/Documentos/ETAPA06/AP/15251/d.jzd&fn=15251](https://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium-bin/janium_zui.pl?jzd=/janium/Documentos/ETAPA06/AP/15251/d.jzd&fn=15251)
4. Especies de Chiapas, [https://www.biodiversidad.gob.mx/region/EEB/estudios/ee\\_chiapas](https://www.biodiversidad.gob.mx/region/EEB/estudios/ee_chiapas)
5. Variedad de frijol Recuperado de <https://www.scielo.org.mx/pdf/abm/n118/2448-7589-abm-118-00053.pdf>
6. Especies del Bosque templado Recuperado de <https://www.pinterest.com.mx/pin/517139969685960265/>
7. Ecosistema acuático: <https://concepto.de/ecosistema-acuatico/>
- 8.- Nivel genético. Recuperado de: <https://nuevaescuelamexicana.sep.gob.mx/detalle-ficha/37060/>
9. Nivel de especies. Tomado de: [https://es.wikipedia.org/wiki/Biodiversidad\\_global#/media/Archivo:Kingdom\\_of\\_animals.png](https://es.wikipedia.org/wiki/Biodiversidad_global#/media/Archivo:Kingdom_of_animals.png)
10. Nivel de ecosistemas. Tomado de: <https://www.ecologiaverde.com/diversidad-de-ecosistemas-que-es-y-ejemplos-2907.html>
11. Países megadiversos en el mundo. Tomado de: <https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/quees>

Materiales de apoyo cibergráfico

<https://e1.portalacademico.cch.unam.mx/alumno/biologia2/unidad1/biodiversidad/niveles>

## PATRONES DE LA BIODIVERSIDAD

### Aprendizaje

El alumno:

Contrasta los patrones taxonómicos, ecológicos y biogeográficos de la biodiversidad con el concepto de megadiversidad.

### Conceptos clave

Biodiversidad, megabiodiversidad, taxonomía, biogeografía, zoogeografía, fitogeografía, gondwana, pangea, deriva continental, biomas y gradiente de biodiversidad.

### Resumen

La diversidad biológica o biodiversidad es definida como la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otros, los ecosistemas terrestres y marinos y otros sistemas acuáticos, y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas. La diversidad Biológica no está distribuida de manera uniforme en el planeta.

La rama de la Biología que se encarga de estudiar los patrones de distribución de la biodiversidad, es la Biogeografía, dividiéndose en zoogeografía para el caso de los animales y fitogeografía para las plantas. Incluye el estudio de las distribuciones de los seres vivos, desde vertientes históricas y ecológicas.

### Desarrollo de los contenidos

En 1992, el Convenio sobre Diversidad Biológica y el Programa Ambiental de las Naciones Unidas, definieron a la biodiversidad como la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otros, los ecosistemas terrestres y marinos y otros sistemas acuáticos, y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas. De lo anterior se deriva que la biodiversidad debe ser abordada a escala de ecosistemas, especies y genes. El término comprende diferentes escalas biológicas.

En 1997 el investigador Russell Mittermeier, realizó una estimación del número de especies de distintos grupos de seres vivos, logrando establecer la lista de los países con mayor diversidad en el mundo. De los 170 países actualmente reconocidos en el planeta, únicamente 17 son considerados como megabiodiversos en función de la cantidad de ecosistemas que tienen y la enorme cifra de especies que viven en ellos, considerada entre



el 60 y 70% de la diversidad total de la tierra. En ese contexto, México es considerada una nación megabiodiversa.

La Biodiversidad, la variedad de la vida, está distribuida heterogéneamente en el planeta. La heterogeneidad en la riqueza de especies, en particular, es una de las características más importantes del mundo natural. Una proporción substancial de variación regional en cuanto a riqueza de especies puede ser explicada estadísticamente en términos de unas las variables ambientales involucradas.

El número de especies y sus abundancias está determinado por la tasa de nacimiento, mortalidad, inmigración e inmigración en un área. Esas tasas están determinadas por los efectos de factores abióticos y bióticos actuando en escalas locales y regionales.

De tal manera, la relación entre la riqueza de especies y la variedad de ecosistemas puede considerarse como asociada con gradientes de latitud, elevación y profundidad. Sin embargo, no es simplemente el estado actual de tales factores (lo cual sin duda es importante), sino también su dinámica histórica. El estudio de los patrones globales de biodiversidad exige una visión que incluye desde la genética hasta la ecología.

### Patrones Taxonómicos

La taxonomía es la rama de la Biología que se encarga de estudiar la clasificación de los seres vivos en un contexto jerárquico, y de nombrar a cada una de las especies de manera única y reconocible. La unidad básica de clasificación es la especie y de ahí van surgiendo las demás categorías de manera anidada, hasta llegar a la máxima que es el dominio.

Dominio → Reino → Filum → Clase → Orden → Familia → Género → Especie

Actualmente hay diez millones de especies descritas en el mundo (Figura 1), no obstante cuando solo vemos las cifras, perdemos de vista que las especies no están distribuidas de manera uniforme en el planeta.

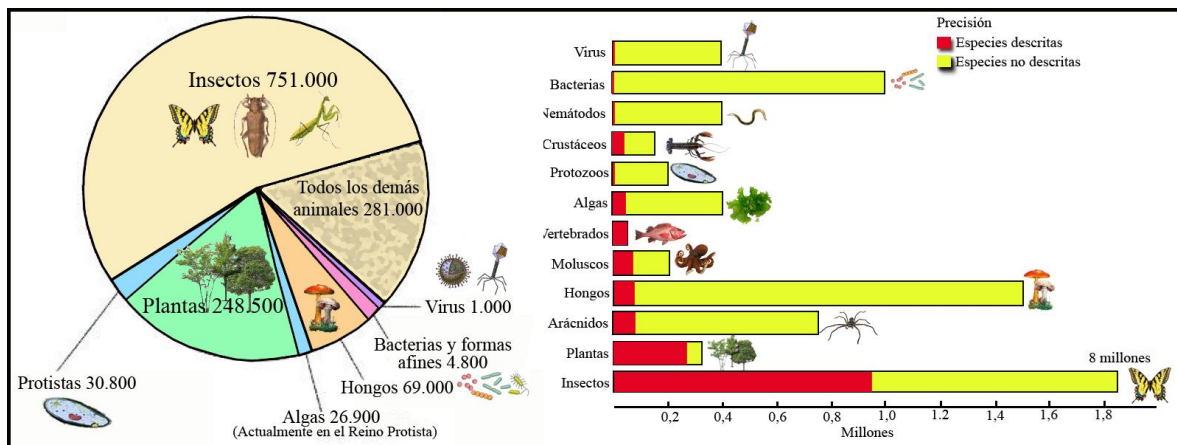


Figura. 1.- Proporción de especies actualmente descritas en el planeta (Licencia: CC BY 3.0)

En los siguientes apartados se mencionan los taxones que se encuentran en diferentes regiones de la tierra. Es de destacar que la mayor parte de los taxones mencionados en los distintos incisos están en peligro de extinción.

### **Patrones Biogeográficos**

La biogeografía es el estudio de los patrones de organización espacial de la diversidad biológica y de los procesos que han generado y mantenido dichos patrones.

Se divide en dos ramas, que son:

1. Zoogeografía, se refiere a la distribución de los animales.
2. Fitogeografía, se refiere a la distribución de las plantas.

Tiene dos vertientes principales:

1. Histórica (evolutiva)
2. Ecológica

### **Deriva continental y tectónica de placas**

En 1885 el geólogo suizo Suess propuso la existencia de un supercontinente que incluía India, África y Madagascar, posteriormente añadiendo a Australia y a Sudamérica. A este supercontinente le denominó Gondwana (Figura 2), el cual tendría diferentes fragmentaciones, hasta formarse la Pangea, propuesta por Wegener en 1910. Este super continente se habría separado y formado los continentes actuales, esta teoría se denominó deriva continental y gracias al estudio de las estructuras geológicas producidas por deformación de la corteza terrestre se le ha denominado tectónica de placas (Figura 3).

La tectónica de placas explica en parte por qué cada continente tiene organismos que les son particulares. Por ejemplo, la fauna mamífera-marsupial habría estado ya presente en Australia, Sudamérica y el sur de África, antes de la separación de los continentes. Cuando la separación se concretó, se volvió la fauna dominante en el caso de Australia, en Sudamérica habrían sobrevivido 8 diferentes especies, incluyendo a *Didelphis marsupialis* una de las especies de tlacuaches. Cuando surgió Panamá, migraron al norte y hoy día podemos encontrar tlacuaches desde Alaska hasta la Patagonia. Los marsupiales de África se extinguieron.



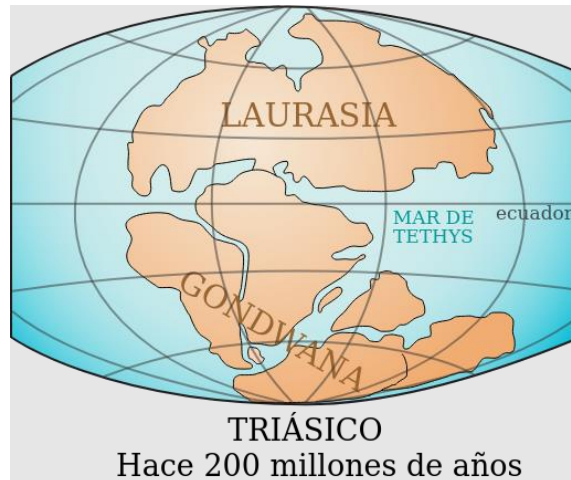


Figura. 2. Supercontinente Gondwana (Autor: Lenny Kisar. Licencia: CC BY 3.0).

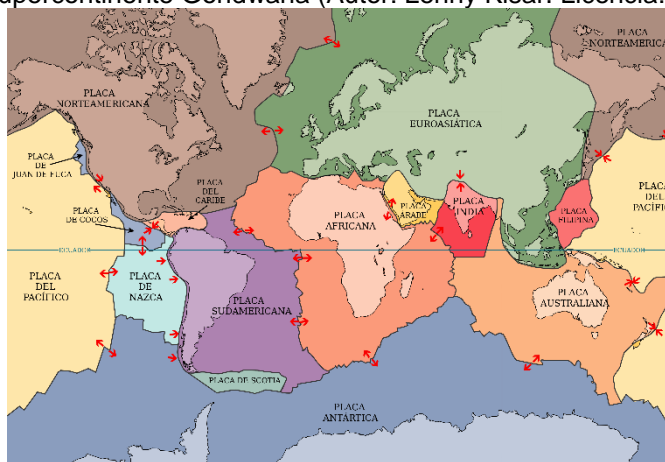


Fig. 3. Tectónica de placas (Autor Darica. Licencia: CC BY 3.0).

### Distribución de los animales (Figura 4)

1. Región Holártica. Comprende América del norte (con excepción de las tierras bajas de México) y Eurasia (al Norte de las montañas del Atlas y del Himalaya). Esta comprende dos subregiones, la norteamericana o Neártica y la euroasiática o Paleártica. El orden Caudata de los anfibios es característico de esta región.
2. Región Oriental. Comprende la India, la península de Indochina y el archipiélago malayo, hasta el estrecho de Makasar los Dermoptera (lémures voladores) solamente viven en esta región. El orden Pholidota (o sea los pangolines) se encuentran en la región oriental y etiópica.
3. Región Australiana. Se encuentra al este de la región oriental y comprende las islas de Borneo, las Célebes, las de Sonda (al este de Bali), Australia, Tazmania y Nueva Zelanda. De los reptiles, el orden Rhynchocephalia únicamente está representado en esta región, los tinamiformes (perdices selváticas) y los casuariformes son también exclusivos de la región.

Mientras que el orden Marsupialia (tiacuaches, canguros y otros) solo están representados en la región Australiana y Neotropical.

4. Región Etiópica. Formado al sur de las montañas del Atlas por el resto del continente Africano. De las aves, el orden Struthioniformes (avestruces) es exclusivo de esta región.

5. Región Malgache. Formada por las islas de Madagascar con las de Reunión y Mauricio.

6. Región Neotropical. Comprende la reunión de las tierras bajas de México y Centroamérica y toda la América del Sur. Los Rheiformes (ñandúes) son característicos de esta región, el orden Marsupialia que se encuentra también en Australia. Los armadillos y osos hormigueros habitantes de la región Neotropical, así como Neártica.

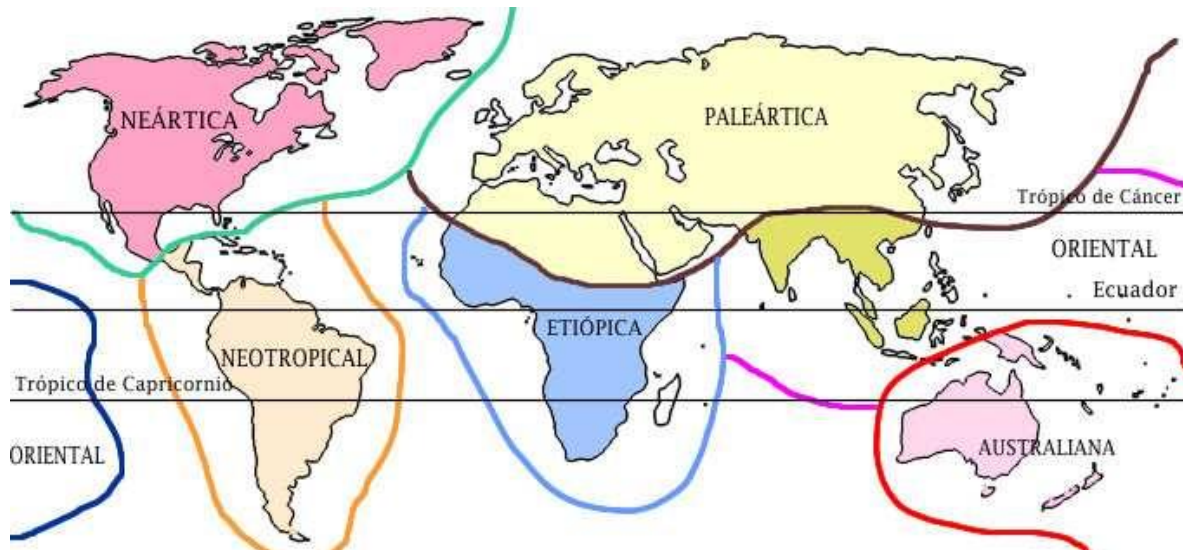


Figura. 4.- Regiones zoogeográficas (Licencia: CC BY 3.0).

#### Distribución de las plantas (Figura 5)

Las regiones fitogeográficas son esencialmente las mismas, con las excepciones siguientes:

1. Aparte de la Holártica, se distingue una región Mediterránea y una Pantropical.
2. La región Pantropical se divide en: Neotropical y Paleontropical o Indoafricana.
3. La Neotropical separa la región Holártica de la Antártico-Andina.
4. La Paleontropical separa la región Mediterránea de la Sudafricana.
5. En la región Holártica encontramos Coníferas y Fagales con excepción de dos géneros australes (*Araucaria* y *Notophagus*, de modo respectivo) Las Coníferas comprenden la familia Pinacea (pinos, abetos, cipreses y ahuehuetes) y los Fagales, la familia Betulacea (como las hayas) y Fagaceae (como los encinos o robles).

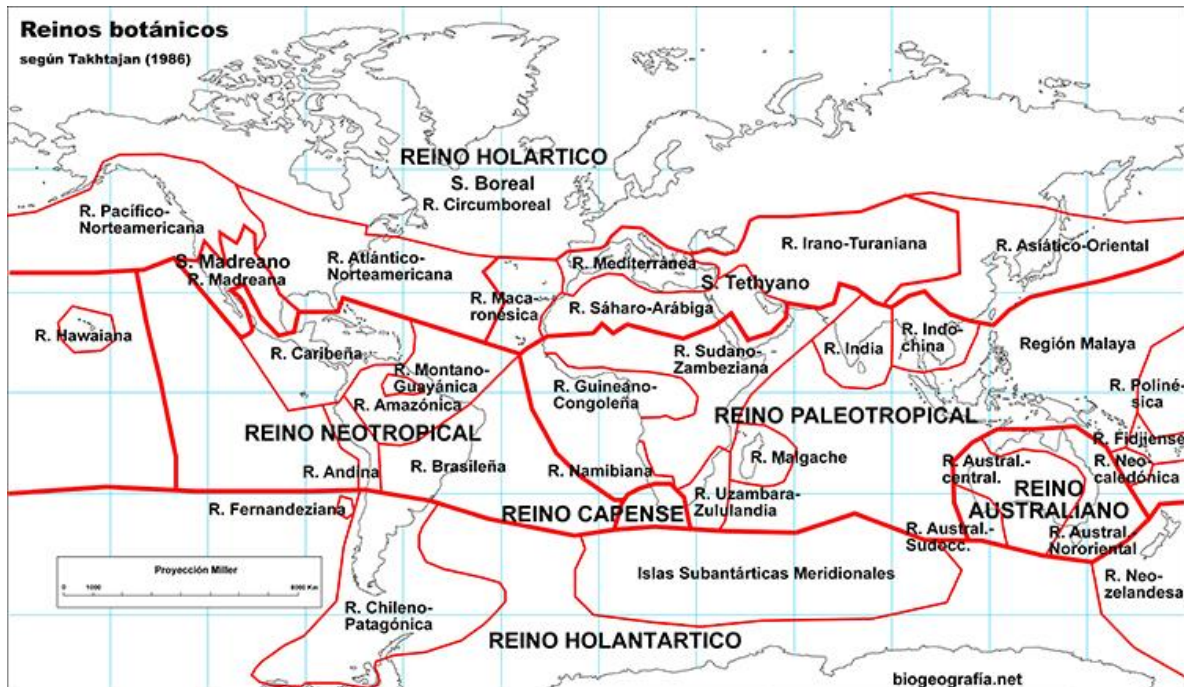


Fig. 5.- Regiones fitogeográficas (Licencia: CC BY 3.0).

### En los trópicos

1. Americanos. Encontramos exclusivo de esta región, el orden Cactales, que comprende a la familia Cactacea (como las biznagas, los órganos y los nopales).
2. De los trópicos del antiguo continente son característicos el orden Pandanales. Como flora típica de Australia encontramos los Casuarinales, que están constituidos por la familia Casuarinaceae.

### Biogeografía de Islas

1. La biodiversidad esperada depende del balance entre inmigración y extinción.
2. La inmigración exitosa a una isla (de un tamaño particular) depende de que tantas especies ya estén ahí.
3. La tasa de extinción en una isla (de un tamaño particular) depende también en que tantas especies ya estén ahí, dado que:
  - 3.1. La mayoría de las especies en una isla tienen pocos individuos por especies.
  - 3.2. Las especies con pocos individuos son más propensas a la extinción.
  - 3.3. Las islas cercanas a continentes pueden tener tasas de inmigración más altas, respecto a las más alejadas. Las islas grandes pueden tener tasas de extinción bajas con respecto a las pequeñas.

### Patrones Ecológicos

La ecología es la rama de la Biología que estudia las interacciones entre organismos y su medio ambiente, es decir como se integran factores bióticos y abióticos en un determinado ecosistema o bioma.

### **Como se distribuyen las especies en el planeta.**

Las especies se agrupan en poblaciones (grupo de la misma especie y ligado a una región o hábitat y a un tiempo específico) y comunidades (grupo de poblaciones de especies diferentes que confluyen en una región o hábitat específico). Y se encuentran diseminadas a través de los distintos biomas terrestres y acuáticos del Planeta.

### **Biomas (Figura 6)**

Son grandes grupos vegetales, y que incluyen las comunidades animales asociadas a ellos y se ven influenciados por muchos factores como son: la latitud, la altitud, la humedad y la temperatura.

#### **Biomas terrestres**

##### **1. Tundra**

Situada en el hemisferio norte, en la franja del círculo polar ártico, se caracteriza por un clima de temperaturas y precipitaciones bajas, con periodos cortos de tiempo favorable.

El suelo se encuentra en constante permafrost, es decir, congelándose y descongelándose de manera continuada, lo que provoca que sea pobre en nutrientes y la flora que habita este bioma esté compuesta básicamente por plantas de crecimiento limitado, como pastos, musgos y líquenes. En cuanto a la fauna, destaca la presencia de mamíferos de gran tamaño y especies migratorias.

##### **2. Taiga**

Bioma localizado en el hemisferio norte, en la franja boreal. El clima que predomina consiste en inviernos muy fríos y veranos cortos, con precipitaciones más bien escasas. El suelo solo se congela en invierno, por lo que no es tan pobre en nutrientes.

La flora destacable se basa en bosques de árboles de coníferas (por ejemplo, el abeto). En cuanto a fauna, consiste en especies migratorias y animales que invernan en las estaciones frías, como el oso.

##### **3. Bosques caducifolios**

Este tipo de bioma se localiza en áreas determinadas de EEUU, Europa, China y Sudamérica. El periodo de tiempo favorable es más largo que el de los anteriores. La peculiaridad de estos bosques es el suelo rico de materia orgánica que procede de la descomposición de las hojas caídas en otoño-invierno.

La flora que compone estos bosques se basa en árboles caducifolios, es decir, que en invierno pierden las hojas. La fauna es muy variada, y siguen dándose especies migratorias y animales invernantes.

#### 4. Estepas, praderas y pampas

El mismo bioma recibe nombres diferentes dependiendo del continente donde se encuentra: estepas en Eurasia, praderas en Norteamérica y pampas en Sudamérica. Este entorno natural se caracteriza por inviernos fríos y veranos calurosos, con periodos de sequía.

La flora que está adaptada a este bioma muy estacional, es decir, reposo invernal, primavera muy activa y déficit hídrico a mitad del verano. Por ello, está dominado por gramíneas y hierbas perennes (no pierden las hojas). La fauna que la habita está o bien adaptada a recursos fluctuantes o bien es migratoria.

#### 5. Bosques mediterraneos

Principalmente situado alrededor del Mar Mediterráneo, este tipo de bioma también se observa en California, Chile, Ciudad del Cabo (Sudáfrica) y sudoeste de Australia. El clima típico de estas áreas son inviernos moderados y veranos cálidos, con precipitación en invierno y primavera, pero con periodos de sequía estival.

Los bosques están formados por un único tipo de árbol de hoja perenne con resistencia a la sequía, como por ejemplo encinas, alcornoques o robles, junto con arbustos y plantas de sotobosque (que viven bajo la sombra de los árboles). La fauna que se observa son, sobre todo, especies forestales pero no migratorias, aunque algunas sí son invernantes.

#### 6. Selva tropical

Presente en el sureste de México, Sureste Asiático, Sudamérica (Amazonas), África (Congo) e Indonesia. Destaca por la ausencia de estaciones, teniendo una temperatura constante y alta durante todo el año y precipitaciones abundantes.

Se trata de uno de los biomas con mayor biodiversidad y complejidad del mundo, donde residen más del 50% de las especies. En la flora dominan los árboles gigantes (más de 70 m de alturas), seguido de todo tipos de plantas, entre ellas enredaderas y palmeras. En la fauna abundan los insectos, arácnidos, anfibios, reptiles y aves. Entre los mamíferos son comunes los de vida arborícola, o los grandes que realizan su vida en el suelo.

#### 7. Desierto

Están distribuidos a lo largo del mundo, encontrándose en Norteamérica, Sudamérica, África, Asia y Australia. Se caracteriza por la falta de precipitación y la alta erosión que sufre el suelo por el viento, lo que dificulta la vida. Pueden existir tanto desiertos cálidos (Sahara) como fríos (Gobi).



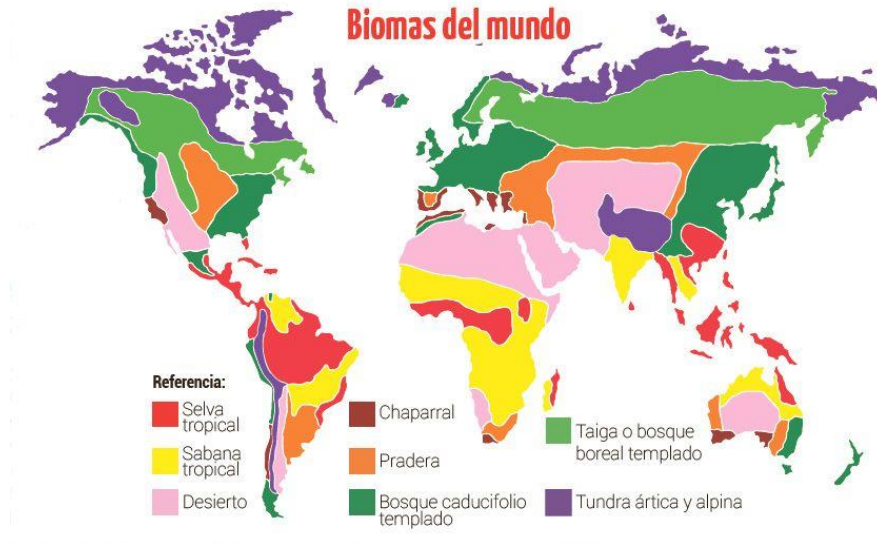


Figura 6.- Biomas Terrestres (Licencia: CC BY 3.0).

Tanto la flora como la fauna que habita estos biomas están adaptados a estas condiciones extremas. Aunque esparcida, la flora existe. Predominan las plantas resistentes a la sequía como las xerófilas (Cactáceas). En cuanto a la fauna, son comunes animales pequeños que han desarrollado mecanismos para evitar la pérdida de humedad, como por ejemplo la estrategia de esconderse bajo tierra durante el día.

### **Biomas acuáticos**

Tal y como su propio nombre indica, la principal característica de los biomas acuáticos es la presencia de agua en su área de distribución. Ya sean ecosistemas de agua dulce o marina los que constituyen el bioma, la esencia acuática se mantiene y representa al bioma en sí.

### **Biomas acuáticos de aguas continentales**

Todos y cada uno de estos biomas acuáticos se encuentran en regiones continentales del planeta, formando parte de las llamadas aguas continentales superficiales.

#### **1. Lagos, lagunas y humedales**

Pueden contener bien agua dulce o por el contrario agua salada, caracterizándose en ambos casos por ser masas de aguas con una distribución cerrada y sin movimiento de aguas aparente (considerados por ello, ecosistemas lénticos).

#### **2. Embalses**

Comparten las mismas características que los ejemplos anteriores, salvo por ser biomas artificiales, es decir, creados por el ser humano. Con la finalidad de retener de forma permanente o estacional, grandes masas de agua continental, los embalses y pantanos se distribuyen a lo largo y ancho del planeta, allá donde la acción antrópica los construya para abastecer sus necesidades de agua.

Ríos, arroyos y riachuelos

### 3. Aguas polares y glaciares

Estos biomas acuáticos se ubican en las regiones polares y más frías del planeta, en las que las grandes masas de agua se congelan debido a las bajas temperaturas de los meses de invierno. Posteriormente, con la llegada de la primavera y el aumento de las temperaturas, las aguas polares y glaciares sufren descongelaciones y vierten sus aguas a ríos u otros tipos de biomas cercanos a su localización.

### 4. Chotts o lagos salados de regiones semiáridas

Estos biomas acuáticos representan los lagos salinos de diferente tamaño que se van formando a partir de agua de lluvia que queda estancada durante los meses más lluviosos en las regiones semiáridas del planeta. Posteriormente, dichas aguas desaparecen rápidamente con el aumento de las temperaturas y la llegada de sequías, apareciendo entonces extensas capas de sal en el lugar en que se había formado la cuenca de agua.

## **Biomas acuáticos de aguas oceánicas**

Los sorprendentes y extensos biomas acuáticos de aguas oceánicas se distribuyen dentro de los límites de los 5 grandes océanos del planeta (Atlántico, Pacífico, Índico, Antártico y Ártico). En ellos, podemos diferenciar los siguientes biomas:

### 1. Biomas costeros

Ubicados en las regiones costeras, es decir, entre áreas terrestres y acuáticas, por lo que son biomas de gran riqueza faunística y florística, así como biomas bien definidos por fenómenos físicos como el viento y las mareas, los cuales moldean el terreno costero.

### 2. Biomas de mar abierto y profundo (abisal)

Se corresponden con los biomas acuáticos de aguas oceánicas por excelencia, en los que diferentes ecosistemas llenos de biodiversidad marina constituyen uno de los biomas más sorprendentes del planeta.

### 3. Islas oceánicas

Las numerosas islas oceánicas, repartidas por los diferentes océanos del mundo, cuentan con sus propias condiciones climáticas, las cuales determinan el crecimiento y evolución de especies de flora y fauna diferente a la que habita en áreas continentales.

### 4. Arrecifes de corales tropicales

Biomas muy diversos, y amenazados en la actualidad, los arrecifes de corales tropicales son tan llamativos como vulnerables. Requieren de estrictas y urgentes medidas de conservación de su biodiversidad y hábitat para poder seguir existiendo.

Las especies que habitan en un bioma son diferentes a las de los demás, ya que están adaptadas a las condiciones específicas de ese ambiente en particular.

**El gradiente de biodiversidad** (Figura 7)

1. Número de especies mayor en los trópicos, decreciendo hacia los polos.
2. Evidente en todos los ambientes y tipos de organismos.

**Factores que podrían generar el gradiente**

1. Factores ecológicos: condiciones ambientales, nutrientes, etc. (la diversidad existente es toda la que el sistema puede alojar).
2. Factores históricos: procesos que generan y permiten la acumulación de especies (la diversidad existente es toda la que el sistema ha logrado generar, y tal vez menos que la que puede alojar).

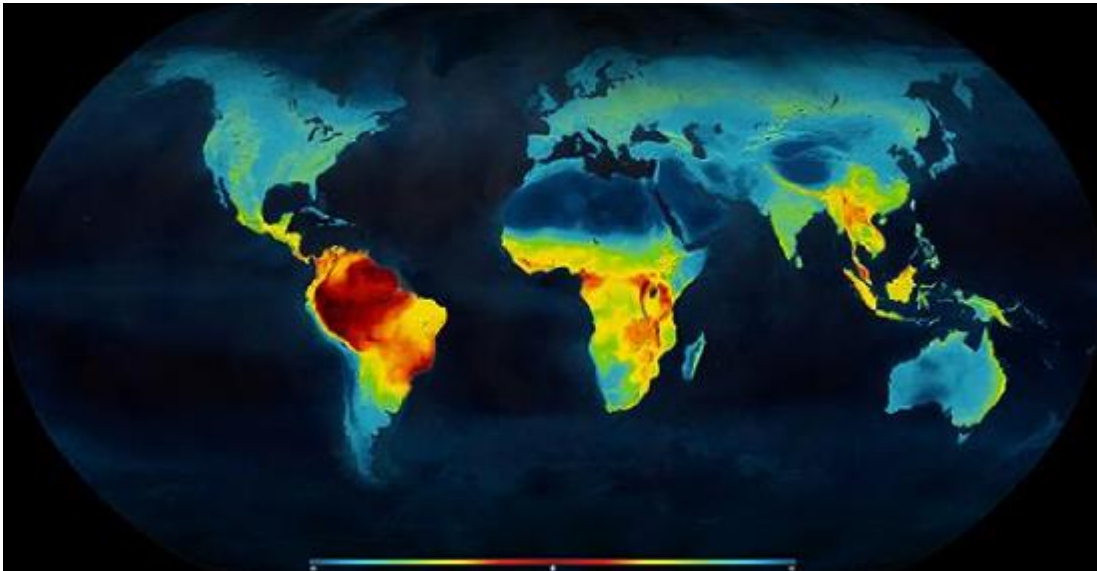
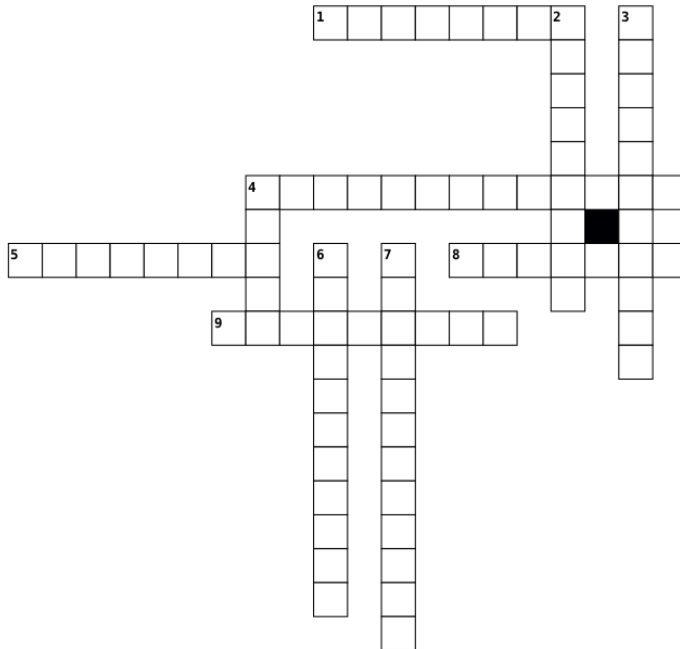


Figura. 7.- Gradiente latitudinal de biodiversidad, las zonas de rojo, naranja, amarillo y verde son más diversas, disminuyendo hacia los polos, las zonas azules son las menos diversas (Autores: Clinton Jenkins. Licencia: CC BY 3.0).



## Actividad de aprendizaje

**Instrucciones.** Lee con mucha atención el presente capítulo de la guía. Llena el siguiente crucigrama con palabras que se ajusten a los planteamientos horizontales y hacia abajo.

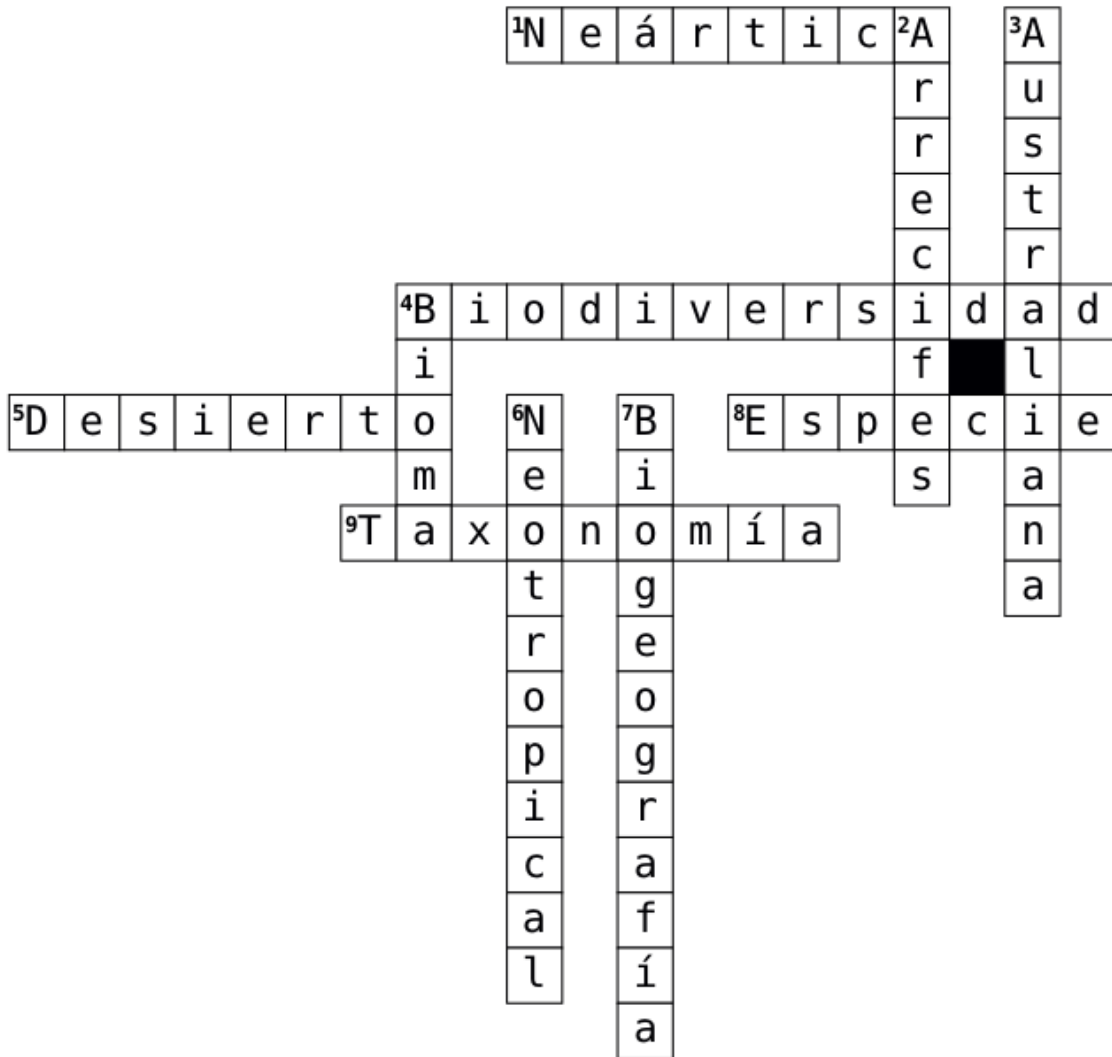


### Horizontal

1. Región biogeográfica al norte de México.
4. Variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otros, los ecosistemas terrestres y marinos y otros sistemas acuáticos, y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas.
5. Biomas terrestres distribuidos a lo largo del mundo, encontrándose en Norteamérica, Sudamérica, África, Asia y Australia. Se caracteriza por la falta de precipitación y la alta erosión que sufre el suelo por el viento, lo que dificulta la vida.
8. Unidad básica para el estudio de la biodiversidad.
9. Rama de la Biología que se encarga de estudiar la clasificación de los seres vivos en un contexto jerárquico, y de nombrar a cada una de las especies de manera única y reconocible.

### Vertical

2. Biomas acuáticos muy diversos, y amenazados en la actualidad.
3. Región biogeográfica que incluye mayoritariamente al orden Marsupialia.
4. Son grandes grupos vegetales, y que incluyen las comunidades animales asociadas a ellos y se ven influenciados por muchos factores como son: la latitud, la altitud, la humedad y la temperatura.
6. Región biogeográfica al sur de México.
7. Es el estudio de los patrones de organización espacial de la diversidad biológica y de los procesos que han generado y mantenido dichos patrones.



**Retroalimentación:** Contrasta tus respuestas con la imagen

### Autoevaluación

**Instrucciones.** Contesta correctamente los siguientes cuestionamientos.

1.- La variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otros, los ecosistemas terrestres y marinos y otros sistemas acuáticos, y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas.

- |                            |                               |                                |                        |
|----------------------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------|
| A). Concepto de Taxonomía. | B). Concepto de Biogeografía. | C). Concepto de Biodiversidad. | D). Concepto de Bioma. |
|----------------------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------|

2.-Son grandes grupos vegetales, y que incluyen las comunidades animales asociadas a ellos y se ven influenciados por muchos factores como son: la latitud, la altitud, la humedad y la temperatura.

A). Concepto de Taxonomía.

B). Concepto de Biogeografía.

C). Concepto de Biodiversidad.

D). Concepto de Bioma.

3.- La taxonomía es la rama de la Biología que se encarga de estudiar la clasificación de los seres vivos en un contexto jerárquico, y de nombrar a cada una de las especies de manera única y reconocible.

A). Concepto de Taxonomía.

B). Concepto de Biogeografía.

C). Concepto de Biodiversidad.

D). Concepto de Bioma.

Respuestas correctas: 1.- C, 2.- D, 3.- A.

## Referencias

Johnson, M. (2011). *Free, Online Crossword Puzzle Maker - Crossword Labs*. Crosswordlabs.com. <https://crosswordlabs.com/>

Fernández Roldán, L. (2019, December 16). *TIPOS de BIOMAS ACUÁTICOS - Características, Ejemplos y Fotos*. Ecologiaverde.com. <https://www.ecologiaverde.com/tipos-de-biomas-acuaticos-2421.html>

Maria del Carmen, C. C. (2014, June 2). Biodiversidad. Portal Académico Del CCH. <https://portalacademico.cch.unam.mx/alumno/biologia2/unidad1/biodiversidad>

Mader, S. S., Windelspecht, M., Cognato, A., Cox, D., Gretel Guest, e Isaacson, J. (2016). *Biology*. McGraw-Hill Education.

Neyra González, L., y Durand Smith, L. (1998). *La diversidad biológica de México: estudio de país*. Conabio.

Reece, J. B., Urry, L. A., Cain, M. L., Alexander, S., Minorsky, P. V., Jackson, R. B., y Campbell, N. A. (2014). *Campbell biology* (10a ed.). Pearson.

## TIPOS DE DIVERSIDAD

### Aprendizaje

El alumno:

Relaciona los tipos y la medición de la biodiversidad con el concepto de megadiversidad.

### Conceptos clave

Biodiversidad, megadiversidad, diversidad alfa, diversidad beta, diversidad gama, paisaje, región, comunidades y especies.

### Resumen

La diversidad biológica es definida en términos generales como la variabilidad entre los organismos vivos de todas las fuentes. En consecuencia, la megadiversidad es la gran cantidad y diversidad de especies animales, vegetales y ecosistemas que hay en una región o país. No obstante, para poder caracterizarla, se ha dividido en diversidad Alfa, expresada como el número de especies presentes en un lugar, en un momento histórico determinado. Diversidad Beta que es el grado de cambio o reemplazo en la composición de especies entre comunidades contiguas. Y Diversidad Gamma es la riqueza de especies del conjunto de comunidades que integran un paisaje, resultante tanto de las diversidades alfa como de las diversidades beta.

### Desarrollo de los contenidos

Uno de los problemas ambientales que han suscitado mayor interés mundial en las últimas dos décadas es la pérdida de biodiversidad como consecuencia de las actividades humanas, ya sea de manera directa (sobreexplotación) o indirecta (alteración del hábitat). Los medios de comunicación han impactado de tal manera que tanto los gobiernos, la iniciativa privada, como la sociedad en general consideran prioritario dirigir mayores esfuerzos hacia programas de conservación. La base para un análisis objetivo de la biodiversidad y su conservación reside en su correcta evaluación y monitoreo.

En 1992 el programa ambiental de las naciones (UNEP) define a la biodiversidad o diversidad biológica como *“La variabilidad entre los organismos vivos de todas las fuentes, incluyendo, entre otros, los organismos terrestres, marinos y de otros ecosistemas acuáticos, así como los complejos ecológicos de los que forman parte; esto incluye diversidad dentro de las especies, entre especies y de ecosistemas”*. El término comprende, por tanto, diferentes escalas biológicas: desde la variabilidad en el contenido genético de los

individuos y las poblaciones, el conjunto de especies que integran grupos funcionales y comunidades (grupo de organismos de diferentes especies que viven en un lugar y momento determinado) completas, hasta el conjunto de comunidades de un paisaje o región (Reece et al., 2014 y Mader *et al.*, 2016).

La diversidad biológica representa un tema central de la teoría ecológica y ha sido objeto de amplio debate. La falta de definición y de parámetros adecuados para su medición llevó incluso a declarar la falta de validez del concepto. Actualmente el significado y la importancia de la biodiversidad no están en duda y se han desarrollado una gran cantidad de parámetros para medirla como un indicador del estado de los sistemas ecológicos, con aplicabilidad práctica para fines de conservación, manejo y monitoreo ambiental (Moreno, 2001).

Se estima que existe un total de 10 millones de especies en el Planeta. Estas especies incluyen animales, plantas y una gran variedad de microorganismos. De estas 10 millones de especies, 1.4 millones ya han sido debidamente identificados, y los restantes 8.6 millones permanecen aún sin identificar. Al destruir un hábitat, por lo tanto, el ser humano no solo está eliminando especies conocidas, sino que también destruye especies que aún no han sido identificadas y que podrían ser la solución a muchos de los males que aquejan a la humanidad (Neyra González y Durand Smith, 1998).

Durante las últimas décadas han surgido numerosas propuestas de métodos para medir las diferentes facetas de la biodiversidad. Pero, no se cuenta aún con protocolos estándar para medirla. El énfasis principalmente se ha dado en la diversidad de especies por ser este el nivel de organización mejor conocido a la fecha. En un contexto biogeográfico, la biodiversidad se mide cuantificando la heterogeneidad biogeográfica en una zona o región dada. Para muchos ecólogos, este nivel de la diversidad se conoce como diversidad gamma. A nivel ecológico, la biodiversidad tiene dos expresiones bien definidas en el análisis de comunidades: La diversidad presente en un sitio, o diversidad alfa y la heterogeneidad espacial o diversidad beta. Para facilitar la selección de los métodos más adecuados a cada caso particular, dichos métodos se presentan clasificados con relación al aspecto biológico que cada uno de ellos resalta (Halffter *et al.*, 2001, Llorente *et al.*, 2003 y Moreno, 2001).

En 1997 el investigador Russell Mittermeier, realizó una estimación del número de especies de distintos grupos de seres vivos, logrando establecer la lista de los países con mayor diversidad en el mundo. De los 170 países actualmente reconocidos en el planeta, únicamente 17 son considerados como megabiodiversos en función de la cantidad de ecosistemas que tienen y la enorme cifra de especies que viven en ellos, considerada entre

el 60 y 70% de la diversidad total de la tierra. En ese contexto, México es considerada una nación megabiobiodiversa (Neyra González y Durand Smith, 1998).

## 2. Tipos de Biodiversidad. (Halffter *et al.*, 2001 y Moreno, 2001).

### 2.1. Diversidad Alfa ( $\alpha$ ).

Diversidad dentro de las comunidades, expresada como el número de especies presentes en un lugar, en un momento histórico determinado, se expresa como “riqueza de especies” (Fig. 1A).

Un término relacionado es el de abundancia, y que se refiere al número de organismos por cada especie.

### 2.2. Diversidad Beta ( $\beta$ ).

Grado de cambio o reemplazo en la composición de especies entre diferentes comunidades (Fig. 1B).

Para comparar dos o más comunidades en función de los cambios en la composición de las especies que presentan (diversidad beta) se sugieren distintos métodos que consideran solo la presencia o ausencia de las especies en las comunidades, o bien la importancia relativa de cada especie.

### 2.2. Diversidad Gamma ( $\gamma$ ).

Riqueza de especies del conjunto de comunidades que integran un gran paisaje, resultante tanto de las diversidades alfa como de las diversidades beta (Fig. 1C).

Existen algunos métodos para analizar la diversidad del conjunto de comunidades que forman un paisaje (diversidad gamma), basados en la contribución de las diversidades alfa y beta. Estos métodos en conjunto resultan particularmente útiles cuando se pretende cuantificar el cambio en la diversidad de especies como resultado de perturbaciones o modificaciones en los ecosistemas, o para dar seguimiento a tales cambios a través del tiempo (monitoreo).

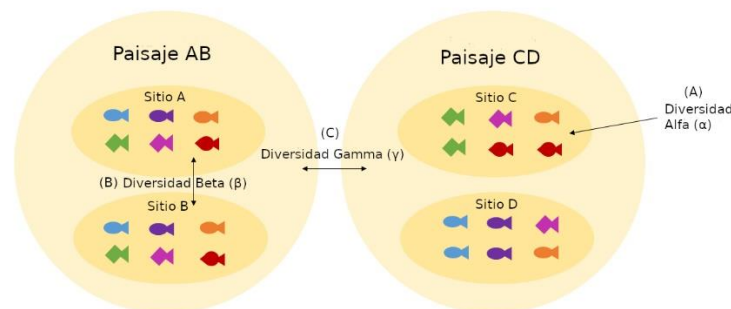


Figura 1. Para cada uno de los sitios se colectaron 6 ejemplares, en el caso de los sitios del Paisaje AB cada especie es diferente, su riqueza de especies o diversidad Alfa (A) es de 6; el Paisaje CD también tienen una riqueza de 6, aunque en ambos sitios las especies no están representadas con

equidad, la diversidad Beta (B) es el grado de diferencia de especies entre sitios contiguos. La diversidad Gamma (C) es la combinación de alfa y beta de ambos paisajes. Imagen modificada a partir de la de Anja Knaebel, licencia CC BY-SA 4.0.

### **3. ¿Cómo se mide la Biodiversidad?**

Los estudios sobre medición de biodiversidad se han centrado en la búsqueda de parámetros para caracterizarla como una propiedad emergente de las comunidades ecológicas. Sin embargo, las comunidades no están aisladas en un entorno neutro. En cada unidad geográfica, en cada paisaje, se encuentra un número variable de comunidades. Por ello, para comprender los cambios de la biodiversidad con relación a la estructura del paisaje, la separación de los componentes alfa, beta y gamma puede ser de gran utilidad, principalmente para medir y monitorear los efectos de las actividades humanas.

#### **3.1. Diversidad Alfa**

La mayoría de los métodos propuestos para evaluar la diversidad de especies se refieren a la diversidad dentro de las comunidades (alfa). Para diferenciar los distintos métodos en función de las variables biológicas que miden, los dividimos en dos grandes grupos: 1) Métodos basados en la cuantificación del número de especies presentes (riqueza específica); 2) Métodos basados en la estructura de la comunidad, es decir, la distribución proporcional del valor de importancia de cada especie (abundancia relativa de los individuos, su biomasa, cobertura, productividad, etc.). Los métodos basados en la estructura pueden a su vez clasificarse según se basen en la dominancia o en la equidad de la comunidad.

¿Qué se debe considerar como diversidad alfa, la riqueza específica o la estructura de la comunidad? El empleo de un parámetro depende básicamente de la información que queremos evaluar, es decir, de las características biológicas de la comunidad que realmente están siendo medidas (Fig. 02).

Si consideramos a la diversidad alfa como resultado del proceso evolutivo que se manifiesta en la existencia de diferentes especies dentro de una localidad en particular, entonces un conteo del número de especies del sitio (índices de riqueza específica); sería suficiente para describir la diversidad alfa, sin una evaluación del valor de importancia de cada especie dentro de la comunidad. Esta enumeración de especies parece una base simple pero sólida para apoyar el concepto teórico de diversidad alfa. Entonces, ¿Por qué se ha insistido tanto en cuantificar el valor de importancia de cada especie, como componente fundamental de la diversidad? ¿Por qué considerar a una comunidad más equitativa como una comunidad más diversa?

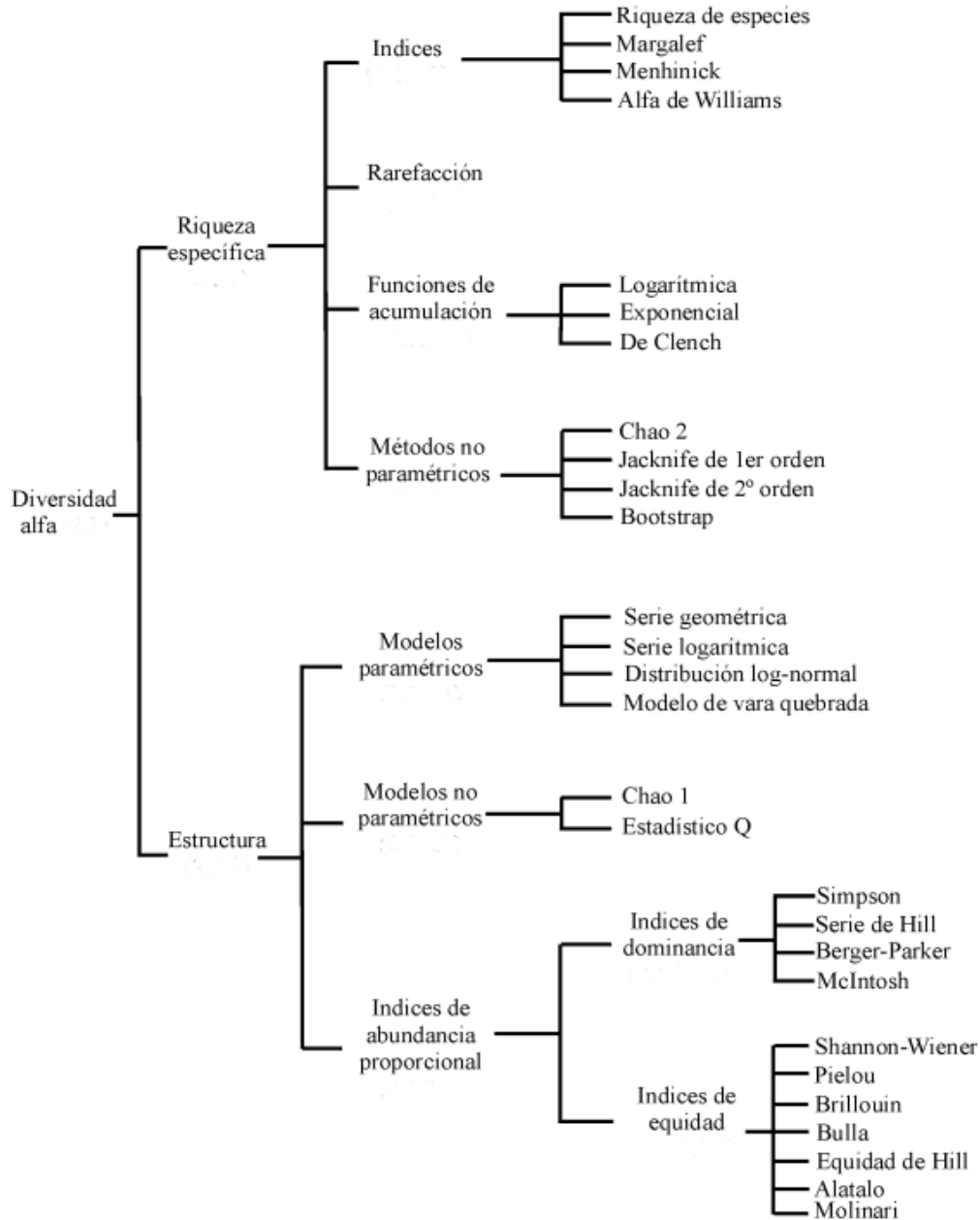


Figura 2 Métodos para medir la Biodiversidad Alfa, tomado de Moreno (2001).

### 3.2. Diversidad Beta.

La diversidad beta o diversidad entre hábitats es el grado de reemplazamiento de especies o cambio biótico a través de gradientes ambientales. A diferencia de las diversidades alfa y gamma que pueden ser medidas relativamente fáciles en función del número de especies, la medición de la diversidad beta es de una dimensión diferente porque está basada en proporciones o diferencias.



Estas proporciones pueden evaluarse con base en índices o coeficientes de similitud, de disimilitud o de distancia entre las muestras a partir de datos cualitativos (presencia-ausencia de especies) o cuantitativos (abundancia proporcional de cada especie medida como número de individuos, biomasa, densidad, cobertura, etc.). O bien con índices de diversidad beta propiamente dichos. Se clasifican según se basen en la disimilitud entre muestras o en el reemplazo propiamente dicho (Fig. 03).

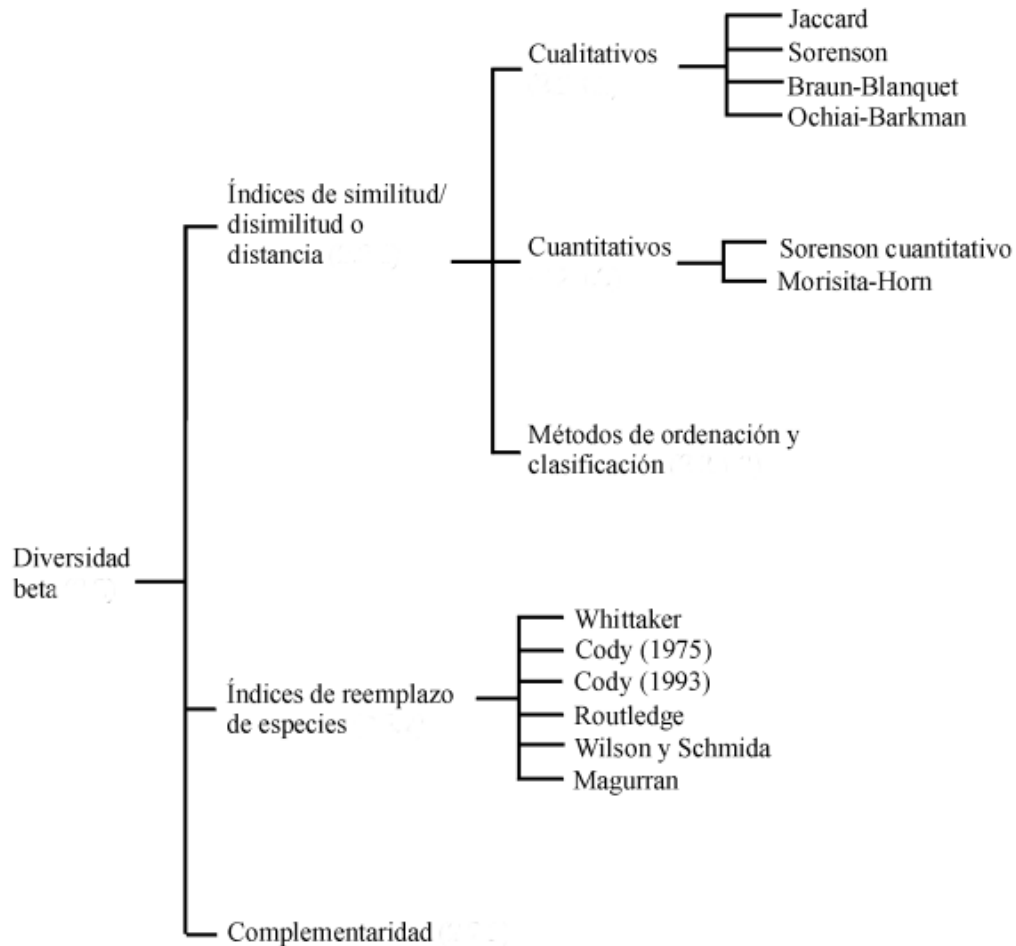


Figura 3 Métodos para Biodiversidad Beta, tomado de Moreno (2001).

### 3.3. Diversidad Gamma.

Whittaker define la diversidad gamma como la riqueza en especies de un grupo de hábitats (un paisaje, una gran área geográfica o una isla) que resulta como consecuencia de la diversidad alfa de las comunidades individuales y del grado de diferenciación entre ellas (diversidad beta). No obstante, la mayoría de los esfuerzos realizados para medir la biodiversidad en áreas que incluyen más de un tipo de comunidad se limitan a presentar listas de especies de sitios puntuales (diversidad alfa); describiendo la diversidad regional (gamma) únicamente en términos de números de especies, o bien con cualquier otra medida

de diversidad alfa. Algunos estudios llegan a hacer comparaciones entre los sitios (diversidad beta), pero no incluyen esta información en una medida de la biodiversidad basada tanto en alfa como en beta. Schluter y Ricklefs proponen la medición de la diversidad gamma con base en los componentes alfa, beta y la dimensión espacial:

Gamma = diversidad alfa promedio x diversidad beta x dimensión de la muestra

**Ejemplos de medición de biodiversidad Alfa, Beta y Gamma.**

Ejemplo 1.

El siguiente es un ejemplo ficticio y simplificado (Fig 4) de la manera en la cual se miden la diversidad Alfa, Beta y Gamma (Baselga y Gómez-Rodríguez, 2019). En los 3 sitios de la región A hay comunidades biológicas idénticas (diferenciación mínima), por lo que la diversidad regional (Gamma: 4) es igual a la diversidad local (Alfa: 4), en consecuencia la diversidad Beta es igual a 1 (de modo que en la región existe una única comunidad biológica).

En cambio, en la región B todos los sitios tienen comunidades biológicas completamente diferentes de las demás, por lo que la diversidad regional (Gamma: 12) es igual a la multiplicación de la diversidad local (Alfa: 4) por el número de sitios (N: 3) y, en consecuencia, la diversidad beta es igual al número de sitios (Beta: N: 3).

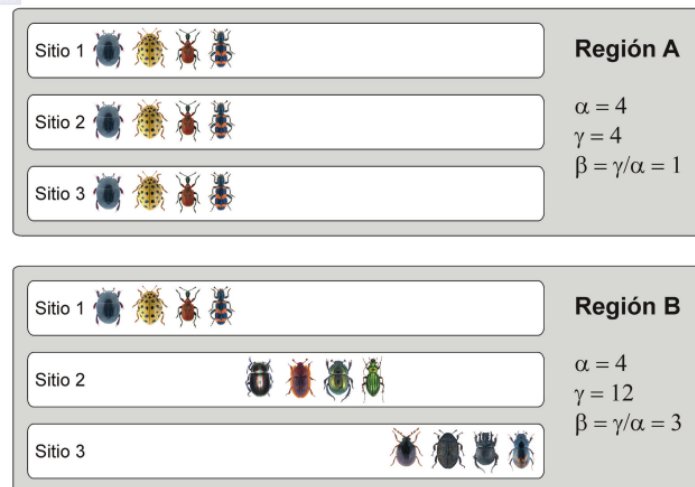


Figura 4. Regiones A y B, tomada de Baselga y Gómez-Rodríguez (2019), autor de las imágenes de los escarabajos: Udo Schmidt. Licencia CC BY-SA 4.0.

Ejemplo 2.

Ejemplo simplificado (Figura 5) en el que se muestra cómo la diversidad Beta puede estar causada por dos fenómenos antitéticos o la combinación de ambos. En las tres regiones A, B y C, la diversidad Beta y los índices de disimilitud relacionados con ella tienen valores idénticos.

No obstante, en la región A las diferencias entre las comunidades bióticas se deben a la sustitución de unas especies por otras (reemplazamiento); mientras que en la región B las diferencias entre comunidades biológicas se deben a la pérdida de especies de los sitios más ricos a los más pobres, sin que estos tengan ninguna especie única (anidamiento). En la región C, suceden los dos fenómenos a la vez (reemplazamiento y anidamiento).

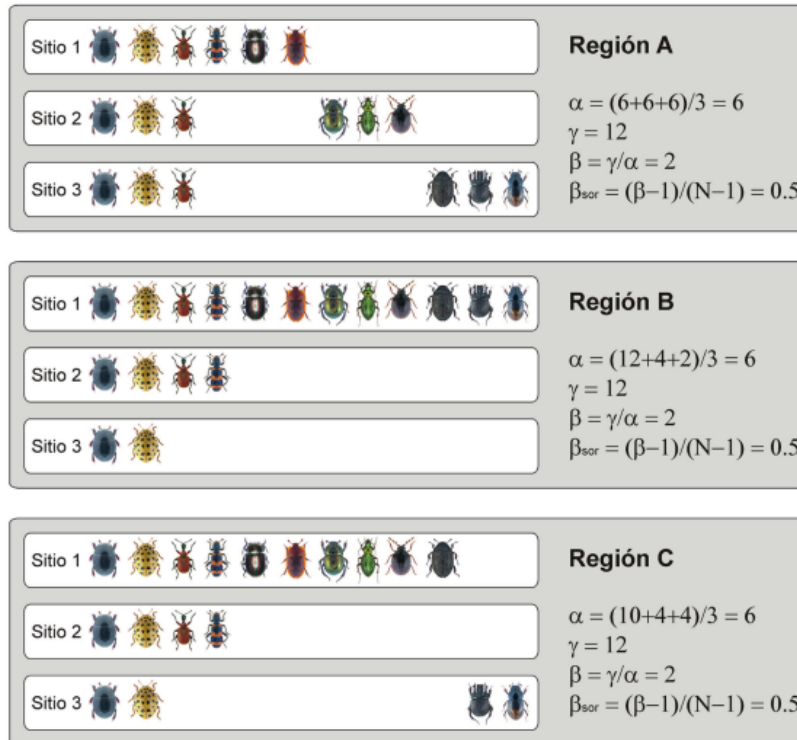


Figura 5. Regiones A y B, tomada de Baselga y Gómez-Rodríguez (2019), autor de las imágenes de los escarabajos: Udo Schmidt. Licencia CC BY-SA 4.0.

### Biodiversidad Alfa, Beta, Gamma y la Megadiversidad

En 1997 el investigador Russell Mittermeier, plantea el concepto de megabiodiversidad, como la gran cantidad y diversidad de especies animales, vegetales y ecosistemas que hay en una región o país. En ese contexto, la división y medición de la biodiversidad en componentes Alfa, Beta y Gamma, nos ayudan a analizar cómo cambian las comunidades biológicas en el espacio; por ejemplo, por qué las comunidades de árboles son diferentes entre los bosques de México y de la región amazónica en Brasil, ambas naciones megabiodiversas.

De igual manera, nos permite explorar cómo se producen esos cambios, a qué escalas geográficas y en relación con qué factores. Por ejemplo, parece que tanto la diversidad local (Alfa) y la regional (Gamma) aumentan según nos acercamos al ecuador, pero la diversidad

regional lo hace de manera más acentuada. Esto indica que la diversidad Beta (el grado de diferenciación de las comunidades) aumenta también según nos acercamos a los trópicos. Sin embargo, no basta con saber que las comunidades en los trópicos tienden a ser más diferentes entre sí que las comunidades de las áreas templadas: si queremos intentar entender cuál es la causa, lo primero que tenemos que preguntarnos es si las comunidades de los trópicos son más diferentes entre sí porque hay más reemplazamiento de especies o porque hay más anidamiento que en las zonas templadas. En las faunas de vertebrados terrestres, por ejemplo, observamos que en los trópicos hay más reemplazamiento de especies y, en cambio, el anidamiento es mucho mayor en las áreas templadas y frías. Todos estos métodos cuantitativos son extremadamente útiles para caracterizar cómo cambia la diversidad biológica en el espacio y en el tiempo, pero para ello necesitamos tener los datos necesarios. Para la mayor parte de los grupos biológicos no tenemos información suficiente de en qué áreas viven las especies.

### Actividades de aprendizaje

**Instrucciones.** Lee con cuidado el presente capítulo de la guía, en particular los ejemplos donde se realizan las mediciones de la diversidad Alfa, Beta y Gamma.

#### Desarrollo

Para el siguiente paisaje (Figura 6), se han colectado 3 sitios con diferentes especies peces, realizar las siguientes determinaciones de diversidad Alfa, Beta y Gamma.

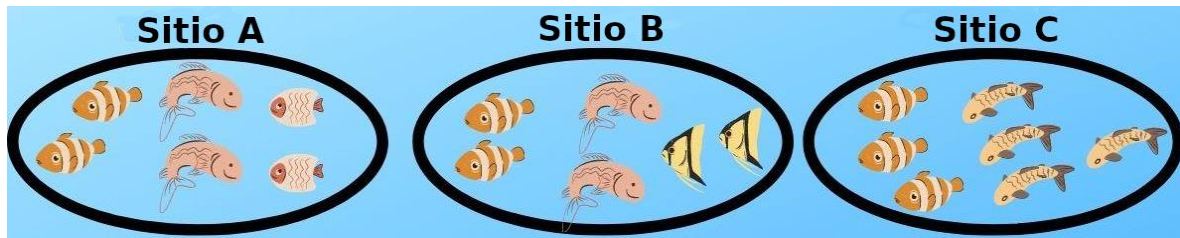


Figura 6. Modificada y adaptada de Barman (2020).

**A) Diversidad Alfa.** Para cada uno de los sitios, entendida como el número total de especies diferentes o riqueza de especies.

Sitio A:

Sitio B:

Sitio C:

**B) Diversidad Beta.** Entre el sitio A y B (especies exclusivas del sitio A con respecto a B + Especies exclusivas del sitio B respecto a A), y entre B y C (especies exclusivas del sitio B respecto a C + Especies exclusivas del sitio C respecto a B), entendida como el número total de especies exclusivas **para cada par de sitios que se comparan.**

Sitios A y B:

Sitios B y C:

**C) Diversidad Gamma.** Número total de especies diferentes en los 3 sitios.

Diversidad Gamma de A + B + C:

**Retroalimentación**

Contrasta tus resultados con los siguientes valores:

**A) Diversidad Alfa** (Figura 7).

Sitio A: 3

Sitio B: 3

Sitio C: 2

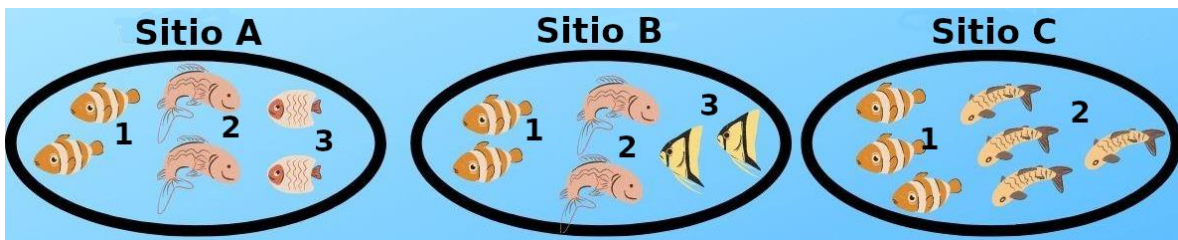


Figura 7. Diversidad Alfa de cada sitio, A tiene 3 especies, B tiene 3 y C tiene 2. Modificada y adaptada de Barman (2020).

**B) Diversidad Beta.**

Sitio A y B: 2 (Especies exclusivas del sitio A con respecto a B: 1 + Especies exclusivas del sitio B respecto de A: 1) (Figura 8).

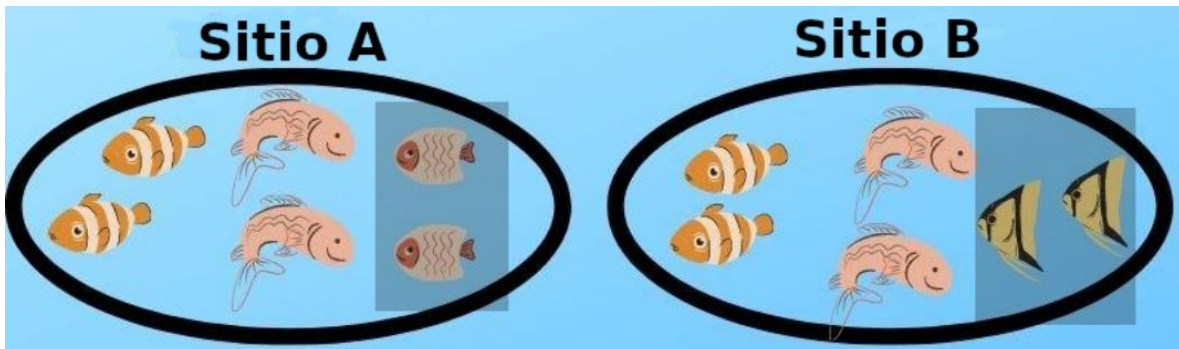


Figura 8. Diversidad Beta de A y B. El sitio A tiene una especie exclusiva respecto a B, y B tiene una especie exclusiva respecto de A. Modificada y adaptada de Barman (2020).

Sitio B y C: 3 (Especies exclusivas del sitio B respecto a C: 2 + Especies exclusivas del sitio C respecto a B: 1) (Figura 9).

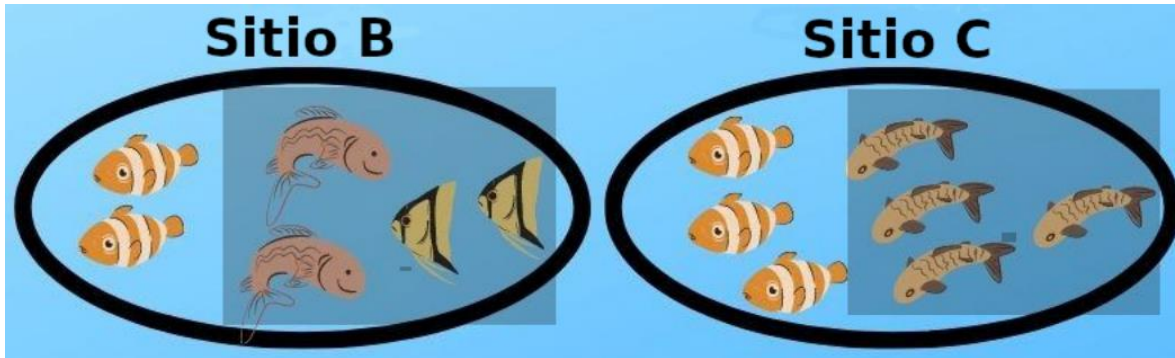


Figura 9. Diversidad Beta de B y C. El sitio B tiene 2 especies exclusivas respecto a C, y C tiene una especie exclusiva respecto a B. Modificada y adaptada de Barman (2020).

### C) Diversidad Gamma.

Diversidad Gamma de A + B + C:  $3 + 1 + 1 = 5$  (Figura 10).

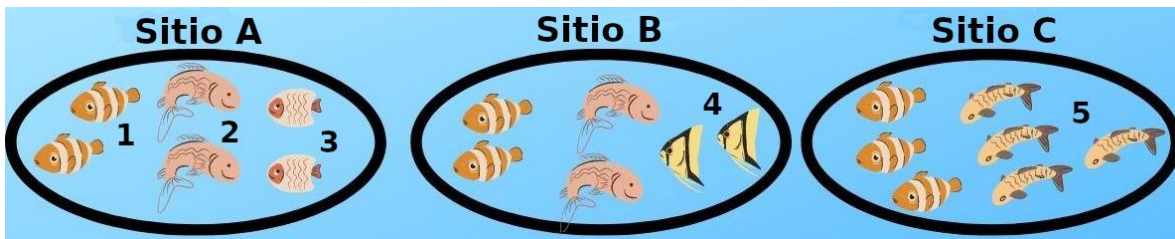


Figura 10. Diversidad Gamma, tres especies en el sitio A, una especie diferente en el sitio B y otra diferente en el sitio C, la sumatoria de especies diferentes es de 5. Modificada y adaptada de Barman (2020).

### Autoevaluación

**Instrucciones.** Contesta correctamente las siguientes preguntas.

1. Grado de cambio o reemplazo en la composición de especies entre diferentes comunidades.
  - A) Diversidad Alfa
  - B) Diversidad Beta
  - C) Diversidad Gamma
  - D) Diversidad Epsilon
2. Riqueza de especies del conjunto de comunidades que integran un paisaje, resultante tanto de las diversidades alfa como de las diversidades beta.
  - A) Diversidad Alfa
  - B) Diversidad Beta
  - C) Diversidad Gamma
  - D) Diversidad Epsilon



3. Diversidad dentro de las comunidades, expresada como el número de especies presentes en un momento histórico determinado, se expresa como “riqueza de especies”.

- A) Diversidad Alfa
- B) Diversidad Beta
- C) Diversidad Gamma
- D) Diversidad Epsilon

Respuestas correctas: 1. B, 2. C, 3. A.

## Referencias

- Barman, P. (2020, August 17). *What are the Phrases and Components of Taxonomy?* Sciencendtech . <https://sciencendtech.in/science/biology/taxonomy/phrases-and-components-of-taxonomy/>
- Baselga, A. y Gómez-Rodríguez, C. (2019). Diversidad alfa, beta y gamma: ¿Cómo medimos diferencias entre comunidades biológicas? *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)*. 26: 39-45.
- Ferriol Molina, M., y Merle Farinós, H. (2016). *Los componentes alfa, beta y gamma de la biodiversidad. Aplicación al estudio de comunidades vegetales*. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16285/Microsoft%20Word%20-%20articulo%20docente%20def.pdf?sequence=1>
- Halffter, G., Moreno, C. E., y Pineda, E. O. (2001). *Manual para evaluación de la biodiversidad en reservas de la biosfera*. M&T–Manuales y Tesis SEA.
- Llorente, Bousquets; Morrone, J. Juan. (2003). *Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: Teorías, conceptos, métodos y aplicaciones*. Las prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias UNAM.
- Mader, S. S., Windelspecht, M., Cognato, A., Cox, D., Gretel Guest, e Isaacson, J. (2016). *Biology*. Mcgraw-Hill Education.
- Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. Sociedad Entomológica Aragonesa.
- Neyra González, L., y Durand Smith, L. (1998). *La diversidad biológica de México: estudio de país*. Conabio.
- Reece, J. B., Urry, L. A., Cain, M. L., Alexander, S., Minorsky, P. V., Jackson, R. B., y Campbell, N. A. (2014). *Campbell biology* (10a ed.). Pearson.
- Zárate-Ramírez, V. R. (2003). *Evaluación de la biodiversidad de helmintos en los peces de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo, México* [Tesis de Maestría].

## TEMA II. BIODIVERSIDAD DE MÉXICO

### FACTORES QUE EXPLICAN SU MEGADIVERSIDAD

#### Aprendizaje

El alumno:

Comprende los factores que determinan la megadiversidad de México.

#### Conceptos clave

Diversidad, país megadiverso, endémico, diversidad de ecosistemas, diversidad biológica, climas.

#### Resumen

México es considerado un país "megadiverso", ya que tiene la mayor diversidad de animales y plantas, casi el 70% de la diversidad mundial de especies (considerando los grupos más conocidos: anfibios, reptiles, aves y mamíferos y plantas vasculares). Este concepto es distinto al concepto de biodiversidad.

El principal criterio para pertenecer al grupo de los países megadiversos es el endemismo. Para ser megadiverso, un país debe tener por lo menos 5,000 especies endémicas de plantas. Otros criterios incluidos en el concepto son: diversidad de especies, diversidad de niveles taxonómicos superiores (géneros, familias, etc.), y diversidad de ecosistemas, incluyendo la presencia de ecosistemas marinos y de selvas tropicales (Mittermeier *et al.* 2004).

#### Desarrollo de los contenidos

México es uno de los países más diversos del planeta desde el punto de vista biológico. Su compleja fisiografía e historia geológica y climática, principalmente, han creado una variada gama de condiciones que hacen posible la coexistencia de especies de origen tropical y boreal, y que también han permitido, al paso del tiempo, una intensa diversificación de muchos grupos taxonómicos en las zonas continentales de su territorio y a lo largo de sus zonas costeras y oceánicas. (Espinoza, 2008).

La importancia de la diversidad es que a mayor riqueza del planeta hay una continuidad de la vida y son afectados por diversos procesos geológicos y antropológicos.

La megadiversidad es un concepto creado por la organización medioambiental Conservation international (CI), con el fin de llamar la atención sobre zonas del planeta con gran riqueza



biológica; en otras palabras, son un grupo de 17 países donde se encuentra representado más del 70% de la biodiversidad del planeta y en su conjunto representan el 10% de la superficie de este. Hablamos de países megadiversos cuando los niveles de diversidad biológica, la riqueza de especies el grado de endemismos o la diversidad de ecosistemas es particularmente elevada. Otra dimensión de la biodiversidad de un país o región cultural se da por la intervención del ser humano, ya que la domesticación de plantas y animales ha dado lugar a una gran riqueza natural en estas zonas. (CONABIO, 2023).

Esta diversidad biológica de origen natural o antrópico no está distribuida de manera homogénea en el planeta, ya que el 70% de la misma se encuentra concentrada en las regiones tropicales y subtropicales.

Los países megadiversos ofrecen gran diversidad de ambientes, suelos y climas y la separación de islas y continentes que sufrieron en algún momento ha permitido el desarrollo de flora y fauna endémicas. El gran tamaño que tiene la mayoría ayuda albergar más especies, su evolución se ha desarrollado por medio del contacto de varias regiones biogeográficas, donde se han mezclado especies con orígenes distintos.

Hablando de México sabemos que cuenta con factores que lo hacen ser uno de los países megadiversos entre estas causas que lo hacen megadiverso está el relieve, la variedad de climas y su riqueza geológicas, biológica y cultural.

Los 17 países megadiversos son 1er lugar Brasil, 2do lugar Indonesia, 3er lugar Colombia, 4to lugar México, 5to lugar Australia, 6to lugar Madagascar, 7mo lugar China, 8vo lugar Filipinas, 9vo lugar India, 10mo lugar Perú, 11vo lugar Papúa Nueva Guinea, 12vo lugar Ecuador, 13vo lugar E.U.A, 14vo lugar Venezuela, 15vo lugar Malasia, 16vo lugar Sudamérica y 17vo lugar República Democrática del Congo. (CONABIO, 2023).

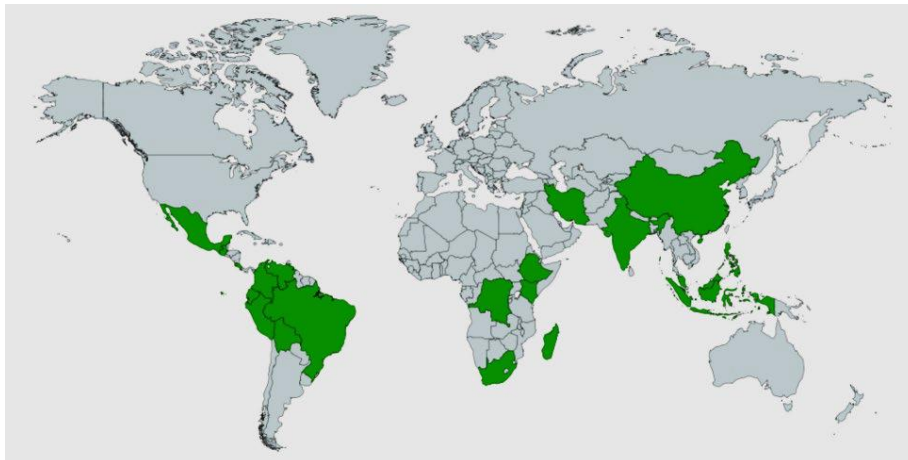


Figura 1: Mapa de los 17 países megadiversos. <https://www.infobae.com/2014/09/09/1593463-mapa-del-dia-descubre-cuales-son-los-17-paises-megadiversos/>

México se encuentra en el 4to lugar de los 17 países megadiversos, pues cumple con un mayor grado de biodiversidad en el mundo. De acuerdo con la CONABIO, se han señalado diferentes características para que un país se le considere megadiverso, entre algunas de las características que México tiene es la:

**Posición geográfica**, se encuentra en la zona tropical en donde existe mayor diversidad de especies. Por México pasa el trópico de Cáncer ( $23^{\circ}26'22''$ ) extendiéndose desde los  $29^{\circ}03'54''$  Latitud Norte,  $122^{\circ}10'13''$  (Baja California Norte) a los  $11^{\circ}58'07''$  Latitud Norte,  $94^{\circ}26'02''$  Oeste (Chiapas) y  $19^{\circ}32'25''$  Latitud Norte,  $94^{\circ}26'02''$  Longitud Oeste (Península de Yucatán). Son los puntos geográficos que enmarcan el territorio mexicano, están determinados mediante la latitud y longitud; se ubican en las siguientes coordenadas:

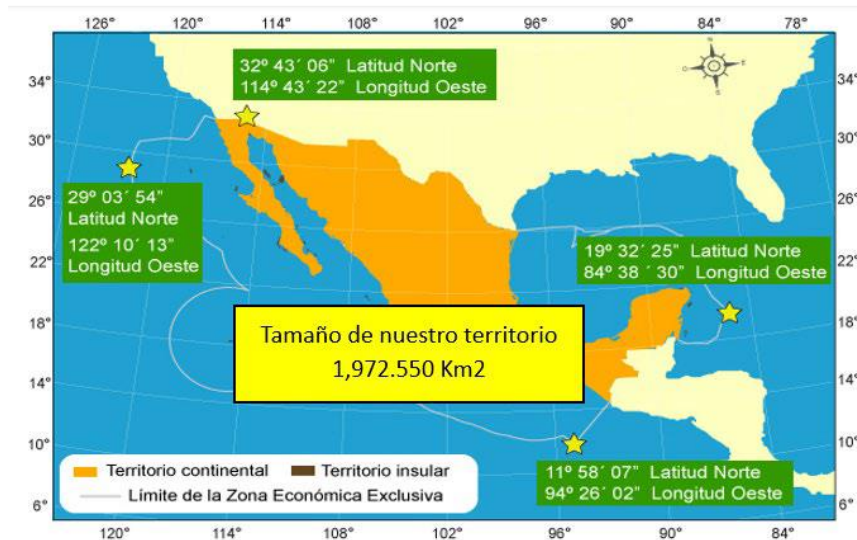


Figura 2: Posesión geográfica. <https://cuentame.inegi.org.mx/territorio/coordenadas.aspx?tema=T#>.

El tamaño de nuestro territorio es de 1,972,550 km<sup>2</sup> ocupa el lugar 14 del mundo de acuerdo con su gran tamaño, recordemos a mayor tamaño mayor diversidad de paisajes y de especies (CONABIO, 2023).

**Diversidad de paisajes**; la complejidad de la orografía de México se representa por sus magníficas montañas que confieren distintos ambientes de suelos y climas. México, además de ser eminentemente montañoso está cubierto de mares. Un océano y un Golfo rodea el territorio. Que también son considerados para que se considere a México como país megadiverso porque tenemos una extensión oceánica de 65% que terrestre que es de 35% distribuida en la región del Océano Pacífico (incluyendo los Golfos de California y Tehuantepec) y en el Océano Atlántico (con el Golfo de México y el Mar Caribe) (CONABIO, 2023).

A su vez el Golfo de México contiene al Golfo de campeche esto da lugar a una amplia variedad de ecosistemas y de especies, así como procesos ecológicos. La biodiversidad oceánica en la zona exclusiva de México existe 6 provincias marinas que son Baja California Pacífico, Golfo de California, Región Panámica del Océano Pacífico, Suroeste del Golfo de México, Banco de Campeche y Caribe Mexicano. Cubriendo una extensión marina 3,149,920 Km<sup>2</sup>. Así que la superficie total del territorio mexicano terrestre y marítimo es de 5,114,295 km<sup>2</sup>. (CONABIO, 2023).



Figura 3: Ubicación de México. <https://www.mapquest.com/search/orografia%20de%20mexico>

Otro factor para que México se considere un país megadiverso es el aislamiento, es decir la separación de islas y continentes ha permitido flora y fauna únicas. En México se conjuntan la flora y fauna de dos continentes que estuvieron mucho tiempo aislados (Norteamérica y Sudamérica). Recordemos que México se encuentra en la región Neártica y Neotropical, eso es muy importante pues es un factor que nos da endemismos, climas y ecosistemas diferentes en nuestro mismo territorio (Calixto 2012).



Figura 4: Regiones neártica y neotropical  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Zonas\\_biogeogr%C3%A1ficas\\_Ne%C3%A1rtica\\_y\\_neotropical.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Zonas_biogeogr%C3%A1ficas_Ne%C3%A1rtica_y_neotropical.png)

Es importante mencionar los factores topográficos y climáticos han influido de manera determinante en la diversidad de ambientes naturales y cultivados lo cual es la raíz de la riqueza de especies que existen en nuestro país. México se caracteriza por una topografía compleja y accidentada, ya que más de 50% del territorio nacional se encuentra en altitudes mayores a los mil metros sobre el nivel del mar. Así mismo, el territorio nacional abarca diferentes latitudes, lo cual nos da una gran diversidad de climas. Los cambios altitudinales provocan variaciones climáticas al verse afectada la intensidad de la irradiación solar y de la insolación, de la humedad atmosférica relativa, la oscilación diurna de la temperatura y la cantidad de oxígeno disponible. Por otra parte, la forma que le confieren al país sus litorales, junto con la alineación de sus principales serranías y cordilleras, influyen en la distribución de la humedad y también muchas veces de la temperatura (Curtis, 2007).



Figura 5: Topografía de México. <https://jenikirbyhistory.getarchive.net/amp/media/the-national-geographic-magazine-map-of-mexico-1>

México ocupa el segundo lugar en el mundo por el número de ecosistemas, los ecosistemas que tenemos en nuestro territorio son selva mediana o bosque tropical subcaducifolio, selva baja o bosque tropical caducifolio, bosque espinoso, matorral xerófilo, pastizal, pradera de alta montaña, bosque de encino, bosque de coníferas, bosque mesófilo de montaña o bosque de niebla, humedales y manglares. (CONABIO, 2023).





Figura 6: Ecosistemas de México. <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:AP2.png>

En México los climas están determinados por diferentes factores: latitud, altitud, relieve, corrientes marinas y temperaturas. Los principales climas que tenemos son Cálido húmedo, cálido subhúmedo, seco, muy seco, templado subhúmedo y templado húmedo (Purves, 2003).

Mexico map of Köppen climate classification

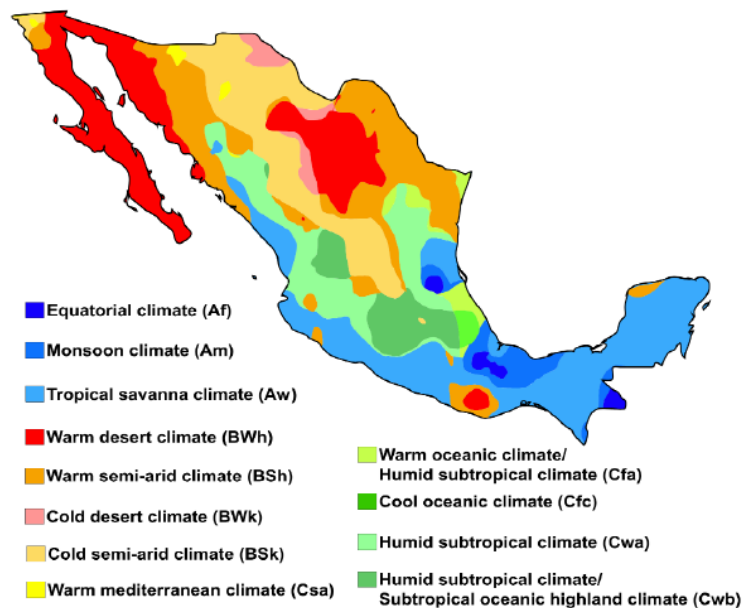


Figura 7: Ecosistemas de México.

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mexico\\_map\\_of\\_K%C3%B6ppen\\_climate\\_classification.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mexico_map_of_K%C3%B6ppen_climate_classification.svg)  
Gracias a estos climas y ecosistemas tenemos el 10 % de las especies del planeta están aquí cuando hablamos de especies animales y fauna de México es el primer lugar pinos, segundo lugar en reptiles, tercer lugar en mamíferos, quinto lugar en anfibios y plantas y octavo lugar en aves. En total existen más de 108,000 especies descritas en el país. Se han

descrito también 864 especies de reptiles, 528 especies de mamíferos, 361 de anfibios y 1800 especies de mariposas (Sadaba, 2009).



Figura 8:

[https://www.facebook.com/naturalia.a.c.3/photos/a.2737875073169862/2024074994549877/?type=3&locale=es\\_LA](https://www.facebook.com/naturalia.a.c.3/photos/a.2737875073169862/2024074994549877/?type=3&locale=es_LA)

Cuando hablamos de plantas tomamos en cuenta también las especies endémicas que exportamos al mundo como lo son el maíz, yuca, frijol, chile, chíca, amaranto, maguey, aguacate, guanábana, camote, capulín, calabaza, cacahuete, chicozapote, chayote, vainilla, jícama, nanche, epazote, mamey, cacao, nopal, tejocote, zapote, jitomate, chirimoya y pitahaya entre otros. México es uno de los Centros Vavilov (en honor al biólogo ruso Nicolai I. Vavilov 1887-1943, quien los describió), en donde se han originado los principales cultivos alimentarios del mundo. Algunas de las especies que se domesticaron en México son chile, maíz, frijol, calabaza, cacao, cacahuete, aguacate, vainilla, amaranto, maguey, jitomate, camote, algodón, papaya, henequén, el guajolote y el perro xoloitzcuintle (Valverde 2005).



Figura 9: 31 alimentos de México para el lunes,  
<https://twitter.com/marthadelgado/status/1449468941869387785>

Otro factor importante para poder cuidar ecosistemas y a las especies endémicas que tenemos tanto en flora y fauna es el que México cuenta con 3 de las 37 áreas silvestres del planeta están aquí. Tenemos 26,000 diferentes especies de flora

Tenemos 17 millones de hectáreas que son áreas naturales protegidas organizadas en 176. De acuerdo con esto hay datos alarmantes que debemos tomar en cuenta para poder cuidar nuestra diversidad de los problemas que el hombre realiza.



Figura 10: La riqueza biológica de México,  
[https://awsassets.panda.org/img/original/riqueza\\_biologica\\_mex.gif](https://awsassets.panda.org/img/original/riqueza_biologica_mex.gif)

Es importante destacar que México cuenta con una historia evolutiva y geológica, además de las características biogeográficas, otro elemento importante es el relacionado con los cambios climáticos severos ocurridos durante el Pleistoceno, cuando los glaciares se extendieron a latitudes tales que nuestro país estuvo bajo la influencia de climas fríos y templados.

Esto propició el establecimiento de especies de climas fríos, mientras que las especies de climas tropicales se extinguieron en gran parte, por lo que su distribución se restringió a ciertas zonas denominadas refugios pleistocénicos.

El aislamiento que sufrieron las especies en estos refugios dio origen al surgimiento de nuevas especies, que extendieron su área de distribución cuando los glaciares se retiraron, esto tuvo por consecuencia que muchas de las especies en México tengan un origen relativamente reciente y en muchos casos sean endémicas.

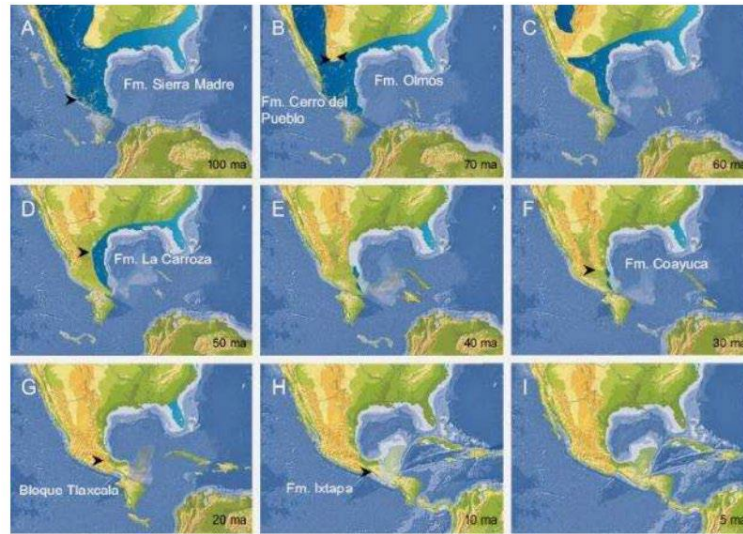


Figura 11: Cambios en la historia geológica de México, en millones de años, <http://sltpp.blogspot.com/2015/04/historia-geologica-de-mexico.html>

Es interesante saber que México albergó especies animales del Jurásico y Cretácico, los cuales pasaron y vivieron en todo nuestro territorio, hoy en día se encuentran muchos fósiles muy interesantes para su estudio (Starr, 2009).

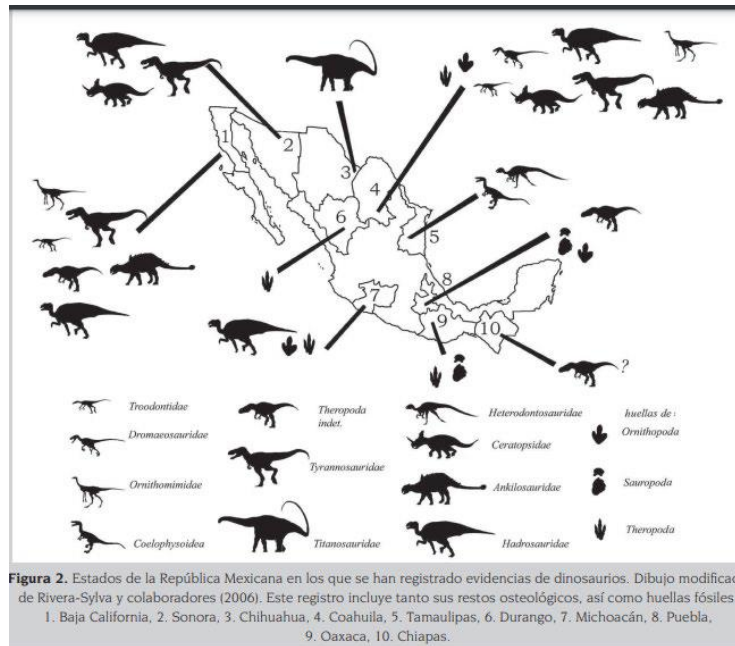


Figura 12: Historia evolutiva y geográfica de México, file:///C:/Users/bioes/Downloads/Dialnet-EIEstudioDeLosDinosauriosDeMexico-6110382%20(2).pdf

El diverso escenario geográfico de México ha permitido el desarrollo de una gran riqueza de tradiciones culturales de los pueblos originarios, conocimientos, tradiciones, y lenguas. Esta diversidad nos ofrece una variedad de enfoques y opciones para el mejor conocimiento y uso de la naturaleza.

Castillo Godínez, Escamilla Bello, Galván Sánchez, García Belio, Martínez Aguilar, Plácido Jurado, Razo Balcázar y Zarate Ramírez. Febrero, 2024.



Tenemos una invaluable riqueza cultural 7 millones de mexicanos hablan 68 lenguas indígenas, con 364 variantes en todo el país, somos el segundo país con más conocimientos en herbolaria y plantas medicinales. Como dato interesante es la segunda ciudad con más museos en el mundo después de Londres. Y también somos el país número uno en América con lugares declarados patrimonio mundial natural. (Mittermeier,2004).



Figura 13: Riqueza cultural de -México,  
<http://tecnologia3ojesticajm.blogspot.com/2018/11/diversidad-cultural-en-mexico-l.html>

## Actividades de aprendizaje

### Actividad 1

**Instrucciones.** En el siguiente planisferio identifica los 17 países megadiversos y coloca sus nombres en la lista según el lugar que ocupan en el mundo.



Guía para el examen extraordinario de Biología IV – CCH Oriente

- Países Megadiversos
- 1: 2:
- 3: 4: 5: 6: 7:
- 8: 9: 10: 11: 12:
- 13: 14: 15: 16: 17:

**Actividad 2:**

**Instrucciones.** Localiza e ilumina en un mapa de México las diferentes regiones neárticas (Verde) y neotropical (azul) enfatizando de color rojo la zona de confluencia.

**Actividad 3:**

**Instrucciones.** De acuerdo con la actividad anterior, en la siguiente tabla coloca los estados que corresponde a cada zona. Investiga los climas y los ecosistemas que hay en cada una.

Zona	Neártica	Zona de confluencia	Neotropical
Estados			
Climas			



d) Colombia, México, India y E.U.A

2.- El territorio de México es de:

a) 1,972,450 km<sup>2</sup>

b) 1,973,550 km<sup>2</sup>

c) 1,972,550 km<sup>2</sup>

d) 1,872,550 km<sup>2</sup>

3.- México Ocupa el \_\_\_\_\_ lugar cómo país megadiverso.

a) 1er lugar

b) 2do lugar

c) 4to lugar

d) 5to lugar

4.- ¿Cuáles de las siguientes opciones son provincias marinas de México?

a) Golfo de California y Caribe mexicano

b) Pacífico y atlántico

c) Golfo pérsico y Golfo de México

d) Golfo de México y mar arábigo

5.- Es un factor importante en donde la separación de islas y continentes permiten tener flora y fauna variada y únicas.

a) endémicos

b) variación

c) posición geográfica

d) aislamiento

6.- México ocupa en el mundo el \_\_\_\_\_ lugar por el número de ecosistemas

a) 3er lugar

b) 2do lugar

c) 4to lugar

d) 5to lugar

7.- En México los climas están determinados por:

a) latitud

b) ecosistemas

c) océanos

d) Fauna

8.- Los reptiles de México ocupan el \_\_\_\_\_ lugar en el planeta.

a) 1er lugar

b) 3er lugar

c) 5to lugar

d) 2do lugar

9.- ¿En total cuantas especies descritas hay en el país?

a) 108,0000

b) 108,000

c) 180,000

d) 188.00

10.- ¿Son especies endémicas?

a) limón, sandía y cereza

b) avena, frijol y garbanzo

c) amaranto, camote y zapote

d) nopales, habas y cacao

Respuestas correctas: 1.- D; 2.- C; 3.- C; 4.- A; 5.- D; 6.- B; 7.- A; 8.- D; 9.- B; 10.-C

## Referencias

Ali Zifan (20 febrero 2016) Mapa clima Kepler

Awikimate ( 2023) Ecosistemas de México. Figura 6

<https://jenikirbyhistory.getarchive.net/amp/media/the-national-geographic-magazine-map-of-mexico-1>

Biblioteca del congreso (S/F) El mapa de México. Figura 5

[.https://jenikirbyhistory.getarchive.net/amp/media/the-national-geographic-magazine-map-of-mexico-1](https://jenikirbyhistory.getarchive.net/amp/media/the-national-geographic-magazine-map-of-mexico-1)

Blog. Cambios en la historia geológica de México, en millones de años. Figura 11

<http://sltpb.blogspot.com/2015/04/historia-geologica-de-mexico-html>

Calixto, F. R., Herrera, R. L. & V D Hernández, G. V. D. (2012). *Ecología y medioambiente*. México: Cengage Learning Editores.

CONABIO. (2023) Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ecosistemas.

<https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/ecosismex>

Curtis, H. (2007). *Biología*. (7ª ed.). México: Editorial Médica Panamericana.

Espinosa, D., S. Ocegueda, et al. El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural. *En: Conabio. Capital Natural de México, Volumen I: Conocimiento actual de la biodiversidad*.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 2008.

La riqueza biológica de México (S/F). Figura 10

[https://awsassets.panda.org/img/original/riqueza\\_biologica\\_mex.gif](https://awsassets.panda.org/img/original/riqueza_biologica_mex.gif)

GetArchive 2015-2023

<http://tecnologia3ojesicacjm.blogspot.com/2018/11/diversidad-cultural-en-mexico-l.html>

INEGI(2023)Coordenadas de México. Figura 2

[https://cuentame.inegi.org.mx/territorio/coordenadas.aspx?tema=T#.13.INFOBE\(8septiembre2014\)Mapadel día: descubrecualessonlos17paísesmegadiversos.](https://cuentame.inegi.org.mx/territorio/coordenadas.aspx?tema=T#.13.INFOBE(8septiembre2014)Mapadel día: descubrecualessonlos17paísesmegadiversos.)

Figura 1

<https://www.infobae.com/2014/09/09/1593463-mapa-del-dia-descubre-cuales-son-los-17-paises-megadiversos/>

Jesica, C.J.M.(2018)Diversidad cultura len México.: Riqueza cultural de -México. Figura 13,

<http://tecnologia3ojesicacjm.blogspot.com/2018/11/diversidad-cultural-en-mexico-l.html>

Köppen.svg. Figura 7

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mexico\\_map\\_of\\_K%C3%B6ppen\\_climateclassification.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mexico_map_of_K%C3%B6ppen_climateclassification.svg)

Mariiana, Q. M. (2019)Zonas biogeográficas Neártica y neotropical. Figura

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Zonas\\_biogeogr%C3%A1ficas\\_Ne%C3%A1rtica\\_y\\_neotropical.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Zonas_biogeogr%C3%A1ficas_Ne%C3%A1rtica_y_neotropical.png)

Martha Delgado (16 octubre 2021)Los31 alimentos que México dio al mundo. Figura 9

<https://twitter.com/marthadelgado/status/1449468941869387785>

Mittermeier, R.A., P. Robles Gil, C.G. Mittermeier, C.G. (Eds). 2004. **Megadiversity. Earth's Biologically Wealthiest Nations**. CEMEX/Agrupación Sierra Madre, Mexico City

Naturalia (2018)México, país megadiverso. Figura 8

[https://www.facebook.com/naturalia.a.c.3/photos/a.2737875073169862/2024074994549877/?type=3&locale=es\\_LAile:///C:/Users/bioes/Downloads/DialnetlEstudioDeLosDinosauriosDeMexico-6110382%20\(2\).pdf](https://www.facebook.com/naturalia.a.c.3/photos/a.2737875073169862/2024074994549877/?type=3&locale=es_LAile:///C:/Users/bioes/Downloads/DialnetlEstudioDeLosDinosauriosDeMexico-6110382%20(2).pdf)

Purves, W.K., *etal.* (2003). *Vida. La ciencia de la biología*. (6ª Ed.). España: Editorial Médica Panamericana.

Rodríguez, R. (2007) Investigación y ciencia. El estudio de los dinosaurios de México: Historia, registro y perspectivas. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Numero 37. Enero-abril. Pp 49-58. Figura 12:

[file:///C:/Users/bioes/Downloads/Dialnet-EIEstudioDeLosDinosauriosDeMexico-6110382%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/bioes/Downloads/Dialnet-EIEstudioDeLosDinosauriosDeMexico-6110382%20(2).pdf)

22. Sadaba, D., Heller, H. C., Orians, G. H. y Purves, W. K. (2009). *Vida. La ciencia de la biología*.

(8ª ed.). México: Editorial Médica Panamericana.

Starr, C., Taggart, R., Evers, C. y Starr, L. (2009). *Biología, la unidad y diversidad de la vida*. (12ª ed.). México: Cengage Learning Editores.

Valverde, V. T., Meave del Castillo, J. A., Carabias, L. J. y Cano, S.Z. (2005). *Ecología y medio ambiente*. México: Pearson Educación.

## REGIONALIZACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

### Aprendizaje

El alumno:

Explica que en el país la riqueza de especies, la abundancia, la distribución y los endemismos determinan la regionalización de la biodiversidad.

### Conceptos clave

Riqueza específica, abundancia relativa, regionalización, biodiversidad, megadiversidad, endemismos.

### Resumen

La regionalización implica la división de un territorio en áreas menores con características comunes y representa una herramienta metodológica básica en la planeación ambiental, pues permite el conocimiento de los recursos para su manejo adecuado. La importancia de regionalizaciones de tipo ambiental estriba en que se consideran análisis basados en ecosistemas, cuyo objetivo principal es incluir toda la heterogeneidad ecológica que prevalece dentro de un determinado espacio geográfico para, así, proteger hábitats y áreas con funciones ecológicas vitales para la biodiversidad, las cuales no hubiesen sido consideradas con otro tipo de análisis.

### Desarrollo de los contenidos

De acuerdo con la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2017) regionalizar un territorio implica dividirlo en áreas de menor tamaño según ciertas características que posean estas zonas y que represente algún interés. En el caso de México, la regionalización del territorio responde a intereses de conservación ecológica, debido a la Megadiversidad con cuenta nuestro país.

A partir de esto, ha habido diferentes experiencias sobre la forma de regionalizar el territorio mexicano, dentro de las que destaca la Regionalización Ecológica del Territorio de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología de 1986, la cual ha constituido el marco territorial de referencia en el ordenamiento ecológico del país y cuya estrategia de planeación está contemplada en el Programa de Medio Ambiente (PMA) 1995-2000. Otros tipos de regionalizaciones también revisten particular importancia, pues han representado el marco de aplicación de políticas sectoriales en el país. Entre estas regionalizaciones destacan diversas regionalizaciones económicas y de carácter fisiográfico.

Cabe destacar que, para los componentes biótico y ecosistémico en México, destacan varios estudios de regionalización en el ámbito terrestre, marítimo e hidrológico.

Para citar algunos ejemplos en el ámbito terrestre se destaca la regionalización biogeográfica propuesta por la CONABIO en 1987, en la que se representan unidades básicas de clasificación, constituidas por áreas que albergan grupos de especies con un origen común y patrones similares de fisiografía, clima, suelo y fisonomía de la vegetación. Asimismo, las ecorregiones, también propuestas por esta institución, constituyen otro tipo de regionalizaciones definidas como áreas que constituyen conjuntos distintivos de comunidades naturales, las cuales comparten especies y condiciones ambientales.

Respecto al ámbito marino, existen diversos trabajos como la regionalización de sus ecosistemas, determinados por las características ambientales y principales recursos y usos costeros. De manera más particular, se han llevado a cabo trabajos sobre la delimitación de regiones de distribución de algas y de peces marinos. Por su parte, la World Wildlife Fund (WWF) dividió al país en cinco regiones para la conservación de zonas costeras y marinas.

En el caso de los recursos hidrológicos y su biodiversidad, se tienen como antecedentes importantes los estudios de clasificación de regiones hidrológicas de la Secretaría de Recursos Hidráulicos en 1976. Son también importantes la clasificación de recursos acuáticos lénticos y lóticos y diversas regionalizaciones limnológicas. Asimismo, destaca la regionalización hidrológica de la Comisión Nacional del Agua de 1997.

Con el fin de optimar los recursos financieros, institucionales y humanos en materia de conocimiento de la biodiversidad en México, la CONABIO ha impulsado un programa de identificación de regiones prioritarias para la biodiversidad, considerando los ámbitos terrestre (regiones terrestres prioritarias), marino (regiones prioritarias marinas) y acuático epicontinental (regiones hidrológicas prioritarias), para los cuales, mediante sendos talleres de especialistas, se definieron las áreas de mayor relevancia en cuanto a la riqueza de especies<sup>10</sup>, abundancia relativa o específica<sup>11</sup>, presencia de especies endémicas<sup>12</sup>, la

---

<sup>10</sup> Riqueza de especies: se refiere al número de especies diferentes en una determinada zona.

<sup>11</sup> Abundancia relativa o específica: se refiere al número de organismos de cada especie, es decir, a la cantidad de organismos que forman parte de la especie en una determinada zona.

<sup>12</sup> Especies endémicas: especies que solo habitan en una determinada zona (continente, país, región o bioma).



distribución<sup>13</sup> de especies y áreas con un mayor nivel de integridad ecológica, así como aquellas con mayores posibilidades de conservación en función a aspectos sociales, económicos y ecológicos. Con este marco de planeación regional, se espera orientar los esfuerzos de investigación que optimicen el conocimiento de la biodiversidad en México.

### **Regiones Terrestres Prioritarias de México**

La identificación de las regiones terrestres prioritarias (RTP) se llevó a cabo entre 1996 y 1999, en los que se delimitaron 152 polígonos en función de diversos criterios biológicos, de amenaza para el mantenimiento de la biodiversidad, que representaban una oportunidad para la conservación, y de su correspondencia espacial con rasgos topográficos, cuencas hidrológicas, áreas naturales protegidas, tipos de sustrato y de vegetación en un sistema de información geográfica.

#### **Criterios biológicos:**

1. Extensión del área
2. Integridad ecológica funcional de la región
3. Importancia como corredor biológico entre regiones
4. Diversidad de ecosistemas
5. Fenómenos naturales extraordinarios (por ejemplo, localidades de hibernación, migración o reproducción)
6. Presencia de endemismos;
7. Riqueza específica
8. Centros de origen y diversificación natural, y
9. Centros de domesticación o mantenimiento de especies útiles.

#### **Criterios de amenaza para el mantenimiento de la biodiversidad:**

1. Pérdida de la superficie original;
2. Fragmentación de la región;
3. Cambios en la densidad de la población;
4. Presión sobre especies clave o emblemáticas;
5. Concentración de especies en riesgo, y
6. Prácticas de manejo inadecuadas.

---

<sup>13</sup> Distribución de especies: se refiere al área o espacio que ocupan las especies, incluye su hábitat, así como las zonas de dispersión para la reproducción o migración.

### Criterios de oportunidad para la conservación de las regiones:

1. Proporción de áreas bajo algún tipo de manejo inadecuado;
2. Importancia de los servicios ambientales, y
3. Presencia de grupos organizados.

Las regiones terrestres prioritarias cubren 515 558 km<sup>2</sup> (corresponde a más de una cuarta parte del territorio), se concentran en las entidades más extensas del país: Chihuahua, Sonora y Coahuila, que al tener una baja densidad poblacional disponen de grandes espacios relativamente inalterados. Por otro lado, destacan Oaxaca y Quintana Roo por la alta proporción de su superficie incluida. En relación con las tofoformas dominantes dentro de los límites de las RTP la mayor parte de estas se encuentran en sistemas montañosos (Arriaga *et al.* 2009).



Arriaga Cabrera, L., E. Vázquez Domínguez, J. González Cano, R. Jiménez Rosenberg, E. Muñoz López, V. Aguilar Sierra (coordinadores). 1998. *Regiones marinas prioritarias de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.

### Regiones marinas prioritarias de México

La identificación de las regiones marinas prioritarias (RMP) se llevó a cabo en 1998, para la delimitación de las RMP se utilizaron diversos criterios ambientales, económicos y de amenaza. Entre los criterios ambientales específicos de ambientes marinos, se consideraron los procesos oceánicos relevantes y las zonas de migración, crecimiento, reproducción y refugio. Entre los criterios económicos, se pueden mencionar los relacionados a las especies de importancia comercial, las zonas pesqueras, y las zonas importantes para las actividades económicas como el turismo, y la extracción de recursos.

La delimitación espacial de los **70 polígonos** se realizó con base en cartografía obtenida de las siete provincias biogeográficas costeras y de las cinco oceánicas, de cartas batimétricas, de las áreas naturales protegidas y de la distribución de los registros de colecta de diversos

Castillo Godínez, Escamilla Bello, Galván Sánchez, García Belio, Martínez Aguilar, Plácido Jurado, Razo Balcázar y Zarate Ramírez. Febrero, 2024.

grupos biológicos (véase Arriaga *et al.* 1998; 2009). Las RMP comprenden una superficie de 1 378 620 km<sup>2</sup> de las zonas costeras y oceánicas incluidas en la zona económica exclusiva. Estas regiones se encuentran en ambas costas del país: 43 en el Pacífico y 27 en el Golfo de México-Mar Caribe. Las RMP definidas para el Pacífico equivalen a 39% del total del área de esta región, mientras que las del Atlántico son cerca de 50% de la superficie total.

Los **sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad marina** (SPM) identificados en 2007, también con base en talleres de expertos, representan una delimitación más detallada y de mayor resolución de los sitios costeros y oceánicos prioritarios en comparación con las RMP. Lo anterior fue el resultado de un mayor conocimiento científico de los ecosistemas marinos, en particular de los ecosistemas bentónicos de mar profundo (véase Koleff *et al.* 2009).

**Criterios ambientales (medio biótico y abiótico):**

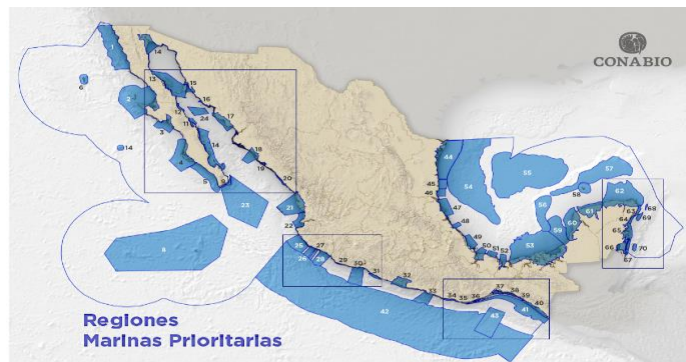
1. Integridad ecológica funcional
2. Diversidad de hábitat
3. Endemismo
4. Riqueza de especies
5. Especies indicadoras; y dos criterios más específicos de los ambientes marinos
6. Zonas de migración, crecimiento, reproducción o refugio, y
7. Procesos oceánicos relevantes (por ejemplo, transporte de Ekman, turbulencia, concentración, retención y enriquecimiento, turbulencia, concentración, retención y enriquecimiento, que se asocian a sitios de reproducción, alimentación, crecimiento, entre otros).

**Criterios económicos que incluyeron:**

1. Especies de importancia comercial
2. Zonas pesqueras importantes
3. Tipo de organización pesquera
4. Zonas turísticas importantes
5. Tipo de turismo
6. Importancia económica para otros sectores (por ejemplo, petrolero, industrial, minero, de transporte u otros), y
7. Recursos estratégicos (como nódulos de manganeso, cobalto, gas, petróleo u otros).

**Criterios de amenazas que se incluyeron son:**

1. Modificación del entorno (por ejemplo, relleno de áreas inundables, fractura de estructuras arrecifales, formación de canales, descargas de agua dulce, entre otras);
2. Contaminación
3. Efectos a distancia (como aporte de sedimentos, modificaciones en patrones de infiltración, entre otros)
4. Presión sobre especies clave
5. Concentración de especies en riesgo
6. Daño al ambiente por embarcaciones
7. Especies introducidas, y
8. prácticas de manejo inadecuadas.



Arriaga Cabrera, L., E. Vázquez Domínguez, J. González Cano, R. Jiménez Rosenberg, E. Muñoz López, V. Aguilar Sierra (coordinadores). 1998. *Regiones marinas prioritarias de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.

**Regiones hidrológicas prioritarias**

La identificación de las 110 regiones hidrológicas prioritarias (RHP) se llevó a cabo en 1998, los criterios, consideraron aspectos de biodiversidad en relación con el valor ambiental de recursos bióticos y abióticos, con el valor económico, así como con los riesgos y amenazas a los que está sujeta la biodiversidad que se presenta en ambientes limnológicos, y consideran las características físicas y químicas de los cuerpos de agua epicontinentales, y de los ecosistemas que se encuentran en toda la cuenca hidrográfica, desde el parteaguas hasta las zonas costeras (véanse detalles en Arriaga *et al.* 2000).

Las 110 RHP cubren un área de 777 248 km<sup>2</sup> de las principales cuencas hidrográficas del país; las áreas con la mayor concentración y extensión geográfica se encuentran a lo largo

de la Sierra Madre Occidental y en las cuencas aluviales del norte del país. En el caso de la Sierra Madre Occidental, las RHP se localizan en las partes altas de la sierra de los estados de Sonora, Chihuahua, Sinaloa, Nayarit, Durango, Zacatecas y Jalisco donde se forman las cabeceras de los ríos que descargan a las planicies costeras del Pacífico, hacia el occidente, y al Altiplano mexicano, al oriente. Las cuencas aluviales del norte comprenden las cuencas endorreicas y las interconectadas de los estados de Chihuahua, Coahuila y Durango, algunas de las cuales descargan hacia el río Bravo.



Arriaga Cabrera, L., V. Aguilar Sierra, J. Alcocer Durand, R. Jiménez Rosenberg, E. Muñoz López, E. Vázquez Domínguez (coords.). 1998. Regiones hidrológicas prioritarias. Escala de trabajo 1:4 000 000. 2ª. edición. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

## Actividad de aprendizaje

### Actividad 1.

**Instrucciones:** A continuación, se presenta la descripción de tres casos, analízalos y responde en el espacio correspondiente a qué tipo de Región Prioritaria corresponde cada uno.

**Caso 1.** Esta región se ha convertido una zona importante para México, no solo por reabastecer los mantos acuíferos de la ciudad, sino también por su aporte como filtro de natural del aire, los suelos ricos en nutrientes y el suministro de agua a diferentes estados.

¿A qué tipo de región prioritaria corresponde? \_\_\_\_\_

**Caso 2.** Las comunidades locales dependen de los recursos que obtienen de la región en que habitan, debido a ser tanto fuente de alimento para ellos como para el turismo que arriba a esos lugares atraídos por la diversidad de especies, las actividades recreativas, por lo que

el gobierno ha establecido periodos de veda para evitar la sobre explotación, así como una constante vigilancia para impedir la introducción de especies no nativas, contaminación y daños a por embarcaciones.

¿A qué tipo de región prioritaria corresponde? \_\_\_\_\_

**Caso 3.** En esta región se encuentran dos poblaciones de especies endémicas, además existen 7 comunidades biológicas, cada una de las cuales presenta una riqueza específica importante y también ha aumentado la abundancia relativa de cada especie gracias a un corredor biológico natural que ha permitido el flujo genético.

¿A qué tipo de región prioritaria corresponde? \_\_\_\_\_

Respuestas: caso 1: Región Hidrológica Prioritaria, caso 2: Región Marítima Prioritaria, caso 3: Región Terrestre prioritaria.

### Autoevaluación

**Instrucciones:** Analiza las siguientes preguntas, así como las opciones de respuesta y selecciona la opción correcta.

1.- La regionalización implica:

- A) dar nombre a determinadas zonas del país
- B) dividir el territorio en áreas menores de acuerdo con diferentes criterios de importancia
- C) dividir al país para su estudio
- D) asignar zonas de explotación de los recursos

2.- En México, la regionalización del país consiste en:

- A) identificar las zonas en las que se pueden explotar los recursos
- B) identificar zonas importantes para el turismo
- C) identificar zonas que favorezcan a la economía del país
- D) identificar zonas para la conservación, estudio y manejo de los recursos naturales

3.- Entre los criterios establecidos para la regionalización de México se encuentran:

- A) la riqueza de especies, los endemismos y el uso de los recursos naturales
- B) la riqueza de especies, la explotación de los recursos y la comercialización de los recursos
- C) la abundancia relativa, el turismo y explotación de los recursos
- D) el turismo, la zona de explotación de recursos y los sectores empresariales

4.- Este tipo de regiones prioritarias son determinadas a partir de los servicios ambientales que ofrecen al país

- A) Regiones Terrestres Prioritarias
- B) Regiones Marítimas Prioritarias
- C) Regiones Hidrológicas Prioritarias

D) Regiones Turísticas Prioritarias

5.- Este tipo de regiones prioritarias son determinadas a partir de la riqueza de especies, la abundancia relativa, los endemismos y los hábitats que incluyen

- A) Regiones Terrestres Prioritarias
- B) Regiones Marítimas Prioritarias
- C) Regiones Hidrológicas Prioritarias
- D) Regiones Turísticas Prioritarias

Respuestas: 1B; 2D; 3A; 4C; 5A.

## Referencias

- Arriaga, L., E. Vázquez, J. González, R. Jiménez, E. Muñoz, V. Aguilar (coords). 1998. Regiones marinas prioritarias de México. CONABIO. México.
- Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coords.). 2000. **Regiones terrestres prioritarias de México**. CONABIO, México.
- Arriaga, L., V. Aguilar, J. Alcocer. 2002. *Aguas continentales y diversidad biológica de México*. CONABIO, México.
- Arriaga, L., et al. 2009. Regiones prioritarias y planeación para la conservación de la biodiversidad, en Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO, México, pp. 433-457.
- Arriaga, L., et al. 2009. Regiones prioritarias y planeación para la conservación de la biodiversidad, en Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO, México, pp. 433-457.
- Koleff, P., M. Tambutti, I.J. March, R. Esquivel, C. Cantú, A. Lira-Noriega et al. 2009. Identificación de prioridades y análisis de vacíos y omisiones en la conservación de la biodiversidad de México, en Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO, México, pp. 651-718.
- Olson, D.M., y E. Dinerstein. 1998. The global 200: A representation approach to conserving the Earth's most biologically valuable ecoregions. Conservation Biology 12: 502-515.
- Vínculo al Capítulo de Arriaga et al. en **Capital Natural de México**. CONABIO. (2017). Regionalización. México.
- <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/regionalizacion.html>
- Biodiversidad Mexicana (2023). Regionalización. Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la conservación de la biodiversidad. México. <https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/regionalizacion>

## FACTORES QUE AFECTAN LA BIODIVERSIDAD

### Aprendizaje

El alumno:

Relaciona los factores naturales y antropogénicos con la pérdida de la biodiversidad.

### Conceptos clave

Biodiversidad, conservación, pérdida de especies, incendios forestales, especies invasoras, inundaciones, especies invasoras, sobrexplotación.

### Resumen

La pérdida de biodiversidad se refiere a la disminución o desaparición de la diversidad biológica, entendida esta última como la variedad de los sistemas biológicos que habitan el planeta, sus distintos niveles de organización biológica y su respectiva variabilidad genética, así como los patrones naturales presentes en los ecosistemas.

Uno de los problemas ambientales globales más graves derivados del desarrollo de las sociedades modernas es la pérdida de la biodiversidad. Todas las especies que habitan en el planeta son el resultado de un proceso evolutivo irreplicable de millones de años. Esto hace que cada organismo, por su genoma único tenga un valor intrínseco y constituya un patrimonio natural para la humanidad (Galván y Bojórquez, 2004). Pero la alteración, transformación y destrucción de los ecosistemas naturales ha traído como consecuencia desaparición de hábitats, invasión de especies introducidas, sobrexplotación de recursos y contaminación, situaciones que han provocado la extinción de muchas especies biológicas y han puesto en peligro de extinción a muchas otras. Los procesos de extinción han sido fenómenos naturales en la historia de la vida de nuestro planeta, pero tanto las tasas de extinción como números absolutos rebasan cualquier historia pasada.

Puesto que la biodiversidad básicamente se presenta a nivel genético, de especie y de ecosistema, la pérdida de la diversidad biológica se manifiesta en estas categorías, nombrándolas, respectivamente, disminución de la variación genética, extinción de especies y fragmentación de ecosistemas (Muñiz, *et al.*, 1996).

### Desarrollo de los contenidos

Uno de los problemas ambientales globales más graves derivados del desarrollo de las sociedades modernas es la pérdida de la biodiversidad. Todas las especies que habitan en



el planeta son el resultado de un proceso evolutivo irrepetible de millones de años. Esto hace que cada organismo, por su genoma único tenga un valor intrínseco y constituya un patrimonio natural para la humanidad (Galván y Bojórquez, 2004). Pero la alteración, transformación y destrucción de los ecosistemas naturales ha traído como consecuencia desaparición de hábitats, invasión de especies introducidas, sobreexplotación de recursos y contaminación, situaciones que han provocado la extinción de muchas especies biológicas y han puesto en peligro de extinción a muchas otras. Los procesos de extinción han sido fenómenos naturales en la historia de la vida de nuestro planeta, pero tanto las tasas de extinción como números absolutos rebasan cualquier historia pasada.

Puesto que la biodiversidad básicamente se presenta a nivel genético, de especie y de ecosistema, la pérdida de la diversidad biológica se manifiesta en estas categorías, nombrándolas, respectivamente, disminución de la variación genética, extinción de especies y fragmentación de ecosistemas (Muñiz, *et al.*, 1996).

La biodiversidad del planeta está amenazada y el principal culpable es el ser humano. Frenar la pérdida de biodiversidad, entendida como la disminución o desaparición de la variedad de seres vivos que habitan el planeta, es uno de los grandes retos de la humanidad. Esta diversidad se ve afectada por dos factores importantes factores naturales y antropogénicos que tienen como resultado la pérdida de la biodiversidad.

### ***Factores naturales***

Cuando se habla de factores naturales tomamos en cuenta a aquellos eventos geológicos y climáticos, los cuales a lo largo de la historia evolutiva y geológica del planeta han provocado extinciones masivas, cuya evidencia ha quedado en el registro fósil. Pueden también darse eventos catastróficos puntuales, como grandes incendios de origen natural, desviaciones de cursos de agua, eventos climatológicos asociados a erupciones volcánicas o caídas de meteoritos que provocan efectos negativos sobre los ecosistemas en regiones específicas del planeta.

Los diversos eventos catastróficos provocan la modificación drástica de los ecosistemas y la pérdida de la biodiversidad, seguidos por eventos de colonización de especies provenientes de otros ecosistemas o el desarrollo de vegetación secundaria, lo cual conlleva con frecuencia a la modificación permanente del ecosistema. A continuación, algunos ejemplos de factores que afectan la pérdida de la biodiversidad por causas naturales (Iberdrola 2023).

## ***Erupciones***

La erupción por volcanes es una causa importante en la pérdida de la diversidad pues daña los suelos y los ecosistemas. La ceniza volcánica es áspera, ácida, arenosa, vidriosa,



maloliente y completamente desagradable. La combinación de gases ácidos y cenizas que pueden estar presentes a unos pocos kilómetros de la erupción podría causar daño para los sistemas biológicos, figura 1 (Maldonado, año).

Figura 1: Erupción volcánica [https://www.freepik.es/foto-gratis/volcan-volcan-al-fondo\\_47198827.htm#query=erupciones%20volcanicas&position=37&from\\_view=search&track=ais](https://www.freepik.es/foto-gratis/volcan-volcan-al-fondo_47198827.htm#query=erupciones%20volcanicas&position=37&from_view=search&track=ais)

## ***Inundaciones***

Las inundaciones causan un gran impacto al medio ambiente y al entorno trayendo problemas a los sistemas biológicos que habitan los ecosistemas esto se da principalmente en las llanuras de inundación, da como resultado la pérdida de espacios habitables para algunas especies animales y también bienes materiales, la proliferación de enfermedades transmitidas por el agua y destruye los cultivos, también causan daños económicos, la complejidad y naturaleza del riesgo, aspectos socioeconómicos y políticos de la población y ecosistema afectadas.

Los factores que ocasionan más impacto en el entorno son la rapidez con la que se producen las crecidas, la velocidad del agua y la elevada carga de sedimentos. Las inundaciones destruyen las comunidades ecológicas como vegetación y animales, esto porque los cubren o porque los arrastran. La fuerza del agua arrastra parte del sustrato y de la vegetación, así como las semillas, lo que puede afectar a la capacidad de rebrotamiento y por tanto de colonización, de las especies. También son importantes los cambios que provocan en los cursos fluviales y las perturbaciones que se producen en las zonas costeras profundas, figura 2 (Pickup et al., 2003).



Figura 2: Inundaciones

<https://www.freepik.es/search?format=search&query=inundaciones%20&type=photo>

### ***Incendios***

Los **incendios forestales** tienen impactos complejos sobre los procesos ecológicos, debido a la variabilidad de las estructuras del paisaje como a las diferentes respuestas de la vegetación, estos impactos van a depender de la intensidad, recurrencia y duración del incendio forestal. Estos efectos pueden ser directos, como pérdida de animales, pérdida de la vegetación y degradación del suelo. Los efectos indirectos, por su parte, van desde la erosión del suelo y la contaminación del agua hasta el ensuciamiento de represas y deslizamientos de tierra.

Los Incendios forestales, causados por fuertes radiaciones de sol y/o por imprudencia del hombre afectan la capa orgánica lo cual impide la regeneración. La relación de la vegetación y los incendios forestales da lugar a la modificación en su estructura, composición y servicios ecosistémicos, se da una disminución de la tasa de descomposición de hojarasca, disminución de nichos para invertebrados, alteración al microclima, etc.

Los incendios forestales pueden tener un impacto en los vertebrados e invertebrados tales como: muerte de individuos, pérdida de habitat, territorios, refugio y alimentación. La pérdida de fauna por los incendios forestales va a depender de la velocidad del viento, las cargas de combustible, el contenido de humedad de la vegetación, la época del año y el tamaño del fuego, entre otros, figura 3 (Gonzales 2009).



Figura 3: Incendios forestales, [https://www.freepik.es/fotos-premium/firefighters-battling-raging-forest-firegenerativei\\_56107362.htm#query=incendios%20forestales&position](https://www.freepik.es/fotos-premium/firefighters-battling-raging-forest-firegenerativei_56107362.htm#query=incendios%20forestales&position)

### ***Factores antropológicos***

Las causas antropogénicas de la pérdida de la biodiversidad son en la actualidad las que mayor afectación causan a nivel global; durante el último siglo dicho fenómeno ha sido el de mayor magnitud a los previamente vistos en el planeta. México no es la excepción a esta tendencia, y de no revertirse el ritmo de deterioro y destrucción de ecosistemas naturales y las especies que los componen será tal que, en menos de 50 años, México será una de las naciones en el mundo en la cual se habrá dado mayor pérdida de biodiversidad por la actividad humana.

Las actividades humanas ejercen una marcada influencia en la disminución del número de especies, en el tamaño y la variabilidad genética de las poblaciones silvestres. Esto trae por consecuencia la pérdida irreversible de hábitats y ecosistemas. La magnitud del problema es tal, que se ha considerado que estamos transitando por la sexta extinción masiva; es decir, un proceso en el que la tasa de extinción de especies es varios órdenes de magnitud más acelerada que en un periodo “normal” (CONABIO 2022).

### ***Cambio climático***

El cambio climático se refiere a los cambios a largo plazo de las temperaturas y los patrones climáticos. Estos cambios pueden ser naturales, debido a variaciones en la actividad solar o erupciones volcánicas grandes. Pero desde el siglo XIX, las actividades humanas han sido el principal motor del cambio climático, debido principalmente a la quema de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas. La quema de combustibles fósiles genera emisiones de gases de efecto invernadero que actúan como una manta que envuelve a la Tierra, atrapando el calor del sol y elevando las temperaturas.

Durante los pasados 100 años se ha documentado el aumento de la temperatura promedio de la atmósfera y de los océanos del planeta debido al incremento en la concentración de gases de efecto invernadero (bióxido de carbono, metano, óxidos de nitrógeno, ozono, clorofluorocarbonados y vapor de agua) estos proceden del uso de la gasolina para conducir un coche o del carbón para calentar un edificio, el desmonte de tierras y bosques también puede liberar dióxido de carbono. La agricultura y las actividades relacionadas con el petróleo y el gas son fuentes importantes de emisiones de metano. La energía, la industria, el transporte, los edificios, la agricultura y el uso del suelo se encuentran entre los principales emisores producidos por la quema de combustibles fósiles y por la deforestación, una combinación de producción en exceso y reducida capacidad para capturar la contaminación.

Estas consecuencias son cambios radicales en la distribución de ecosistemas y especies, aumento en el nivel del mar, desaparición de glaciares y de grandes extensiones de corales, climas impredecibles y extremos como sequías y tormentas. El cambio climático afecta a todos los organismos del planeta, muchos de ellos ya están respondiendo a esta nueva dinámica a través de cambios en su distribución y sus migraciones.

Todos estos factores se deben a las actividades humanas y sus causas subyacentes son sociales, económicas y políticas. Entre otras también están las siguientes:

**Amenaza al ser humano:** La pérdida de biodiversidad pone en peligro el bienestar del ser humano al afectar al suelo y al agua, fundamentales para su alimentación. **Proliferación de plagas:** Los desequilibrios en los ecosistemas pueden impulsar la aparición de plagas que dañen, por ejemplo, las cosechas.

**Aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub>:** La capacidad de los bosques y los océanos para absorber CO<sub>2</sub> disminuye si sus ecosistemas se ven perjudicados, figura 4 (Naciones unidas).



Figura 4: Cambio climático <https://pixabay.com/es/photos/m%C3%A1scara-de-gas-cambio-clim%C3%A1tico-4184871/>

## Contaminación

cuando hablamos de contaminación pensamos, por ejemplo, en el humo que sale de los tubos de escape de los coches y ascienden a la atmósfera, pero a la biodiversidad no le afecta solo ese tipo, también lo hace la contaminación acústica y la lumínica. La contaminación del suelo y los cambios en sus usos debido a actividades como la deforestación de los bosques impactan negativamente en los ecosistemas y en las especies que los componen.

El aumento en la presencia de sustancias químicas en el ambiente como resultado de las actividades humanas tiene graves consecuencias para muchas especies. Las actividades industriales, agrícolas, ganaderas y urbanas contribuyen substancialmente a la contaminación de aire, agua y suelos. Por mucho tiempo la contaminación fue un problema

de una escala espacial pequeña. Sin embargo, actualmente la producción de contaminantes afecta a todo el planeta. Algunos contaminantes han debilitado la capa de ozono que protege a los seres vivos de las radiaciones ultravioletas del Sol, mientras que otros han provocado el calentamiento global. La contaminación del agua, del suelo y del aire afecta directamente a muchos organismos aun en lugares remotos.

Además de sustancias químicas también se considera al exceso de energía como sonido, calor o luz como un contaminante, y a los organismos transgénicos. A nivel nacional la normatividad sobre la contaminación se encuentra en la “Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente” (LGEEPA, 2013).

A nivel mundial existen varias convenciones para disminuir la contaminación como: el “convenio LRTAT” (1983) para combatir la contaminación atmosférica transfronteriza a gran distancia, la “convención OSPAR” (1988) para la protección del medio marino del Atlántico del Nordeste, el “protocolo de Montreal” (1989) para la protección de la capa de ozono, la “convención de Basilea” (1989), para el control de movimientos de residuos peligrosos entre fronteras, la “convención de Rotterdam” (2004) para sustancias químicas industriales, la “convención de Estocolmo” (2004) sobre contaminantes orgánicos persistentes y el protocolo de Kioto (2005) para reducir la emisión de gases de efecto invernadero Figura 5 (Star, 2009).

El aumento en la presencia de sustancias químicas en el ambiente como resultado de las actividades humanas tiene graves consecuencias para muchas especies. Las actividades industriales, agrícolas, ganaderas y urbanas contribuyen substancialmente a la contaminación de aire, agua y suelos. Actualmente la producción de contaminantes afecta a todo el planeta. Algunos contaminantes han debilitado la capa de ozono que protege a los seres vivos de las radiaciones ultravioletas del Sol, mientras que otros contaminantes han provocado el calentamiento global. Figura 5 (Star, 2009).



Figura 5: Contaminación <https://www.istockphoto.com/es/foto/contaminaci%C3%B3n-de-la-ciudad-gm1160519702-317676293>

### ***Destrucción y pérdida de hábitats***

La destrucción del hábitat es resultado de los cambios de uso de suelo, ya sea por cultivos agrícolas, expansión urbana, construcción de carreteras u otras causas. Es la mayor causa de pérdida de biodiversidad depende tanto de factores locales, económicos y demanda de recurso. La pérdida de hábitat sucede por el “cambio de uso del suelo” de ecosistemas naturales (bosques, selvas, pastizales, etcétera) a actividades agrícolas, ganaderas, industriales, turísticas, petroleras, mineras, entre otros.

El cambio de uso de suelo provoca la fragmentación del hábitat. Algunas áreas son muy pequeñas y no cuentan con el número suficiente de individuos para mantener a las poblaciones de especies o los procesos ecológicos necesarios. En México se ha perdido alrededor del 50% de los ecosistemas naturales. Las principales transformaciones se han llevado a cabo en las selvas húmedas y secas, los pastizales, los bosques nublados y los manglares y en menor grado en matorrales y bosques templados. Los ecosistemas más accesibles, productivos, con mejores suelos y en lugares planos han sido los más transformados (CONABIO 2018).

Las últimas estimaciones señalan que en México se ha perdido alrededor del 50% de los ecosistemas naturales. Las principales transformaciones se han llevado a cabo en las selvas húmedas y secas, los pastizales, los bosques nublados y los manglares y en menor grado en matorrales y bosques templados. Los ecosistemas más accesibles, productivos, con mejores suelos y en lugares planos han sido los más transformados. Los principales remanentes se encuentran en lugares poco accesibles o productivos.

La pérdida de hábitat sucede por el “cambio de uso del suelo” de ecosistemas naturales (bosques, selvas, pastizales, etc.) a actividades agrícolas, ganaderos, industriales, turísticas, petroleras, mineras, etc., todas ellas contempladas en las evaluaciones de impacto ambiental de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LEEGEPA, Sección V, 2013) y normas y reglamentos asociados, figura 6 (CONABIO, 2009).



Figura 6: Destrucción de hábitats, freepik.es/fotos-premium/biodiversity-ecosystem-ecology-and-endangered-bio-life-how-to-protect-the-ecosystem-and



### ***Especies invasoras***

Las especies invasoras son aquellas que se logran establecer fuera de su distribución natural y colonizar nuevos ecosistemas, afectando la biodiversidad local al desplazar las especies nativas, por medio de parasitismo, depredación, transmisión de patógenos, modificación del hábitat, hibridación y competencia con especies nativas. Al ser especies introducidas accidental o intencionalmente por razones comerciales, o por razones naturales, al ser insertadas por huracanes u otros fenómenos, estas especies ya no se ven afectadas por las medidas de control natural de su área de distribución original (por ejemplo: depredadores) y desarrollan un comportamiento diferente y “agresivo”.

Los impactos ecológicos, económicos y hasta sanitarios de las invasiones biológicas son enormes. Otros factores como el cambio climático global empeoran la dispersión y el establecimiento de especies exóticas invasoras que son la segunda causa de pérdida de biodiversidad en el mundo, actúan como depredadores, compiten por el alimento, se hibridan con las especies nativas, introducen parásitos y enfermedades.

La introducción de especies no nativas (exóticas) que se convierten en invasoras (plagas) es una causa muy importante de pérdida de biodiversidad. Estas especies que provienen de sitios lejanos de manera accidental o deliberada depredan a las especies nativas, compiten con ellas, transmiten enfermedades, modifican los hábitats causando problemas ambientales, económicos y sociales. Algunas muy conocidas son las ratas y ratones de Asia, el lirio acuático de Sudamérica y el pez león del Pacífico Oeste y Oceanía. En CONABIO se lleva el Sistema de información sobre especies invasoras en México y se coordina la Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras en México), figura 7 (CONABIO 2009).



Figura 7: Especie invasora, Perico monje <https://www.pxfuel.com/es/free-photo-ovwrm>

### **Sobreexplotación del medio natural**

La sobreexplotación de los recursos naturales, es decir, su consumo a una velocidad mayor a la de su regeneración natural, tiene un impacto sobre la flora y la fauna del planeta. Puede ser la extracción de individuos de una población a una tasa mayor a la de su reproducción.



Cuando esto sucede la población disminuye. Esta ha sido la historia de muchas de las especies que se han explotado por distintas razones: las ballenas, los peces, venados, cactus, orquídeas. Muchas de ellas ahora se encuentran en peligro de extinción. Algunas especies son más vulnerables que otras por sus características biológicas como: distribución restringida, abundancia baja, tasa alta de mortalidad, tasa reproductiva baja, alta congregación de la población, entre otras.

Las actividades de cacería, tala, pesca, comercio ilegal de especies con distintos fines, afectan a las especies al sobreexplotar sus poblaciones. Los compradores de organismos y productos ilegales son cómplices de la sobreexplotación. Las regulaciones sobre el aprovechamiento de las especies mexicanas se encuentran en diversos tipos de normatividad. Existen restricciones de comercialización de las especies en riesgo a nivel nacional (Norma Oficial Mexicana 059) y a nivel internacional (CITES) figura 8.



Figura 8: sobreexplotación del medio natural  
<https://es.wikipedia.org/wiki/Pesca>

## Actividades de aprendizaje

### Actividad 1

**Instrucciones:** Elabora un cuadro comparativo acerca de los factores naturales que afectan la pérdida de la biodiversidad.

	<b>INCENDIOS</b>	<b>ERUPCIONES</b>	<b>INUNDACIONES</b>
Características generales			
Ejemplo			

**Actividad 2**

**Instrucciones:** Elabora un cuadro comparativo de los factores antropológicos que afectan la pérdida de la biodiversidad.

	<b>CAMBIO CLIMÁTICO</b>	<b>DESTRUCCIÓN DE HABITATS</b>	<b>ESPECIES INVASORAS</b>	<b>SOBREEXPLOTACIÓN</b>
Características Generales				
ejemplo				

**Actividad 3**

**Instrucciones:** Resuelve la siguiente sopa de letras con las siguientes palabras: cambio climático, pérdida de especies, erupciones, inundación y especies invasoras.

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

**Actividad 4**

**Instrucciones:** De las palabras que encontraste en la sopa de letras contesta lo siguiente:

1.- El \_\_\_\_\_ se refiere a \_\_\_\_\_

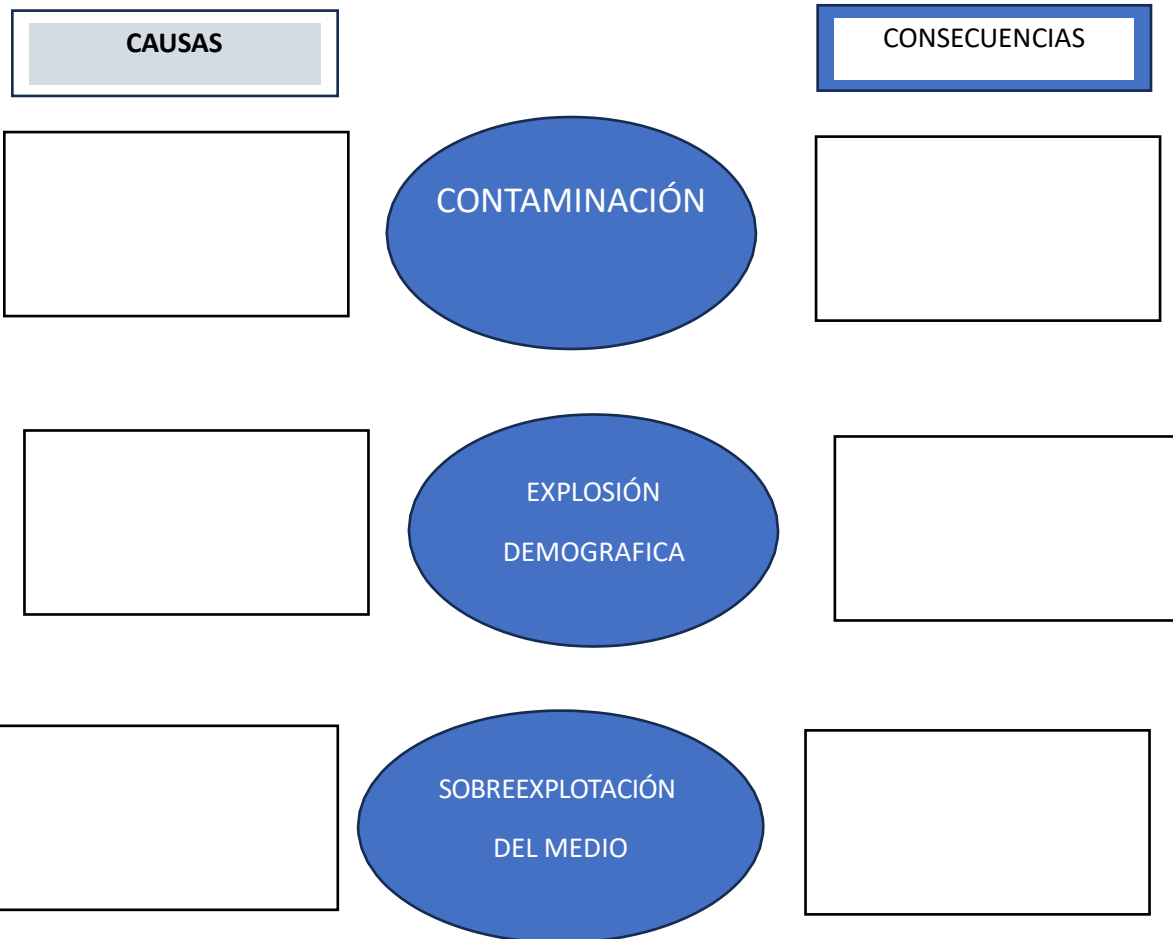
2.- La \_\_\_\_\_ se refiere a \_\_\_\_\_

3.- Las \_\_\_\_\_ se refiere a \_\_\_\_\_

4.- La \_\_\_\_\_ se refiere a \_\_\_\_\_

5.- Las \_\_\_\_\_ se refiere a \_\_\_\_\_

Actividad 5: Completa el siguiente cuadro:



## Autoevaluación

**Instrucciones:** Contesta correctamente las siguientes preguntas.

1.- ¿La biodiversidad es afectada principalmente por?

- a) animales terrestres
- b) Ser humano
- c) factores naturales
- d) factores políticos

2.- La pérdida por factores naturales se da por aquellos eventos:

- a) sociales y políticos
- b) naturales y antropológicos
- c) geológicos y climáticos
- d) contaminación y pérdidas

3.- Las erupciones por volcanes dañan:

- a) animales y plantas
- b) humanos y perros
- c) comunidades y terremotos
- d) suelos y ecosistemas

4.- Las inundaciones da como resultado la perdida de:

- a) espacios habitables para especies animales
- b) enfermedades
- c) proliferación de insectos
- d) encharcamientos

5.- Un incendio forestal depende de:

- a) dejar prendido un cigarro en la zona de pasto
- b) la radiación del sol
- c) la velocidad del viento, cargas combustibles y contenido de vegetación.
- d) la contaminación del hombre en el lugar de recreación

6.- Algunos gases que causan el cambio climático son:

- a) Bióxido de carbono, óxidos de nitrógeno y clorofluorocarbonados
- b) Bióxido de carbono, hexano y clorofluorocarbonados
- c) Dióxido de carbono, metano y ozono
- d) Bióxido de carbono, mercurio y metano

7.- El protocolo de Kioto que se escribió en 2005 habla de:

- a) reducir sustancias químicas industriales
- b) protección de la capa de ozono
- c) protección del medio marino
- d) reducir la emisión de gases de efecto invernadero

8.- ¿Es resultado de los cambios de uso de suelo, ya sea por cultivos agrícolas, expansión urbana, construcción de carreteras u otras causas?

- a) Destrucción y pérdida de hábitats

- b) Contaminación
- c) pérdida de especies
- d) especies invasoras

9.- Logran establecer fuera de su distribución natural y colonizar nuevos ecosistemas, afectando la biodiversidad local al desplazar las especies nativas, por medio de parasitismo, depredación, transmisión de patógenos, modificación del hábitat, hibridación y competencia con especies nativas, estamos hablando de:

- a) Pérdida de especies
- b) Destrucción de hábitats
- c) Especies exóticas invasoras
- d) Contaminación

10.- Es el consumo a una velocidad mayor a la de su regeneración natural, tiene un impacto sobre la flora y la fauna del planeta. Es también la extracción de individuos de una población a una tasa mayor a la de su reproducción. Cuando esto sucede la población disminuye, estamos hablando de:

- a) Sobreexplotación
- b) Destrucción del hábitat
- c) Pérdida de especies
- d) Especies invasoras

Respuestas: 1-B, 2-C, 3-D, 4-A, 5-C, 6-A, 7-D, 8-D, 9-C y 10-A.

### Referencias consultadas

- CITES, Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestres. <https://cites.org/esp>
- CONABIO (2022) ¿Porque se pierde la biodiversidad? Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. <https://www.biodiversidad.gob.mx/biodiversidad/porque>
- Galván Huerta, Silvia Carolina y Bojórquez Castro, Luis. (2004). Biología. México: Ed.Santillana, S. A. de C. V.
- González, (2015) Impacto de los incendios forestales en suelo, agua, vegetación y fauna. Biblioteca del congreso nacional de Chile/BCN, departamento de estudios, extensión y publicaciones.
- Iberdrola (2013) Pérdida de biodiversidad: causas, consecuencias y soluciones, La pérdida de biodiversidad, un riesgo para el medio ambiente y para la humanidad. <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/perdida-de-biodiversidad>
- Ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente (2013) Nueva ley publicada en el diario oficial de la federación.
- Maldonado DG. (año) Efectos de la ceniza volcánica sobre el aparato respiratorio. Memorias de un Simposio. Centro de Documentación de la Representación de OPS/OMS en el Ecuador. Catálogo 570.
- Muñiz Hernández, Enriqueta et al. (2000) Biología. México: McGraw- Hill Editores.
- Naciones unidas, ¿Qué es el cambio climático? Acción por el clima. <https://www.un.org/es/climatechange/what-is-climate-change>
- Pickup, M.; McDougall, K.; Whelan, R.J., 2003. Fire and flood: Soil-stored seed bank and germination ecology in the endangered Carrington Falls *Grevillea* (*Grevillea rivularis*, Proteaceae). *Austral Ecology* num. 28, 128-136
- Prado (2010) Biología 4to, Santillana edición especial para ministerio de educación.
- Starr, C. R., Taggart, C. E. y Starr, L. (2009). *Biología, la unidad y la diversidad de la vida*. (12ª ed). México: Cengage Learning.

## USO Y CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

### Aprendizaje

El alumno:

Identifica acciones para el uso y la conservación *in situ* y *ex situ* de la biodiversidad en México.

### Conceptos clave

Biodiversidad en México, conservación *in situ*, conservación *ex situ*.

### Resumen

La biodiversidad o diversidad biológica es la variedad que implican toda vida en nuestro planeta. Actualmente se aplican acciones para el uso y la conservación *in situ* y *ex situ* de la biodiversidad en México.

La conservación *in situ* de especies y de los hábitats que las albergan requiere estrategias de diferentes tipos que permitan la preservación del patrimonio natural, desde la eliminación casi total de actividades humanas cuando sea necesario, hasta su manejo sustentable (Pisanty et al, 2016). La conservación *ex situ* en cautiverio o en colecciones, es la aplicación de una amplia variedad de recursos, técnicas e infraestructuras especializadas que contribuyen a la recuperación y sobrevivencia de individuos o poblaciones fuera de su hábitat (Lascuráin et al, 2009).

### Desarrollo de los contenidos

#### Conservación *in situ* en México

Basado en Pisanty et al, 2016.

México ha adoptado diversos mecanismos de conservación *in situ*, algunos de los cuales se utilizan ampliamente desde hace más de un siglo, como las áreas naturales protegidas (ANP), así como estrategias más recientes como el ordenamiento ecológico (OE). El país está considerado como uno de los pioneros en la implementación del pago por servicios ambientales (PSA), un mecanismo de compensación económica para quienes conservan la integridad de los ecosistemas. Además, ha desarrollado estrategias como las unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA), que se basan en el uso sustentable de algunas especies de flora y fauna.

#### Áreas protegidas



En nuestro país hay diferentes categorías de manejo para las ANP, a saber, reservas de la biosfera, parques nacionales, monumentos naturales, áreas de protección de recursos naturales, áreas de protección de flora y fauna, santuarios y áreas destinadas voluntariamente a la conservación (DOF, 2014; CONANP, 2016a).

Una particularidad de las zonas sujetas a conservación en México es que generalmente son áreas pobladas desde mucho antes de que se identificara la necesidad de protegerlas. Después de 1970, cuando surgieron las reservas de la biosfera (RB), que añadieron varias innovaciones al concepto de las AP existentes a esa fecha. Por un lado, este enfoque introduce una serie de consideraciones ecológicas, genéticas y evolutivas para la selección de las reservas, y por otro, enfatiza la necesidad de armonizar la conservación con el desarrollo de los pueblos (UNESCO, 1984). El diseño de las RB incluye además una zonificación que determina áreas destinadas a la protección e investigación, áreas asignadas al uso sostenible de los recursos naturales y áreas de transición entre una y otra en las que se favorece la investigación, la educación y el turismo de bajo impacto (Batisse 2003; Smardon y Faust 2006). La lógica detrás de las RB fue que las comunidades locales se convirtieran en aliadas de la conservación y que fueran espacios en los que se obtuviera conocimiento y se desarrollaran estrategias para integrar la conservación con el bienestar humano.

#### Ordenamiento Ecológico

Las presiones demográficas, el avance de la frontera agrícola y el agotamiento de los suelos pusieron un límite al modelo de uso imperante desde la segunda década del siglo XX, e hicieron necesario buscar opciones orientadas hacia la sustentabilidad. A partir de esta situación en México se empiezan a implementar los ordenamientos ecológicos y del territorio. En este contexto, el ordenamiento ecológico del territorio es una de las herramientas más importantes con las que cuenta la administración pública para regular el uso del suelo de manera coherente con las políticas ambientales generales.

El OET tiene una incidencia directa en el régimen de propiedad de la tierra y es un instrumento que regula el uso que se puede hacer de la propiedad. Una de sus características más importantes es que posibilita la regulación del uso del suelo con base en un ejercicio de planeación participativa. Lo anterior confiere al OET la posibilidad de sobreponer los derechos superiores de la colectividad a los derechos de los particulares, principalmente en lo relacionado con el derecho a un medio ambiente sano, escrito en el artículo 4º de la Constitución (Azuela, 2006).

A continuación, se muestran dos mapas como ejemplo de Ordenamientos territoriales en México.

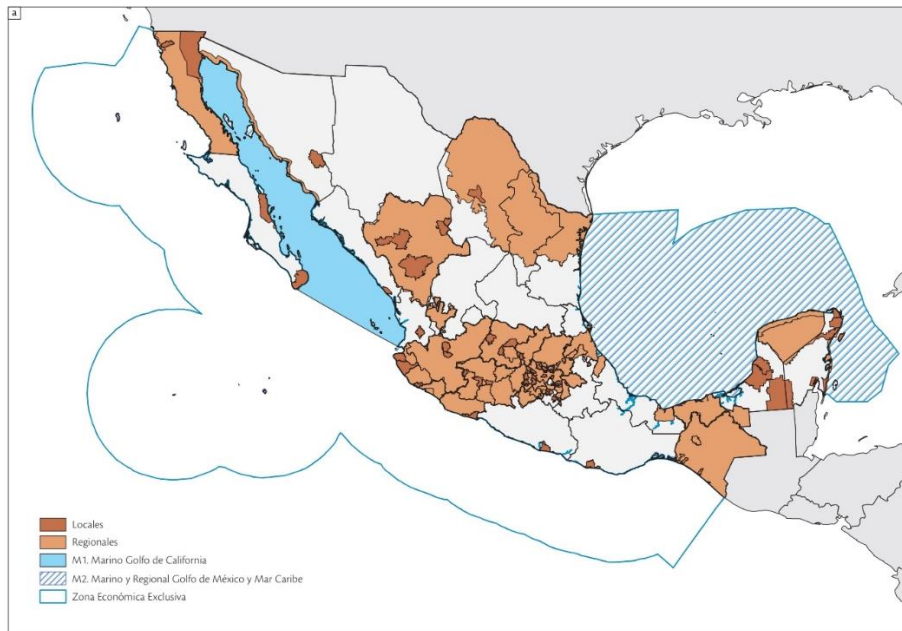


Figura 1. Programas de Ordenamiento Ecológico decretados hasta 2014. Ordenamientos regionales, locales y marinos. Fuente: SEMARNAT, 2014 en Pisanty, 2016.

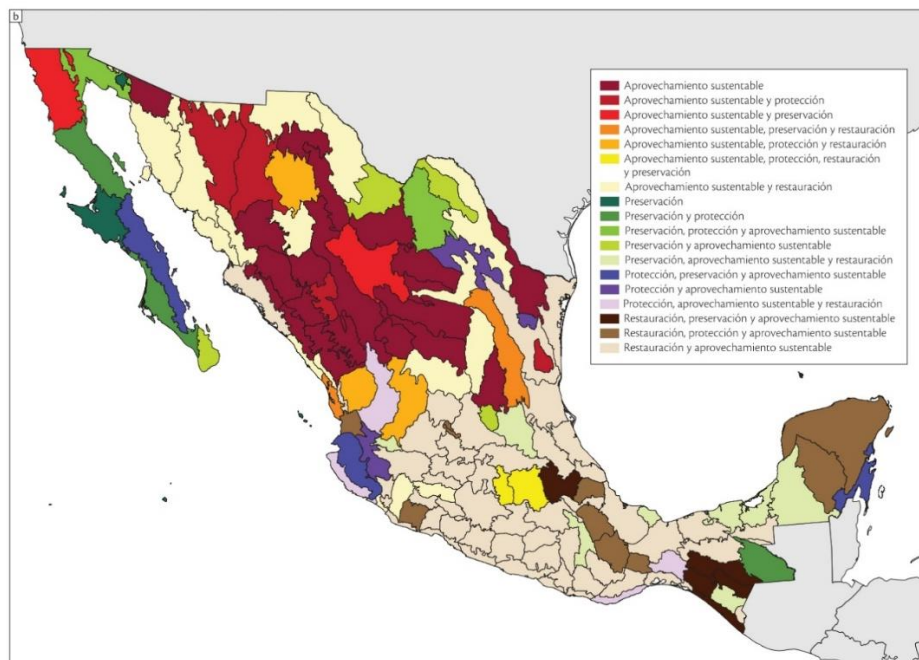


Figura 2. Programas de Ordenamiento Ecológico decretados hasta 2014. Políticas ambientales propuestas por unidad ambiental en el programa de ordenamiento ecológico de territorio. Fuente: SEMARNAT, 2014 en Pisanty, 2016.

Pago por servicios ambientales

El pago por servicios ambientales (PSA) es un esquema de conservación *in situ* relativamente reciente, que se basa en la idea de que los propietarios de tierras que brindan este tipo de servicios ecosistémicos deben ser remunerados para y por conservarlos. Los programas de PSA deberían incluir idealmente a una parte que los demanda, el “comprador” (que puede ser público o privado), y a otra que los provee o “vendedor”. Dadas las características propias de la tenencia de la tierra en México, con mucha frecuencia los servicios por los que se paga provienen de tierras de bienes comunales (propiedades ejidales y comunales), de modo que la parte vendedora corresponde a una colectividad. Con frecuencia, los dueños de las tierras son grupos campesinos e indígenas históricamente marginados. Cabe mencionar que, salvo en contadas ocasiones, los beneficiarios de los servicios ambientales son ambiguos y no necesariamente se incluye de forma inmediata a quienes deberían pagar por ellos.

Idealmente, un programa de pago por servicios ambientales es una transacción voluntaria en la que se paga para garantizar la provisión de un servicio ambiental bien definido (o el suelo que lo garantiza); el pago se realiza por al menos un usuario —aun cuando haya muchos más beneficiarios— a cuando menos un proveedor individual o colectivo (Wunder, 2005).

#### Unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre

Las unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA) se definen como los predios o instalaciones registrados que operan de conformidad con un plan de manejo aprobado y dentro de los cuales se debe dar seguimiento permanente al estado del hábitat y de poblaciones o ejemplares que ahí se distribuyen (DOF, 2000). La intención de las UMA es promover esquemas alternativos de conservación estimulados por medio del aprovechamiento sustentable que, a su vez, puedan complementar otras actividades productivas, como la agricultura, la ganadería o la silvicultura, siempre y cuando sean desarrolladas de manera compatible con el cuidado del ambiente (DOF, 2000).

De acuerdo con su manejo las UMA incorporan dos formas básicas de manejo: a] de hábitat y desarrollo de poblaciones en vida libre (UMA-VL), también conocidas como unidades extensivas, y b] de poblaciones o individuos de especies en cautiverio que podrán ser reincorporados a la vida libre, conocidas como unidades de manejo intensivo (UMA-I).

## Conservación *ex situ* en México

Basado en Lascuráin et al, 2009.

### Conservación *ex situ* de especies vegetales

#### Jardines botánicos

Un jardín botánico se define como “una institución que mantiene colecciones documentadas de plantas vivas con el propósito de realizar investigación científica, conservación, exhibición y educación” (Lascuráin et al, 2009).

#### Recursos genéticos forestales y bancos de germoplasma

La conservación *ex situ* de los recursos genéticos forestales básicamente se hace con semilleros, plantaciones y bancos de semillas (ver tabla 1). En general, constituyen insumos para los sectores forestal, agrícola y comercial relacionados con el fitomejoramiento; así, son recursos utilizados en el corto plazo.

Institución	Acción
Comisión Nacional Forestal	30 bancos de semillas distribuidos en todo el territorio nacional. Plantaciones de diversas especies en todo el país. Establecimiento de plantaciones denominadas “Nuevos Bosques”
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)	Diversas plantaciones en sus campos experimentales. Se incluyen arboreta, ensayos de especies y procedencias. Diversas colecciones como maíz y otros
Centro de Genética Forestal, A.C.	Establecimiento de 12 ensayos de procedencia, principalmente con especies de coníferas, pero no hubo seguimiento
Central America and Mexico Coniferous Forest Resources Cooperative (Camcore)	Trabajos de conservación con ocho especies mexicanas de coníferas, con ensayos en Sudáfrica y Sudamérica
Instituto de Genética Forestal, Universidad Veracruzana	15 huertos semilleros y ensayos de procedencia/progenie en el estado de Veracruz, sobre todo con especies de coníferas y algunas latifoliadas
Universidad Autónoma Chapingo	Un arboretum en su campus con más de 23 especies de pinos mexicanos. Un Banco Nacional de Germoplasma y plantaciones en sus centros regionales de 50 razas de maíz. 18 345 colectas vegetales de material diverso
Colegio de Postgraduados	Cinco huertos semilleros y tres ensayos de procedencia/progenie con coníferas
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro	Establecimiento de huertos semilleros y ensayos de procedencia/progenie, sin precisar el número
Universidad de Guadalajara	Un huerto semillero
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo	Trabajos de conservación <i>ex situ</i> con especies de coníferas, sin precisar detalles
Universidad de Tlaxcala	Conservación <i>ex situ</i> con diversas especies, sin precisar cuáles

Tabla 1. Instituciones que manifestaron llevar a cabo acciones de conservación *ex situ* relacionadas con recursos genéticos forestales. En Lascuráin et al, 2009.

### Laboratorios de cultivo de tejidos vegetales

En nuestro país, estos laboratorios almacenan tejido reproductivo y somático, los cuales contribuyen en menor o mayor medida a la conservación *ex situ*, debido a que representan

recursos de gran relevancia y disponibles para la conservación, la investigación y la formación de recursos humanos.

#### Conservación *ex situ* de especies animales

##### Zoológicos, criaderos y acuarios

La Asociación de Zoológicos, Criaderos y Acuarios de la República Mexicana (AZCARM) al estar conformada por zoológicos y acuarios de diversas regiones de México, coadyuva en la conservación de la vida silvestre, terrestre y acuática, tanto *in situ* como *ex situ*. Esto lo lleva a cabo con desarrollo, promoción, coordinación y apoyo de estrategias de trabajo, estudio, investigación, capacitación, manejo, reproducción, educación ambiental e intercambio de ejemplares con fines de conservación y aprovechamiento sustentable de las especies silvestres de cada institución, asimismo, refuerza el apoyo y colaboración del resto de las instituciones que la conforman para crear proyectos integrales.

##### Conservación *ex situ* de otros organismos

La conservación *ex situ* se centra principalmente en especies de flora y fauna, sin embargo, existen algunos grupos como los hongos, levaduras y bacterias, entre otros, que también se mantienen *ex situ*. No obstante, normalmente estos organismos se conservan por su utilidad ecológica, económica, de salud pública, control biológico o por su valor farmacéutico o alimentario, más que como esfuerzos de conservación de la biodiversidad para reducir el riesgo de extinción de estas especies, por lo que no se abunda en la conservación *ex situ* de estos organismos.

##### Las colecciones *ex situ* como herramientas de educación

El carácter educativo de los centros de conservación *ex situ* está implícito, no solo en los aspectos de difusión y sensibilización, sino que en muchos casos son elementos centrales en la formación de recursos humanos en los niveles medio y superior porque son lugares idóneos para prácticas de campo de estudiantes de ciencias forestales, agronómicas y biológicas.

Los zoológicos, los jardines botánicos y los acuarios son sitios de contacto con la naturaleza para la mayor parte de los habitantes de las ciudades, por lo que se deben considerar centros de educación ambiental cuya tarea central es “sensibilizar” a los visitantes.

Actualmente tanto las acciones *in situ* como *ex situ* se llevan a cabo en México, para el uso y conservación de la Biodiversidad.

## Actividades de aprendizaje

**Instrucciones.** Lee cada caso y escribe sobre la línea correspondiente a que tipo de conservación pertenece: *in situ* o *ex situ*.

Sitio 1



El Valle de Cuatrociénegas, localizado en la zona central de Coahuila, es considerado el humedal más importante dentro del Desierto Chihuahuense y uno de los más importantes en México.

Se decretó en el Diario Oficial de la Federación el 7 de noviembre de 1994 como área natural protegida en la categoría de Área de Protección de Flora y Fauna (APFF). La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) lo incluye entre los sitios prioritarios para la

conservación (SEMARNAT, 2018).

Tipo de conservación: \_\_\_\_\_

Sitio 2



Desde sus inicios en 1997, el Jardín Botánico de Fundación Xochitla (JBFX) ha llevado a cabo acciones que contribuyen a la conservación de especies vegetales con importancia socioeconómica, cultural, ecológica o que se encuentran en riesgo. Estas acciones se han ejecutado siguiendo técnicas y métodos basados en la sustentabilidad ambiental, la generación de conocimientos y la concienciación del público que acude a este sitio de contacto con la naturaleza. Así, desde hace ya casi quince años, los proyectos desarrollados en este jardín contribuyen a la realización de siete de las 22 metas que integran la Estrategia Mexicana para la Conservación Vegetal (CONABIO, 2023).

Tipo de conservación: \_\_\_\_\_

Sitio 3



El Banco de Germoplasma Vegetal Coahuila ofrece los servicios de: análisis de calidad de semillas, análisis pre-germinativo, extracción y limpieza de semillas, venta de semillas y capacitación.

Este Banco es un programa que inició en el año 2004, y nació con la necesidad de cubrir las demandas de semilla, para los diferentes organismos que se dedican a la producción de planta, debido a que las especies no producen semillas en todos los años (SMA, 2021).

Tipo de conservación: \_\_\_\_\_



Sitio 4



La Reserva de la Biosfera Calakmul está localizada en el corazón de la segunda mayor extensión de bosques tropicales en América, sólo superado por la selva del Amazonas. Esta región merece especial atención por su gran diversidad biológica que incluye más de 80% de las especies vegetales de toda la Península de Yucatán, además de 350 especies de aves y casi 100 especies de mamíferos. Es hogar de varias especies de vertebrados mayores en peligro de extinción en México (SEMARNAT, )

Respuestas: sitio 1: *in situ*, sitio 2: *ex situ*, sitio 3: *ex situ*; sitio 4: *in situ*.

**Autoevaluación**

**Instrucciones:** Elige la respuesta correcta.

1.- ¿Qué tipo de acciones se realizan en México para el uso y conservación de la diversidad biológica?

- A) La diversidad biológica es conservada mediante jardines botánicos y bancos de germoplasma.
- B) La diversidad biológica en México es conservada mediante acciones *in situ* y *ex situ*.
- C) La diversidad biológica en México es conservada en las regiones consideradas de mayor importancia.
- D) La diversidad biológica en México se conserva mediante acciones verdes como reciclar y usar energías renovables.

2.- Coloca dentro de línea el inciso al que corresponde la información.

A. Áreas Naturales Protegidas.	_____ Es un esquema de conservación <i>in situ</i> relativamente reciente, que se basa en la idea de que los propietarios de tierras que brindan este tipo de servicios ecosistémicos deben ser remunerados para y por conservarlos.
B. Ordenamiento Ecológico.	_____ Se definen como los predios o instalaciones registrados que operan de conformidad con un plan de manejo aprobado y dentro de los cuales se debe dar seguimiento permanente al estado del hábitat y de poblaciones o ejemplares que ahí se distribuyen.
C. Unidades de Manejo para la conservación de la vida silvestre.	_____ Es una de las herramientas más importantes con las que cuenta la administración pública para regular el uso del suelo de manera coherente con las políticas ambientales generales.
D. Pago por servicios ambientales.	_____ Introduce una serie de consideraciones ecológicas, genéticas y evolutivas para la selección de las reservas, y por otro, enfatiza la necesidad de armonizar la conservación con el desarrollo de los pueblos.

3.- Subraya las opciones que reflejen acciones *ex situ* para el uso y conservación de la diversidad biológica:

- A) Jardines botánicos, Laboratorios de cultivo de tejidos vegetales y Colecciones como herramientas de educación.
- B) Recursos genéticos forestales y bancos de germoplasma
- C) Ordenamientos territoriales y Reservas de la biosfera
- D) Zoológicos, criaderos y acuarios

Respuestas: 1B; 2D-C-B-A; 3A-B-C.

## Referencias

- Azuela, A. (coord.). (2006). El ordenamiento ecológico del territorio en México: génesis y perspectivas. SEMARNAT, México.
- Batisse, M. (2003). Developing and focusing the biosphere reserve concept, en B. Thakur (ed.), Perspectives in Resources Management in Developing Countries. Concept Publishing Company, Nueva Delhi, pp. 160-176.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2023). Jardines botánicos de México. Jardín Botánico de Fundación Xochitla. <https://dgcii.conabio.gob.mx/jardines-botanicos/index.php?r=site/page&view=fichas-jb&IdJardinBotanico=18>
- CONANP. (2016<sup>a</sup>). Áreas protegidas decretadas. [www.conanp.gob.mx/que\\_hacemos/](http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/).
- DOF. (2000). Ley General de Vida Silvestre. Diario Oficial de la Federación, 3 de julio de 2000.
- DOF. (2014a). Decreto por el que se reforma la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Diario Oficial de la Federación, 16 de enero de 2014.
- Lascuráin, M., List, R., Barraza, L., Díaz Pardo, E., Gual Sill, F., Maunder, M., Dorantes, J. y Luna, V. E. (2009). Conservación de especies *ex situ*, en Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), México, pp. 517-544.  
[http://www2.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Vol%20II/II12\\_Conseccion%20de%20especies%20ex%20situ.pdf](http://www2.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Vol%20II/II12_Conseccion%20de%20especies%20ex%20situ.pdf)
- Pisanty, I., E. Urquiza-Haas, A. Vargas-Mena y Amezcua et al. (2016). Instrumentos de conservación in situ en México: logros y retos, en Capital natural de México, vol. iv: Capacidades humanas e institucionales. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), México, pp. 245-302.  
[http://www2.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Vol\\_IV/IV08\\_Pisanty.pdf](http://www2.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Vol_IV/IV08_Pisanty.pdf)
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2018). Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas. <https://www.gob.mx/semarnat/es/articulos/area-de-proteccion-de-flora-y-fauna-cuatrociénegas?idiom=es>
- Secretaría de Medio Ambiente (SMA). (julio, 2021). Banco de Germoplasma Vegetal. Subsecretaría Recursos Naturales. Gobierno del Estado de Coahuila. México. <https://sma.gob.mx/banco-germoplasma-vegetal/>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (mayo, 2018). Reserva de la Biosfera Calakmul. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/reserva-de-la-biosfera-calakmul-157277>
- Smardon, R., y B. Faust. (2006). Introduction: International policy in the biosphere reserves of Mexico's Yucatán Peninsula. Landscape and Urban Planning 74: 160-192.
- UNESCO. (1984). Action plan for biosphere reserves. Nature and resources 20: 1-12.
- Wunder, S. (2005). Payments for Environmental Services: Some Nuts and Bolts. Center for International Forestry Research, Yakarta, Indonesia.



## IMPORTANCIA DE LA BIODIVERSIDAD

### Aprendizaje

El alumno:

Comprende el valor de la biodiversidad y propone acciones para el mejoramiento de su entorno.

### Conceptos clave

Importancia de la biodiversidad, biodiversidad en México, crisis de la biodiversidad, acciones para mejorar el entorno.

### Resumen

La importancia de la biodiversidad o diversidad biológica radica en la dependencia de toda la vida en el planeta y en el enfrentamiento actual a la llamada crisis de la biodiversidad. Por lo cual, es necesario generar acciones para el mejoramiento del entorno como revisaremos en los contenidos de este apartado.

### Desarrollo de los contenidos

#### Importancia de la biodiversidad

La biodiversidad posee un valor intrínseco independiente de las necesidades de los seres humanos. Asimismo, constituye el sustento de la mayoría de las actividades humanas y la base de una gran variedad de bienes y servicios ambientales que contribuyen al bienestar social. Provee materias primas, alimentos, agua, medicamentos, materiales para la construcción, combustibles, entre muchos otros. También aporta servicios ecológicos relacionados con las funciones de los ecosistemas, como la regularización del clima, la fijación de CO<sub>2</sub>, la recuperación de la fertilidad del suelo, la amortiguación de las inundaciones y la descomposición de residuos. (Gobierno de Argentina, 2023)

La importancia de la biodiversidad se puede sintetizar en dos rasgos esenciales. Por un lado, es el fruto del trabajo de millones de años de la naturaleza, por lo que su valor es incalculable e irremplazable. Por otro, es garantía para el funcionamiento correcto del sistema que forman los seres vivos, junto con el medio en el que viven y al que contribuyen para su supervivencia. De esta forma, podemos afirmar que la biodiversidad no sólo es significativa para los seres humanos, sino que es esencial para la vida del planeta, por lo que debemos tratar de preservarla. La biodiversidad de las especies nos provee bienes tan necesarios como el alimento o el oxígeno, nos proporciona materias primas que favorecen el desarrollo

económico, produce energía que utilizamos como combustible, es el origen de algunos medicamentos y, finalmente, pero no por ello menos importante, nos colma la retina de hermosos paisajes que podemos disfrutar. (Rivera, 2023)

### **Crisis de la biodiversidad**

La crisis de la biodiversidad: es la pérdida acelerada de la variedad genética, de especies y de ecosistemas debido a las actividades humanas.

En México, han desaparecido varias especies de peces de agua dulce como el cachorrillo Potosí (*Cyprinodon alvarezii*) y el cachorrillo Trinidad (*Cyprinodon inmemoriam*) de Nuevo León; algunas aves restringidas a islas como la paloma de la Isla Socorro (*Zenaida graysoni*) y el paíño de la Isla Guadalupe (*Oceanodroma macrodactyla*); y algunos mamíferos grandes como la foca monje del Caribe (*Monachus tropicalis*), el oso pardo (*Ursus arctos horribilis*) y el lobo mexicano (*Canis lupus baileyi*) del norte y centro de México. (CONABIO, 2023).



Figura 1. Especies desaparecidas en México: a) *Cyprinodon alvarezii*, b) *Zenaida graysoni*, c) *Monachus tropicalis*, d) *Canis lupus baileyi* y e) *Ursus arctos horribilis*. Imágenes de Enciclovida. CONABIO. <https://enciclovida.mx/>

### **Acciones para el mejoramiento del entorno**

El primer paso para contribuir con acciones para mejorar nuestro entorno es visibilizarnos como parte de la **responsabilidad** ante la crisis de la biodiversidad, ya que la forma de vida cotidiana que tenemos contribuye día a día. Por eso, a continuación, se mencionan algunas de las acciones que podemos hacer para el mejoramiento de nuestro entorno.

La primera acción importante ante este hecho es **informarse** sobre las causas de la pérdida de biodiversidad y sobre alternativas ya planteadas para disminuir nuestro impacto. Se recomiendan las páginas oficiales tales como CONABIO y SEMARNAT. Pero también hay programas e instituciones educativas que abordan estas temáticas, lo importante es que sean oficiales o reconocidas y no dejarnos guiar por cualquier tipo de información sin conocer sus fuentes.

Como parte de las acciones, podemos participar en trabajos de **conservación** de la naturaleza en alguna organización, se recomienda consultar el directorio mexicano de conservación (2013) del Fondo para la comunicación y la Educación Ambiental en <http://fcea.org.mx/>

Otra de las acciones que debemos tomar en cuenta en nuestro día a día es el **consumo responsable**, con ello estaríamos reduciendo nuestra *huella ecológica*.

Por ejemplo, podemos reducir el uso de energía eléctrica, el uso de combustibles, el consumo excesivo de alimentos con empaques, sometidos largos traslados lo cual genera un alto impacto en el ambiente. Para consumir responsablemente podemos preferir productores locales y en la medida de lo posible productos mexicanos. Además, es mejor tratar de evitar los productos desechables.

### Actividades de aprendizaje

A continuación, se te presentan varias capturas de pantalla en donde se ejemplificarán acciones para el mejoramiento del entorno.

**Instrucciones:** Calcula y reduce tu huella ecológica en <https://www.footprintcalculator.org/home/en>

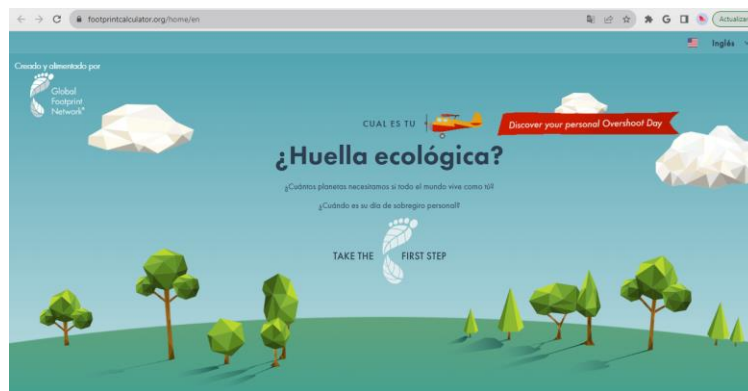


Figura 2. ¿Huella ecológica? <https://www.footprintcalculator.org/home/en>

A continuación, deberás contestar las preguntas que aparecerán en tu pantalla, por ejemplo: ¿Con qué frecuencia consume productos de origen animal? (figura 3)



Figura 3. Pregunta huella ecológica. <https://www.footprintcalculator.org/home/en>  
Y continua hasta que contestes las 13 preguntas. No te llevará más de 5 minutos. Cuando hayas terminado de responder saldrá un recuadro en la pantalla (figura 4) da clic en: saltar para ver mis resultados.

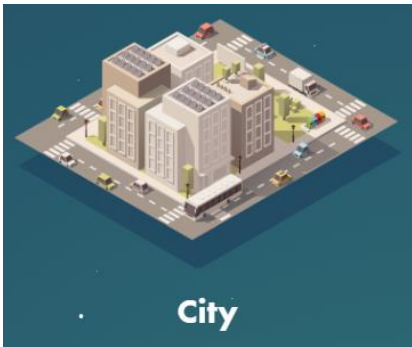


Figura 4. Recuadro de resultados <https://www.footprintcalculator.org/home/en>  
Observa tus resultados (ejemplo: figura 5) y reflexiona al respecto.



Figura 5. Ejemplo de resultados. <https://www.footprintcalculator.org/home/en>  
En este ejemplo, si todas las personas tuvieran ese ritmo de vida se necesitarían 2.7 planetas para seguir viviendo.

Lo importante es concientizarse sobre la relación entre nuestro estilo de vida y comprende el valor de la biodiversidad. Por lo anterior, a continuación, se proponen algunas acciones para el mejoramiento del entorno.



Dado que se espera que el 70-80 % de la población mundial viva en ciudades para 2050, la planificación urbana inteligente y las estrategias de desarrollo son cruciales para administrar nuestros recursos.

Visite el sitio web de su ciudad y desafíe a los líderes de su ciudad a que apoyen las políticas de sostenibilidad.

Figura 6. Propuesta para mejorar el entorno: ciudad.  
<https://www.footprintcalculator.org/home/en>



La energía renovable es un camino directo para reducir su Huella Ecológica y abordar el cambio climático.

¿Puede tomar el transporte público, andar en bicicleta o caminar en lugar de conducir solo al menos una vez al mes? ¿Una vez por semana?

Figura 7. Propuesta para mejorar el entorno: energía.  
<https://www.footprintcalculator.org/home/en>



La dieta y la reducción del desperdicio de alimentos son poderosas palancas de sostenibilidad.

¿Se puede ser un comprador más inteligente y reducir el desperdicio de alimentos? ¿Puedes probar una nueva receta vegetariana una vez al mes? ¿Una vez por semana?

Figura 8. Propuesta para mejorar el entorno: comida.  
<https://www.footprintcalculator.org/home/en>



Abordar el tamaño de la población es esencial para crear un futuro sostenible para todos dentro del presupuesto ecológico de nuestro planeta.

Puede elegir el tamaño de su familia para afectar nuestra Huella a largo plazo. Apoyar los derechos de las mujeres y el acceso a la planificación familiar.

Figura 9. Propuesta para mejorar el entorno: población.  
<https://www.footprintcalculator.org/home/en>



Proteger y regenerar los ecosistemas naturales de los que depende nuestro bienestar es fundamental para vivir en equilibrio con la Tierra.

¿Qué puedes hacer en casa, en el trabajo o en tu comunidad para nutrir la naturaleza?

Figura 10. Propuesta para mejorar el entorno: planeta.  
<https://www.footprintcalculator.org/home/en>

Después de realizar la actividad en página web, contesta las siguientes preguntas:

De acuerdo con tu estilo de vida ¿Cuántos planetas se necesitarían para sobrevivir si todas las personas fueran como tú? \_\_\_\_\_

¿Cuáles de las acciones que se proponen estarías dispuesto(a) a cambiar o implementar en tu forma de vida?

---

---

---

---

---

¿Qué relación consideras que existe entre las acciones que realizamos en nuestra vida cotidiana con el cuidado de la naturaleza?

---

---

---

---

---

Es importante que reflexiones que cada decisión que tomamos en nuestra vida tiene un impacto en la naturaleza.

Por ejemplo, si decidimos captar el agua de lluvia y utilizarla en el sanitario, estaríamos contribuyendo en disminuir los escasos de agua potable. En general el agua en la naturaleza es indispensable para que exista la vida. Así mismo, podemos reducir la cantidad de basura si decidimos comprar menos productos con empaque, Esto impacta positivamente en la naturaleza, ya que al existir menos desechos se reduce la contaminación en la tierra y en el agua del planeta.



## Autoevaluación

**Instrucciones.** Contesta correctamente las siguientes preguntas.

1.- ¿Cuáles son los rasgos que pueden sintetizar la importancia de la biodiversidad? Subraya la respuesta correcta.

- A) La biodiversidad es importante porque provee de alimento a todos los seres vivos.
- B) La biodiversidad se encarga de proporcionar bienes y servicios para la humanidad.
- C) Su valor es incalculable e irremplazable y el funcionamiento correcto del sistema, medio y supervivencia de los seres vivos.
- D) La biodiversidad permite acciones para su mejoramiento como reciclar y usar energías renovables.

2.- Coloca dentro de línea el inciso al que corresponde la información.

A. Planeta	_____ Elegir el tamaño de su familia para afectar nuestra Huella a largo plazo. Apoyar los derechos de las mujeres y el acceso a la planificación familiar
B. Energía	_____ Tomar el transporte público, andar en bicicleta o caminar en lugar de conducir solo al menos una vez al mes
C. Comida	_____ La reducción del desperdicio de alimentos son poderosas palancas de sostenibilidad.
D. Población	_____ Proteger y regenerar los ecosistemas naturales de los que depende nuestro bienestar es fundamental para vivir en equilibrio con la Tierra.

3.- Subraya las opciones que reflejen consumo responsable:

- A) Reducir el uso de energía eléctrica, el uso de combustibles, el consumo excesivo de alimentos con empaques.
- B) Comprar productos pequeños y biodegradables.
- C) Preferir productores locales y en la medida de lo posible productos mexicanos evitar los productos desechables.
- D) Vivir en zonas rurales y no trabajar en fábricas.

Respuestas: 1C; 2D-B-C-A; 3A-C.

## Referencias

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad CONABIO. (2023). Biodiversidad mexicana. La crisis de la biodiversidad. <https://www.biodiversidad.gob.mx/biodiversidad/crisis>

Gobierno de Argentina. (2023). ¿Qué es la biodiversidad? <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/contenidos/biodiversidad#:~:text=Importancia%20de%20la%20biodiversidad,que%20contribuyen%20al%20bienestar%20social>.

Rivera, A. M. (2023). La importancia de la biodiversidad. Centro de Investigación en Alimento y Desarrollo. Gobierno de México. <https://www.ciad.mx/la-importancia-de-la-biodiversidad/>

## Fuentes de consulta de la unidad II

De acuerdo con el programa de estudios:

Para alumnos:

Calixto, F. R., Herrera, R. L. & V D Hernández, G. V. D. (2012). Ecología y medioambiente. México: Cengage Learning Editores. Campbell, N. A. y Reece, J. B. (2007). Biología. (7ª ed.). México: Editorial Médica Panamericana.

Curtis, H. (2007). Biología. (7ª ed.). México: Editorial Médica Panamericana.

Purves, W. K., et al. (2003). Vida. La ciencia de la biología. (6ª Ed.). España: Editorial Médica Panamericana.

Sadaba, D., Heller, H. C., Orians, G. H. y Purves, W. K. (2009). Vida. La ciencia de la biología. (8ª ed.). México: Editorial Médica Panamericana.

Solomon, E. P., et al. (2008). Biología. (8ª ed.). México: Mc Graw Hill/Interamericana.

Starr, C., Taggart, R., Evers, C. y Starr, L. (2009). Biología, la unidad y diversidad de la vida. (12ª ed.). México: Cengage Learning Editores.

Valverde, V. T., Meave del Castillo, J. A., Carabias, L. J. y Cano, S.Z. (2005). Ecología y medio ambiente. México: Pearson Educación.

Para Profesores:

Conabio. (2008). Capital Natural de México. Vol. 1: Conocimiento actual de la biodiversidad. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Foguelman, D. y González, U. E. (2009). Qué es la ecología. (1ª ed.). Argentina: Kaicron/ Capital intelectual/ Le Monde diplomatique “El Diplo”.

Fontdevila, A. y Moya, A. (2003). Evolución: origen, adaptaciones y divergencia de las especies. España: Síntesis.

Halffter, G. (1992). La diversidad biológica de iberoamérica. México: Instituto de Ecología A. C. y Sedesol.

Hernández, M. H., García, A. A. N., Álvarez, F. y Ulloa, M. (Compiladores). (2001). Enfoques contemporáneos para el estudio de la biodiversidad. México: Fondo de Cultura Económica.

Matteucci, S. D. (1999). Biodiversidad y uso de la tierra: conceptos y ejemplos de Latinoamérica. Argentina: Universidad de Buenos Aires.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2007). ¿Y el medio ambiente? Problemas en México y el mundo. México: Semarnat.

Toledo, V. M. (2010). La biodiversidad de México: inventarios, manejos, usos, informática, conservación e importancia cultural. México: Fondo de Cultura Económica.