

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
PLANTEL AZCAPOTZALCO
ÁREA DE CIENCIAS EXPERIMENTALES

GUIA PARA EXAMEN EXTRAORDINARIO DE BIOLOGÍA IV
(PROGRAMA ACTUALIZADO)

Alcántara Montoya María Dolores (coordinadora)

Bautista García Gregorio

Carranco Blanquet Paul Dante

Chaires Espinosa Ramsé

Domínguez Bautista José Virgilio (coordinador)

Escamilla Bello Evelin

Guadarrama Pérez Ricardo

Gutiérrez Carrillo Griselda Adriana

Guzmán López Gustavo

Morales Díaz Abigail

Núñez Álvarez Lysset

Ortega Capitaine Diego

Saldaña García María del Refugio

Tejeda Corona Heladio Gabriel

Marzo 2019

INDICE

	Pág.
Presentación	3
Introducción	4
UNIDAD I. ¿Cómo explica la evolución el desarrollo y mantenimiento de la biodiversidad?	6
Tema I. Principales procesos evolutivos que explican la biodiversidad	
Subtema I. Selección natural y adaptación	7
Subtema II. Deriva génica	20
Tema II. Especie y especiación	
Subtema I. Conceptos de especie	26
Subtema II. Patrones de cambio evolutivo	40
Subtema III: Especiación: concepto y modelos	54
Tema III. Filogenia e historia de la vida	
Subtema I. Extinciones y radiación adaptativa	64
Subtema II. Árboles filogenéticos	72
UNIDAD II. ¿Por qué es importante el conocimiento de la biodiversidad de México?	86
Tema I. Caracterización de la biodiversidad	
Subtema I. Niveles de la biodiversidad	87
Subtema II. Patrones de la biodiversidad	93
Subtema III. Tipos de diversidad	101
Tema II. Biodiversidad de México	
Subtema I. Factores que explican su biodiversidad	111
Subtema II. Regionalización de la Biodiversidad	124
Subtema III. Factores que afectan la biodiversidad	145
Subtema IV. Uso y conservación de la biodiversidad	156
Subtema V. Importancia de la biodiversidad	163
Anexos	176

P R E S E N T A C I Ó N

De acuerdo con el artículo 14 del Reglamento General de Exámenes de la Universidad Nacional Autónoma de México, la evaluación extraordinaria tiene por objeto examinar y calificar la capacitación de los sustentantes que no hayan acreditado en evaluación ordinaria las materias correspondientes cuando:

- a) Habiéndose inscrito en la asignatura, no hayan llenado los requisitos para acreditarla, de acuerdo con lo previsto en los incisos a) y b) del artículo 2o., y en el artículo 10.
- b) Siendo alumnos de la Universidad, no hayan estado inscritos en la asignatura correspondiente, o no la hayan cursado.
- c) Habiendo estado inscritos dos veces en una asignatura, no puedan inscribirse nuevamente, según lo establecido en el artículo 20 (1) del Reglamento General de Inscripciones.
- d) Hayan llegado al límite de tiempo en que pueden estar inscritos en la Universidad, de acuerdo con el artículo 19 (2) del mismo reglamento.

En este marco normativo, es necesario contar con materiales de apoyo para orientar y auxiliar a los estudiantes que opten por acreditar las asignaturas del Plan Curricular, mediante evaluación extraordinaria, cuyo principal mecanismo es el examen extraordinario. Adicionalmente, en años recientes la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades ha llevado a cabo una actualización de los Programas de Estudio de todas las asignaturas que conforman el Plan de Estudios, cuya aprobación por parte del H. Consejo Técnico, permitió el inicio de la aplicación de los programas actualizados.

En dicha actualización se modificaron diversos aspectos de los programas de estudios, desde los aprendizajes, temas y niveles cognitivos, hasta, en algunos casos, la reformulación total de las unidades y contenidos generales. La implementación de los programas actualizados de la asignatura de Biología IV, se realizó en enero de 2019, durante el periodo lectivo 2018 - 2019.

La presente Guía de Estudios de Biología IV, constituye un esfuerzo colegiado por contar con materiales de apoyo apropiados a las condiciones de la evaluación extraordinaria en el marco de la actualización del programa. Su propósito es proporcionarle al estudiante la información y actividades para preparar el examen extraordinario, de forma que no sólo le permita incrementar las

probabilidades de acreditación por ésta vía, sino que además propicie la construcción de los aprendizajes conceptuales y procedimentales necesarios. Finalmente, la presente guía se construyó bajo los lineamientos del protocolo de equivalencias, que lo refiere como un documento auxiliar para la preparación de un reconocimiento extraordinario, impreso o en línea, elaborado colegiadamente, con base en el programa de la asignatura. Y que debe estar aprobada por la Dirección del plantel y ser utilizada en un periodo de exámenes.

I N T R O D U C C I Ó N

La biología es una ciencia que se encarga del estudio de los sistemas biológicos y en su enseñanza es importante considerar que posee una serie de atributos que la caracterizan y le dan identidad epistemológica frente a otras formas de conocimiento y de expresión. Es así como su historia propia le permite delimitar objetivamente su objeto de estudio, así como los métodos, técnicas y procedimientos que emplea para obtener información que conduzca a una explicación y comprensión de los sistemas biológicos.

En este contexto, la asignatura de Biología IV busca que el alumno logre ampliar sus explicaciones de los procesos en los sistemas biológicos, mediante la integración de los conceptos, principios, habilidades, actitudes y valores en la construcción y reconstrucción de conocimientos fundamentales en este campo de estudio. El aprender a conocer desde la biología no sólo supone la caracterización de la biodiversidad de los sistemas biológicos y sus determinantes, sino va más allá, pues implica que el alumno incorpore en su manera de ser, de hacer y pensar una serie de elementos necesarios para desenvolverse en la vida diaria y lo lleven a reelaborar su concepción del mundo de acuerdo con sus principios científicos.

En la asignatura de Biología IV se propone comprender que la biodiversidad es resultado de los procesos evolutivos, cuyo estudio permite una explicación científica de la historia de la vida en la Tierra y su diversificación. De esta manera, se pretende estudiar la caracterización de la diversidad en nuestro país, para comprender que es necesaria su conservación a través de diversas estrategias y el uso responsable de los recursos bióticos en la sociedad moderna.

Los propósitos educativos que guían la intervención pedagógica son que el alumno:

- Comprenda 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.
- Comprenda la importancia de la biodiversidad, a partir del análisis de su caracterización, para que valore la necesidad de su conservación en nuestro país.

La primera unidad del programa de Biología IV, se abordan las explicaciones científicas sobre el desarrollo y mantenimiento de la biodiversidad a través de los diferentes procesos evolutivos que propician el cambio en las poblaciones naturales y el surgimiento de nuevas especies, para la caracterización general de la historia evolutiva. La segunda unidad se centra en el estudio de la biodiversidad, en relación con su distribución e importancia en nuestro país para poder valorar la necesidad de su manejo y conservación. Además de enfatizar que la integración de las dos asignaturas está dada por el eje de Biodiversidad.

En congruencia con lo anterior, la presente Guía de Estudios se estructura a partir de cada aprendizaje y de los temas a que se refiere cada uno de ellos, de acuerdo con el Programa Actualizado. Por cada aprendizaje se describen los conceptos básicos inherentes al tema, con las habilidades básicas a desarrollar, se muestra información elemental y actividades que el alumno debe realizar a fin de preparar adecuadamente el examen extraordinario.

Las actividades incluyen la identificación, desarrollo y aplicación de los contenidos, además algunos incluyen recursos adicionales para mayor profundidad de la información, la ejemplificación y los recursos visuales o digitales que para algunos estudiantes es una herramienta importante en su aprendizaje.

Al final se encontrarán una serie de reactivos por unidad, que puedan alentar la autoevaluación. Desde el punto de vista del estudiante, será necesario revisar y estudiar los temas mínimamente con los contenidos de esta Guía, pero se recomienda profundizar utilizando la bibliografía y las fuentes indicadas en este material. Se sugiere acudir al edificio de asesorías para aclarar dudas.

CONTENIDO TEMÁTICO

UNIDAD I.

¿CÓMO SE 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.

Introducción a la unidad.

En la asignatura de Biología IV, se considera que el objeto de estudio, es decir los sistemas biológicos, deben ser analizados desde una visión integral tomando, como eje estructural de los contenidos temáticos y los aprendizajes, a la biodiversidad. Por esta razón, su estudio inicia con la comprensión de que la biodiversidad es resultado de los procesos evolutivos, cuyo estudio permite una explicación científica de la historia de la vida en la Tierra y su diversificación.

En la primera unidad del programa de Biología IV se abordan las explicaciones científicas sobre el desarrollo y mantenimiento de la Biodiversidad a través de los diferentes procesos evolutivos que propician el cambio en las poblaciones naturales y el surgimiento de nuevas especies, para la caracterización general de la historia evolutiva.

Por tanto, las actividades plasmadas para esta primera unidad del Programa de Estudios inician con los principales procesos evolutivos que explican la biodiversidad, como la Selección natural y adaptación y Deriva génica. El siguiente bloque de actividades corresponde al tema que centra los conceptos de Especie, los patrones de cambio evolutivo como a Anagénesis y Cladogénesis, para concluir con el concepto y modelos de Especiación. Al final de la unidad, las actividades que corresponden al tercer tema que corresponde a la Filogenia e historia de vida se considera a las Extinciones y a la Radiación adaptativa y los Árboles filogenéticos.

UNIDAD I

¿CÓMO SE 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.

Tema I. Principales procesos evolutivos que explican la biodiversidad.

Subtema I. Selección natural y adaptación.

Aprendizaje: Explica los tipos de selección natural y la adaptación como procesos evolutivos que modifican las frecuencias alélicas en las poblaciones biológicas.

Conceptos básicos. Evolución, Especie, Población, Poza génica, Selección natural, Selección artificial, Adaptación: morfológica, fisiológica, etológica

SELECCIÓN NATURAL

Mucha gente piensa que el concepto de **selección natural** es muy simple, la teoría tiene una gran variedad de expresiones que se asocian con los diferentes niveles (DNA, RNA, genes, individuos, etc.) y disciplinas (genética molecular, genética de poblaciones, genética cuantitativa, etc.) de la biología.

Aunque las causas de la variabilidad genética, mutación y recombinación, y los cambios ambientales sean procesos azarosos, la selección natural no lo es. Los organismos que sobreviven a las presiones ambientales, como la presencia de depredadores o parásitos, tienen un mayor éxito reproductivo, y esto no es aleatorio, pues tienen cualidades fenotípicas que les brindan ventajas sobre los otros miembros de la población. Por ejemplo, en el caso de los roedores, fueron las condiciones ambientales las que excluyeron a aquellos animales que no tenían rasgos adaptativos más favorables para esconderse de sus depredadores, no el azar.

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

1. Que exista variabilidad entre los individuos de una población en algún atributo o característica (variación). En donde habrá un cambio predecible en uno o varios de los momentos de la distribución fenotípica del atributo.
2. Que exista una relación significativa entre la variación en el atributo y la habilidad para aparearse, la fecundidad y/o la sobrevivencia (diferencias en adecuación). Donde la distribución del atributo en la progenie diferirá con la de los padres por un factor determinado en la intensidad del cambio de la distribución fenotípica y la magnitud del componente genético del atributo (si la población no está en equilibrio).
3. La variación fenotípica (atributo) debe tener un componente heredable (herencia). En el que se requiere que la variación fenotípica se deba, al menos en parte, en tener una variación genética que permita la transmisión de los fenotipos seleccionados a la siguiente generación; esto es, que esas variaciones que se encuentren definidas de alguna manera en el genotipo de los individuos.

Si las primeras dos condiciones se cumplen, el efecto se manifestará como un cambio en la distribución fenotípica del atributo dentro de una generación. Esto significa que puede ocurrir sin el requisito de la herencia, pero de hacerlo así sus efectos quedarán restringidos a una sola generación.

Ahora, si se cumplen las tres condiciones, entonces estaremos hablando de la respuesta evolutiva a la Selección Natural. Es decir, la presencia de un componente heredable significativo hace posible que tenga efectos que se manifiestan a través de las generaciones.

No todos los individuos de una población se **reproducen** con la misma eficiencia, pues unos dejan más descendientes que otros, e incluso algunos no llegan a desarrollarse ni reproducirse. A esta reproducción diferencial se le conoce como

adecuación y a la posibilidad de llegar la etapa de reproducción y seguir viviendo se le denomina **supervivencia**.

Cabe notar que el concepto de evolución biológica a cambiado respecto al postulado por Darwin, el concepto moderno plantea que los individuos seleccionados son los que muestran una mayor adecuación, es decir, con mayor potencial reproductivo; entonces ambos procesos, adecuación y supervivencia, constituyen la base del concepto moderno de la selección natural, y que la podemos definir como *la fuerza ambiental que favorece a los organismos con mayor adecuación y elimina a los de menor adecuación*.

La Selección natural como fuerza evolutiva

En el caso de una muestra de la población, si esta la expresamos en una gráfica de distribución normal en donde el centro represente los genotipos más frecuentes, la selección natural tendría ciertos efectos sobre los genotipos en una población a lo largo del tiempo; esta se divide en tres categorías:

Selección direccional: Un ejemplo es el de la polilla *Biston betularia*, en la población hay dos variedades: claras y oscuras. Antes de la revolución industrial las polillas claras podían ocultarse sobre los líquenes que recubrían los troncos de los árboles, mientras que las oscuras que se posaban ahí eran presa fácil de los depredadores. Cuando aumento la contaminación por hollín, los líquenes murieron dejando los troncos color marrón, lo que favoreció que las polillas oscuras se ocultaran de los depredadores mejor que las claras.

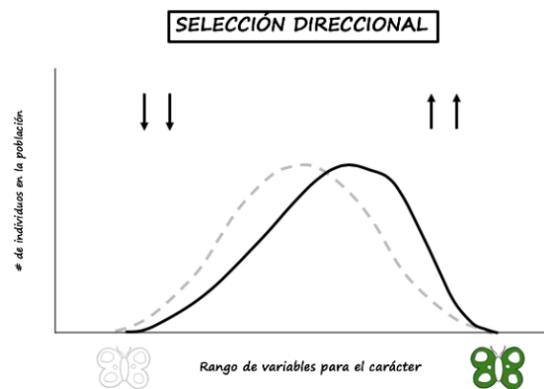


Figura 1. **Selección Direccional**. Estas curvas con forma de campana representan un rango de variación continua en el carácter de color de alas de las mariposas, las flechas hacia abajo indican los atributos en contra de los cuales funciona la selección (presión de selección); y las flechas hacia arriba, los atributos favorecidos por la selección.

Si observamos la gráfica (Fig. 1) esta nos indica una relación del éxito reproductivo de los individuos, ya que se puede denotar los cambios en distintas variedades y como se ve favorecida; es decir, la selección natural actuó en una dirección beneficiando al extremo opuesto de la distribución fenotípica.

Selección estabilizadora: Supongamos que tenemos una población de escarabajos en la que hay tres variedades: verde, café (la más común) y roja. Esta población es común en matorrales espinosos donde hay poca humedad. Su depredador es un correcaminos que distingue los colores. ¿cuál o cuáles variedades se esconderán mejor del ave? Los matorrales espinosos tienden a ser secos la mayor parte del año, dando un aspecto café amarillento. En este contexto los escarabajos cafés se esconderán mejor de los correcaminos, mientras que las variedades verde y roja serán más notables al ojo del depredador.

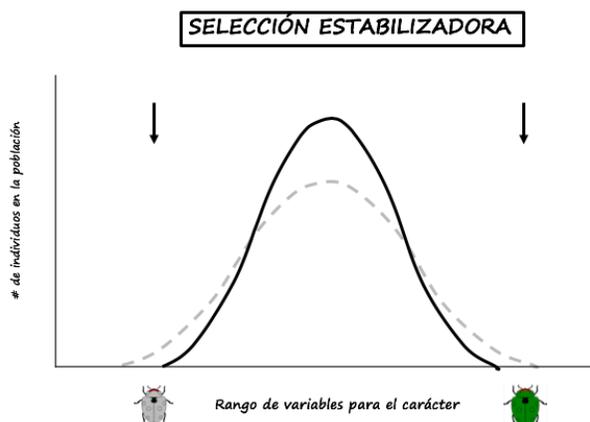


Figura 2. La **selección estabilizadora** elimina atributo extremas de un carácter y mantiene el predominio de un fenotipo intermedio en la población. Las flechas indican que algunos atributos no están siendo seleccionados.

Cuando la selección tiende a favorecer a los individuos que tienen el valor promedio y a eliminar a los extremos, hablamos de selección estabilizadora. En ésta se preservan los fenotipos más comunes y se eliminan las variedades menos frecuentes en la población, alguna de ellas producto de posible mutación. (Fig. 2).

Selección disruptiva: Los pinzones *Geospiza fortis* de pico largo que viven en las Islas Galápagos, tienen la capacidad de comer semillas duras, lo que les confiere ventajas en términos de supervivencia, mientras que a los de pico pequeño les va bien comiendo semillas más suaves. En contraste, los pinzones con picos de tamaño intermedio tienen una tasa de mortalidad más alta debido a una baja en el consumo de las semillas y no son tan eficaz como los pinzones que están en los extremos fenotípicos (Fig. 3).

Este tipo de selección favorece a los individuos con cualquiera de los fenotipos menos frecuentes, afectando a los individuos con fenotipos intermedios, por esto aumenta la frecuencia de individuos con fenotipos extremos y disminuye la frecuencia de los intermedios. Tras la selección disruptiva, la distribución se concentrará en los extremos de la curva.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Actividad 1

Explicar por qué son incorrectos los siguientes conceptos, acerca de la evolución mediante selección natural, utilizando como modelo el ejemplo de la selección en la longitud de los tallos del trigo.

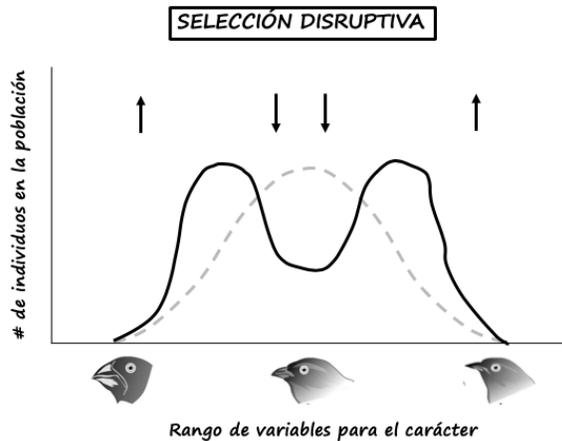


Figura 3. La **selección disruptiva** se caracteriza porque los individuos con valores cercanos a la media tienen una desventaja reproductiva. Esta desventaja se manifestará como un aumento en la distribución fenotípica. Cuando la selección disruptiva opera de manera sostenida a través de las generaciones favorece la evolución de polimorfismos.

Los tipos de selección que se describieron anteriormente sólo se aplican a aquellos casos en los que se analiza únicamente un atributo. No es difícil imaginar que la consideración de dos o más atributos rápidamente incrementa la complejidad del análisis de selección.

- 1) La evolución es progresiva, lo que significa que las especies siempre se hacen más grandes, más complejas o «mejores» de alguna forma.
- 2) Los individuos, así como las poblaciones, cambian cuando tiene lugar la selección natural.
- 3) Los individuos con mayor eficacia biológica son más fuertes o más grandes, o «más dominantes».

Actividad 2

Instrucciones: A continuación, lee el texto del Cangrejo rojo, posteriormente realiza el simulador de selección natural y al final responde lo que se te pide.

El cangrejo rojo

El cangrejo rojo es originario de la Isla Navidad, en Australia, y no se encuentra en ningún otro lugar del planeta. Pero en su tierra natal es una especie muy importante, alrededor de 120 millones de individuos cubren la base de la selva tropical y desempeñan un papel crucial en la determinación estructural del ecosistema. Cada año el espectáculo de la migración del cangrejo rojo atrae a investigadores y turistas hacia un remoto lugar en el océano Índico, al sur de la isla de Java y al oeste de Australia: la Isla Navidad.

Estos cangrejos de gran tamaño están activos durante el día, aunque prefieren yacer a la sombra ya que pueden morir deshidratados debido al calor asfixiante de la luz solar directa, hurgan entre las hojas caídas, semillas, frutas y flores reciclando nutrientes y colaborando con la morfología y composición de la flora autóctona. Sin embargo, no todos los cangrejos son iguales ya que presentan diferentes tamaños.

En un muestreo realizado en el año 2000, se encontraron los siguientes tamaños (cm):

29, 27, 25, 23, 26, 24, 22, 28, 26, 21, 20, 22, 27, 31, 28, 26, 25, 25, 23, 28, 22, 26, 17, 27, 25, 23, 26, 21, 25, 27, 33, 29, 26, 30, 24, 19, 29, 27, 31, 17, 26, 27, 19, 23, 26, 35, 27, 24, 26, 32, 25, 20, 26, 29, 24, 32, 28, 23, 31, 25, 26, 18, 24, 28, 26, 26, 34, 26, 28, 19, 24, 29, 25, 33, 27, 24, 28, 21, 26, 34,

23, 28, 25, 30, 28, 23, 27, 26, 32, 27, 18, 27, 22, 24, 31, 27, 25, 33, 28, 22, 27, 22, 25, 24, 28, 35, 21, 28, 30, 24, 18, 29, 28, 23, 29, 26, 19, 28, 22, 25, 28, 31, 29, 22, 24, 28, 29, 31, 34, 21, 28, 30, 22, 27, 25, 35, 20, 31, 27, 30, 22, 25, 28, 21, 28, 34, 23, 27, 32, 22, 27, 24, 26, 23, 23, 25, 28, 33, 21, 29, 29, 29, 24, 23, 30, 18, 21, 25, 22, 24, 30, 23, 25, 31, 20, 26, 34, 27, 23, 24, 25, 19, 21, 26, 33, 22, 25, 20, 24, 17, 26, 23, 21, 25, 27, 24, 20, 25, 30, 22, 25, 24, 27, 16, 25, 21, 18, 24, 32, 26, 29, 31, 23, 27, 23, 24, 27, 29, 23, 26, 23, 30, 27, 20, 33, 28, 22, 23, 24, 19, 28, 26, 23, 21, 27, 30, 32, 28, 26, 29, 24, 28, 22, 27, 20, 29, 24, 27, 29, 22, 28, 32, 26, 29, 27, 30, 22, 26, 23, 29, 30, 21, 25, 30, 28, 32, 22, 31, 25, 24, 29, 21, 26, 30, 26, 19, 30, 25, 20, 22, 26, 27, 21, 30, 26, 32, 25, 30, 22, 27.

- a. Ordena los datos obtenidos del muestreo del año 2000, relacionando los centímetros y la frecuencia.
- b. Elabora la gráfica en que representes los datos ordenados del muestreo.
- c. ¿Qué ocurrió con los tamaños del cangrejo rojo en este año?
- d. ¿Qué tipo de selección se representa el muestreo del año 2000? Explica

Ocho años después y un proceso de sequía en la Isla Navidad, se realiza otro muestreo para saber los centímetros en el cangrejo rojo, donde se encontraron los siguientes datos:

37, 37, 29, 33, 40, 36, 35, 26, 34, 37, 38, 32, 40, 33, 31, 28, 36, 40, 24, 38, 40, 28, 38, 34, 37, 26, 35, 36, 40, 32, 24, 38, 33, 40, 37, 24, 38, 38, 40, 34, 36, 35, 38, 30, 40, 28, 37, 38, 37, 29, 36, 26, 38, 26, 31, 25, 35, 38, 29, 40, 32, 37, 39, 27, 36, 40, 23, 35, 30, 40, 26, 34, 34, 40, 34, 39, 36, 25, 31, 36, 40, 24, 33, 21, 37, 31, 35, 26, 37, 29, 31, 35, 38, 35, 34, 38, 33, 24, 39, 39, 39, 27, 39, 32, 25, 31, 38, 35, 35, 40, 35, 29, 39, 33, 25, 32, 38, 35, 23, 40, 25, 23, 31, 25, 36, 22, 35, 24, 37, 33, 25, 36, 39, 32, 39, 27, 38, 30, 34, 39, 36, 29, 38, 37, 28, 36, 27, 35, 36, 33, 34, 33, 36, 33, 25, 30, 32, 36, 28, 31, 24, 27, 34, 23, 30, 26, 37, 34, 28, 37, 39, 38, 31, 36, 37, 33, 35, 30, 25, 37, 36, 35, 27, 38, 37, 30, 38, 36, 22, 34, 37, 28, 35, 27, 30, 36, 26, 34, 31, 35, 39, 33, 39, 24, 35, 34, 30, 32, 27, 39, 29, 31, 29, 32, 34, 25, 30, 27, 33, 29, 34, 32, 33, 35, 32, 38, 26, 30, 38, 31, 27, 33, 39, 32, 40, 26, 39, 37, 36, 37,

30, 29, 36, 40, 37, 26, 30, 40, 28, 31, 35, 37, 34, 25, 33, 29, 35, 28, 32, 39, 34, 35, 31, 21, 30, 32, 38, 35, 37, 39, 28, 23, 35, 38, 36, 28, 37, 31, 26, 38, 37, 29, 38, 27, 31, 35, 38, 33, 30, 34, 36, 37, 28, 36, 29, 36, 32, 30, 24, 39, 31, 32, 29, 36, 38, 38, 39, 27, 39, 39, 32, 34, 28, 39, 36, 38, 26, 40, 25, 36, 40, 32, 29, 32, 39, 34, 39, 39, 39, 39, 27, 36, 38, 40, 28, 34, 39, 37, 36, 39, 26, 38, 33, 39, 29, 37, 32, 34, 38, 28, 39, 37, 36, 27, 28, 37, 35, 40, 30, 34, 37, 33, 40, 37, 39, 36, 40, 38, 30, 40, 38, 37, 27, 40, 38, 34, 37, 40, 31, 38, 40, 39, 36, 40, 29, 39, 33, 40, 38, 40, 35.

- a. Elabora un cuadro donde ordenes los centímetros y las frecuencias de los cangrejos rojos.
- b. Elabora la gráfica en que plasme los resultados del cuadro
- c. ¿Qué tipo de selección se representa en el muestreo del año 2008?
Explica
- d. ¿Qué ocurrió con los tamaños del cangrejo rojo después de comparar las gráficas del año 2000 y 2008?
- e. ¿Se observaron cambios en la frecuencia de los tamaños en las poblaciones de cangrejos rojos a través de las generaciones?
- f. ¿Qué papel tuvo la selección natural en los cambios poblaciones de cangrejos rojos?

LA ADAPTACIÓN BIOLÓGICA

"Nada tiene sentido en biología sino es a la luz de la evolución", decía Theodosius Dobzhansky, uno de los fundadores de la teoría neodarwinista de la evolución que afirma que las especies animales y vegetales deben su existencia a la Selección Natural. La teoría, estipula que las nuevas especies nacen a partir de especies ancestrales, en donde algunos individuos, en el seno de una población determinada, heredan caracteres que les confieren alguna ventaja frente a sus competidores en la lucha por la supervivencia y la reproducción; la cual se denomina **adaptación**.

Por tanto, una **adaptación** podría ser definida como una modificación evolutiva de un carácter bajo selección y que implica una mayor eficiencia o ventajas funcionales (**eficacia biológica o fitness**) en un ambiente determinado con

respecto a poblaciones ancestrales. Las características comunes en una población que proporciona un cambio de alguna función comprenden como su anatomía, su fisiología, su comportamiento, son configurados por la Selección Natural, es decir, de que manera están adaptados sus caracteres para conferirle las mayores posibilidades de supervivencia.

Casi todas las características que tanto admiramos en otras formas de vida, como las largas patas de los ciervos, las alas de las águilas y las majestuosas columnas de los troncos de las secoyas son características adaptativas moldeadas por millones de años de mutación y selección natural. A la larga, lo que ayuda a un organismo a sobrevivir hoy podría convertirse en una desventaja el día de mañana. Si el ambiente cambia, la composición genética que mejor adapta a los organismos a su ambiente también cambiará con el tiempo. Cuando por casualidad se presentan mutaciones que aumentan la adaptabilidad de un organismo con el ambiente alterado, esas mutaciones a su vez se diseminan por toda la población.

Existen distintos tipos de adaptaciones según sea la especie y el medio en donde se encuentre:

- **Adaptación Morfológica:** Son los cambios que presentan los organismos en su estructura externa y que le permiten confundirse con el medio, imitar formas, colores de animales más peligrosos o contar con estructuras que permiten una mejor adaptación al medio. Por ejemplo, algunas adaptaciones en animales son las morfológicas como lo es el camuflaje y el mimetismo, ocasionados por los cambios del ambiente o de hábitat.
- **Adaptación Fisiológica:** Son aquellas que guardan relación con el metabolismo y funcionamiento interno de diferentes órganos o partes del individuo, es decir representan un cambio en el funcionamiento de su organismo para resolver algún problema que se les presenta en el ambiente como lo es la hibernación y la estivación.
- **Adaptación Etiológica o de comportamiento:** Son aquellas que implican alguna modificación en el comportamiento de los organismos por

diferentes causas como asegurar la reproducción, buscar alimento, defenderse de sus depredadores, trasladarse periódicamente de un ambiente a otro cuando las condiciones ambientales son desfavorables para asegurar su sobrevivencia: los más claros ejemplos de este tipo de adaptación son la migración y el cortejo.

Ahora, en ambientes cambiantes, algunas especies no experimentan los cambios en la poza génica que les permiten adaptarse. La rapidez con que cambia el ambiente es mayor que la rapidez de los cambios genéticos y esas especies se extinguen, es decir, desaparecen todos los miembros de esa especie.

Es así como la adaptación, influye en la producción de la diversidad biológica, al someterse a la selección natural. También los cambios extremos en el ambiente promueven la diversificación de formas vivientes, como el efecto de radiación adaptativa de varios grupos de organismos después del surgimiento de las islas volcánicas, como los pinzones de las Galápagos o la de los mamíferos al extinguirse los dinosaurios.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Actividad 1

Lee el artículo "Lo interesante esta al final" del M. en C. Carlos Jesús Balderas Valdivia en la revista *¿Cómo ves?*, número 41, publicada en abril de 2002 o consulta la página en internet:

<http://www.comoves.unam.mx/numeros/articulo/41/lo-interesante-esta-al-final>

Explica en que consiste la variada lista de adaptaciones para la supervivencia en los reptiles como proceso evolutivo.

Actividad 2

Investiga:

- ¿Quiénes fueron los antecesores del caballo del Paleoceno hasta el caballo actual?

- ¿A qué se deben los cambios morfológicos que observas en cada uno de los diferentes caballos?
- ¿Cuáles fueron las ventajas etológicas adaptativas que han presentado los caballos en la actualidad?

Actividad 3

Instrucciones: Contesta la respuesta de acuerdo con el tipo de selección.

Los ciervos macho compiten por las hembras. Se podría pensar que, con el tiempo, sobreviven los ejemplares más grandes y poco a poco los ciervos se harían enormes. Sin embargo, el análisis de las pinturas rupestres muestra que el tamaño del ciervo no ha cambiado mucho en los últimos miles de años. Se ha observado que los ciervos excesivamente grandes son demasiado "ambiciosos" y reúnen harenes de hembras muy numerosos, que a su vez atraen a más competidores. Como resultado, los ciervos más grandes emplean más tiempo en luchar que en aparearse, mientras que los ciervos medianos se cuelan en los harenes y se reproducen.

¿A qué tipo de selección esta haciendo énfasis el caso? fundamenta

El salmón *Oncorhynchus kisutch*, por ejemplo, los machos tratan de acercarse a las hembras cuando éstas desovan. Al luchar entre sí los salmones machos por acercarse, los más grandes lo consiguen y fecundan los huevos; pero los salmones más pequeños que escondidos entre las rocas evitaron pelear, también fecundan los huevos. En la población de *Oncorhynchus kisutch* predominan los dos tamaños extremos de salmones machos.

¿A qué tipo de selección está haciendo énfasis el caso? fundamenta

Los tiburones han permanecido prácticamente sin cambio morfológico durante millones de años, no sólo por haber permanecido en un ambiente oceánico estable, sino también por su extraordinaria aptitud en ese ambiente.

¿A qué tipo de selección está haciendo énfasis el caso? fundamenta

AUTOEVALUACIÓN

Instrucciones: Subraya la respuesta correcta

1. La selección natural sólo puede ocurrir en una población cuando existen _____.
 - A. diferencia de caracteres hereditarios
 - B. Presión de selección
 - C. Eficacia biológica
2. ¿Qué significa el termino eficacia biológica (fitness)?
 - A. Lo bien entrenado y musculoso que es un individuo, respecto a otros de la misma población.
 - B. Cuanto vive un individuo concreto.
 - C. La capacidad de sobrevivir y reproducirse.
3. El proceso por el cual un organismo mejora sus posibilidades de supervivencia en un ambiente determinado se llama:
 - A. Selección natural
 - B. Adaptación
 - C. Especiación
4. El Archaeopteryx tenía plumas, pico y alas igual que las aves actuales, pero también presentaba características de los reptiles como una larga cola, garras en las alas y dientes. Esto comprueba que existen pasos intermedios entre reptiles y aves como prueba de su adaptación:
 - A. Fisiológica
 - B. Morfológica
 - C. Etiológica
5. El rasgo "cuello grande" de las jirafas es un ejemplo de una característica adaptativa de tipo:

- A. Fisiológica
- B. Morfológica
- C. Etiológica

Respuestas:

1. b 2. c 3. b 4. b 5. b

BIBLIOGRAFÍA:

- Balderas, C. (2002). Lo interesante esta al final, en revista *¿Cómo ves?*, año 4, núm. 41, abril de 2002, UNAM, México, pp. 10-14.
- Campbell, N. A. y Reece, J. B. (2007). *Biología*. (7ª ed.). México: Médica Panamericana.
- Domínguez C; Fornoni J y Sosenski. (2009). ¿Qué es la selección natural? *Revista Ciencia*. Volumen 60, núm. 4. Academia Mexicana de Ciencias. México, pp. 10-21
- Starr C., R. Taggart, C. Evers y L. Starr. (2009). *Biología, la unidad y la diversidad de la vida*. 12ª Edición. México: Cengage Learning Editores S.A

Tema I: Principales procesos evolutivos que explican la biodiversidad.

Subtema II: Deriva génica.

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

DERIVA GÉNICA

Los Amish son un grupo cultural, étnico y religioso fuertemente unido, descendientes de inmigrantes predominantemente suizos. Creen en el Nuevo Testamento de una forma muy literal, a demás de ser extremadamente conservadores, tienen resistencia a adoptar comodidades modernas, defienden el pacifismo y la vida sencilla, su vestimenta es modesta y tradicional como en el siglo XVII o XVIII. En la actualidad existen alrededor de 235.000 personas, agrupados en 22 asentamientos en los Estados Unidos de América y en Ontario, Canadá.

En la comunidad del condado de Lancaster, Pennsylvania, este grupo descenden de tan sólo unos 200 inmigrantes que llegaron en 1770. La población presenta con frecuencia insólitamente un síndrome que es muy raro y poco frecuente para el resto de la población mundial, dicha condición se le conoce como síndrome de Ellis-Van Creveld. Este síndrome es una combinación de enanismo y polidactilia (Audersirk, 2008). El dedo adicional es generalmente un pequeño pedazo de tejido fino y suave. A veces contiene hueso sin articulaciones; ocasionalmente el dedo se encuentra completo y funcional. Se calcula que alrededor del 13% de los integrantes de esta comunidad son portadores del alelo raro que lo provoca.

Cómo podrías explicar que una característica poco frecuente en la población mundial, es muy frecuente en la comunidad Amish del condado de Lancaster, Pennsylvania?

El equilibrio de Hardy-Weinberg tiene validez sólo si la población es grande, este requisito es necesario porque depende de las leyes de la probabilidad. Si una población es suficientemente grande es poco probable que los sucesos fortuitos alteren las frecuencias alélicas, es de esperar que los sucesos de este tipo influyan de igual manera en la reproducción de los organismos de todos los genotipos. En una población pequeña, sin embargo, es posible que solo unos pocos posean ciertos alelos.

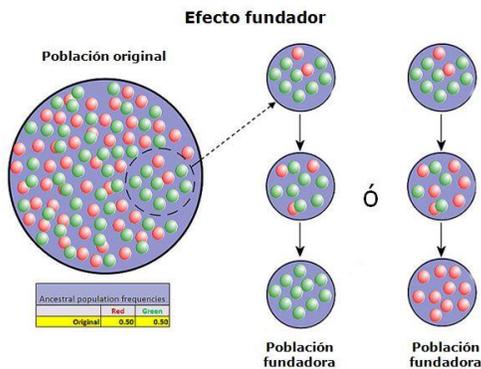
Algunos individuos de cada generación pueden, simplemente por el azar, dejar unos pocos descendientes más (y genes, claro) que otros individuos. Los genes de la siguiente generación serán los genes de los individuos «afortunados», no necesariamente los más favorables. Esto es, la deriva génica, y tiene lugar en TODAS las poblaciones: los caprichos del azar son inevitables.

La deriva génica afecta a la constitución genética de la población, pero al contrario que la selección natural, lo hace mediante un proceso totalmente aleatorio. Por lo tanto, aunque es un mecanismo de evolución, no produce adaptaciones.

En una población pequeña, es posible que unos pocos organismos posean ciertos alelos y los sucesos fortuitos podrían reducir e incluso eliminar estos alelos en la población, provocando su "fijación" y que no sean eliminados, alterando su constitución genética. Por lo tanto, este proceso reduce la variabilidad genética en las poblaciones, haciendo que disminuya, potencialmente, su capacidad de evolucionar en respuesta a nuevas presiones selectivas.

La deriva génica, es una fuerza evolutiva probabilística, por tanto, impredecible. Actualmente, se considera que desempeña un papel significativo en la determinación del curso evolutivo de las poblaciones. Sin embargo, su importancia, comparada con la de la selección natural, es un asunto que se discute. A pesar de esto, existen dos situaciones en las cuales se ha demostrado su importancia: el efecto fundador y el cuello de botella.

El efecto fundador (Fig. 4) ocurre cuando una población se origina a partir de uno o pocos individuos, los cuales se separaron por alguna razón de una



población mayor, las probabilidades pueden producir que la frecuencia de aparición de ciertos alelos raros, sea diferente (y mayor) al de la población original. Así la reproducción entre miembros de una misma población se refiere al apareamiento no aleatorio entre individuos relacionados de manera cercana que tienen muchos alelos en

Figura 4: Efecto fundador

Tomado de: <http://bioinformatica.uab.es/base/base3.asp?sitio=geneticapoblaciones&anar=concep&item=deriva>

común.

Un cuello de botella (Fig. 5) se refiere a la reducción drástica en el tamaño de las poblaciones causadas por desastres naturales y que por azar, los sobrevivientes representen solo una pequeña parte del conjunto genético original. Aún cuando la población se incrementa, parte de la diversidad genética se habrá perdido, este es el problema de muchas especies en peligro de extinción.

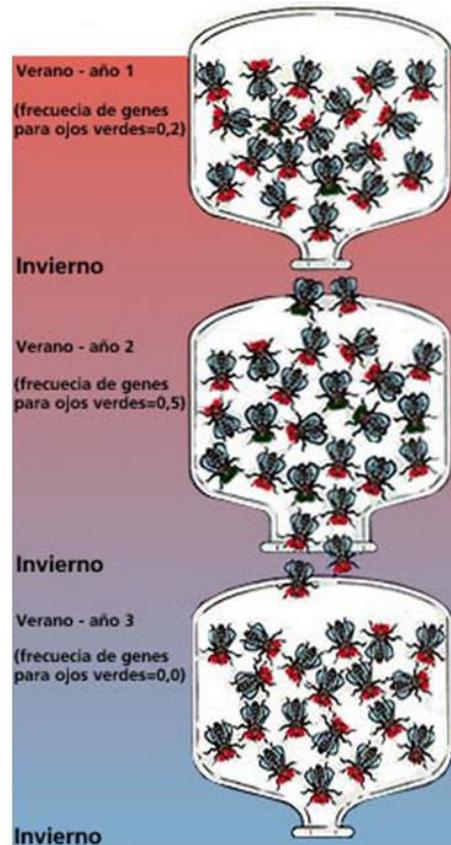


Figura 5: Cuello de botella

Tomado de: <http://bioinformatica.uab.es/base/base3.asp?sitio=geneticapoblaciones&anar=concep&item=deriva>

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Instrucción.

1. Después de leer el texto responde las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles son los resultados de la deriva génica?
- ¿Cuáles son las condiciones para que se lleve a cabo la deriva génica?
- La deriva génica es una fuerza evolutiva que ocurre mediante procesos aleatorios, sin embargo, es un proceso que no conduce a la adaptación ¿por qué?
- ¿Cuáles son las diferencias y semejanzas entre el cuello de botella y el efecto fundador?

2. Lee atentamente cada uno de los siguientes casos y responde si corresponde a efecto fundador o cuello de botella. Justifica tu elección.

D) Entre 1820 y 1880, el elefante marino septentrional fue objeto de caza tan intensa en las costas de California y Baja California que casi se extinguió. Quedaron aproximadamente 20 individuos. Desde 1984, cuando fue colocado bajo la protección de los gobiernos de Estados Unidos y de México, la población se ha incrementado hasta más de 30 000 individuos, supuestamente todos los descendientes de aquel pequeño grupo. Al realizar un estudio genético de sangre a 124 cachorros mostraron que son homocigotos para 21 loci genéticos indicando una pérdida dramática de variabilidad genética.

E) Los mlabri son una comunidad que habita en las selvas de Tailandia, según cuenta una leyenda. Esta población son los descendientes de un niño y una niña que fueron abandonados río abajo hace 1000 años. En 2005 se realizaron pruebas de ADN a varios individuos de la tribu que arrojaban conclusiones concordantes con esta historia: 58 de los 300 mlabri existentes presentaban cierta secuencia genética idéntica (algo nunca visto en otra población humana) y de acuerdo con la genética, descendían de una sola mujer inicial y menos de 4 hombres, quizás uno solo.

F) La población judía asquenazí ha sido el tema de numerosos estudios sobre genética humana debido a la acumulación de 20 desórdenes hereditarios recesivos que están concentrados en esta población como por ejemplo presenta una alta incidencia de la enfermedad de Tay-Sachs. Es una población que ha sufrido a través de la historia demasiadas calamidades, durante la Edad Media debido a persecución. Estas se debieron notablemente a las políticas opresivas del Imperio ruso o situaciones de crisis que ponían en riesgo la base económica de las familias judías. La discriminación (antisemitismo) que recibieron los judíos en Europa durante el período de entreguerras, especialmente por el nazismo.

G) Algunas familias de una región remota de Kentucky muestran una elevada frecuencia de descendientes azules, un trastorno autosómico recesivo. La piel de los individuos afectados tiene apariencia azul brillante. Los homocigotos recesivos carecen de la enzima diaforosa, que cataliza las reacciones que mantienen la hemoglobina en su forma molecular normal. En su ausencia, se acumulan una forma azul de hemoglobina en la sangre. Los capilares cutáneos y sanguíneos son transparentes, de modo que es

posible observar el color de los pigmentos de la sangre a través de ellos. Por ese motivo, la piel de los individuos sin la mutación tiene un tinte rosado y los que la presentan tienen la piel azulosa.

Formula una hipótesis para explicar por qué ocurre el rasgo de descendientes azules en ese grupo de familias, pero es poco frecuente en la población humana general.

3. Retomando el caso inicial de los Amish

H) ¿Proporcionalmente cómo es la característica de polidactilia en la población de Amish, en comparación del resto de la población humana?

I) ¿Consideras que esta característica se conserva o se conservó en la población por la acción de la selección natural? ¿Por qué?

J) ¿Esta característica podría considerarse como una característica adaptativa? ¿Por qué?

K) ¿Cómo podrías explicar que una característica poco frecuente para la población mundial, es muy frecuente en la comunidad de Amish del condado de Lancaster, Pennsylvania?

AUTOEVALUACIÓN

Instrucción.

1. Una población de palmeras de una isla de reciente formación ubicada en el océano Atlántico, presenta el problema de tener poca variabilidad genética entre sus individuos, debido a una gran cantidad de homocigosis, comparada con palmeras que habitan en Cuba y República Dominicana, y por ende generación tras generación presentan una gran cantidad de semillas que no prosperan, con lo cual se está comprometiendo la existencia de dicha especie en la isla. Se sabe que las primeras palmeras que colonizaron la isla llegaron después del Huracán de Octubre del año 1910. Lo anterior representaría un caso de:

- A) Efecto fundador
- B) Selección natural
- C) Especiación
- D) Cuello de botella

2. El estudio de tres poblaciones de aves ofrece los siguientes resultados. La población 1 tiene diez aves, de las cuales una es de color marrón (un rasgo recesivo) y nueve son de color rojo. La población 2 cuenta con 100 aves, en ella diez de las aves son de color marrón. La población 3 dispone de 30 aves, y tres de ellas son de color marrón. ¿En qué población (es) sería menos probable que un accidente pudiera alterar significativamente la frecuencia del alelo que codifica para el color marrón?

- A) En la población 1 y 2.
- B) En la población 1 y 3.
- C) En la población 2.
- D) En la población 3.

Respuestas: 1.A, 2.C

BIBLIOGRAFÍA:

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

Tema II: Especie y especiación.

Subtema I: Conceptos de especie.

Aprendizaje: Compara los conceptos de especie biológica, taxonómica y filogenética, como base del estudio de la biodiversidad.

Conceptos básicos: Especie, población, especie biológica, especie taxonómica, especie filogenética, filogenia, linaje.

Instrucciones.

1. Realiza la lectura. Subraya las ideas que consideres relevantes. Utiliza las preguntas como guía para realizar la lectura y contéstalas en tu cuaderno.
 - ¿Por qué son importantes las especies?
 - ¿Por qué existe el problema para definir lo que es una especie?
 - ¿Cuáles son los antecedentes históricos que originan el problema de la definición de especie?
 - ¿Cuáles son las dos ideas opuestas sobre la identidad de las especies?
 - ¿Cuáles son los conceptos de especie más comúnmente usados en biología?
 - ¿En qué consiste el concepto de especie taxonómica?
 - ¿En qué consiste el concepto de especie biológica?
 - Define el concepto de especie filogenética.
 - Menciona cuáles son las principales ventajas y desventajas que presenta cada uno de los conceptos anteriores.
 - ¿Cuáles son las conclusiones más importantes a las que llega la autora?

EXTRACTO DE LA LECTURA EL PROBLEMA DEL CONCEPTO DE ESPECIE

De Susana Valencia Ávalos

Los organismos del mundo se clasifican en especies. El hombre las visualiza de diferente forma, según sus conocimientos, el grupo con el que trabaja y el punto de vista desde el cual los enfoca.

Las especies son importantes porque representan un nivel de integración básico en la naturaleza viviente (Mayr, 1957), proveen las bases para describir la diversidad natural y los procesos que operan en la naturaleza (por ejemplo la especiación y competencia), y porque son la unidad básica de las clasificaciones taxonómicas y en sí mismas, un instrumento o herramienta para caracterizar la diversidad orgánica.

Debido a que los criterios para definir una especie son diversos, han surgido polémicas que constituyen lo que se conoce como el problema de la especie.

La literatura sobre el punto es abundante, incluye desde discutir si las especies son entidades reales o no, pasando por numerosos conceptos de especie creados sobre diferentes bases (taxonomía, biología, ecología y evolución, en diversos grupos de organismos: hongos, líquenes, vertebrados, bacterias, etc.) hasta analizar los conceptos de especie con mayor difusión, "clasificándolos".

La mayoría de los autores considera a la especie como la unidad fundamental de trabajo, y que ningún concepto de especie es universalmente aplicable a todos los organismos.

El propósito de este artículo es dar un panorama general de los principales conceptos de especie que han surgido en biología, los campos en los que se han pretendido aplicar y las ventajas y desventajas que presentan.

Historia del problema

Definir lo que es una especie es un problema antiguo y controvertido que quizá nació con el significado original de la palabra.

La palabra especie es de origen latino, su significado es mirar, contemplar, o tipo. Aristóteles, basándose en las ideas de Platón, retoma el concepto de especie en un contexto biológico. Según Aristóteles, cada especie tiene una esencia, una naturaleza intrínseca; cada individuo que constituye la especie tiene tal naturaleza o esencia, que ésta puede conocerse por intuición con simples observaciones de muchos individuos.

Los pensamientos de Aristóteles dominaron la antigüedad por dos siglos aproximadamente. Durante el florecimiento de las culturas antiguas y de hecho hasta la época medieval, se utilizó la palabra especie para referirse en un principio, a la apariencia de los objetos y después por extensión, a la de los seres vivos.

Durante el siglo XVIII tomó forma el concepto de especie dentro del contexto biológico que se le asigna actualmente, aunque las creencias dominantes concebían a las especies como formas efímeras. Posteriormente, las observaciones y la acumulación de conocimientos sobre los organismos condujeron a la idea de que las especies eran estables, al menos en la escala temporal en la que están disponibles para los seres humanos, y se distinguió

entre especies y variedades. Bufón es el primero que concibe las especies como entidades reales, correspondientes a lo que ahora llamamos géneros o familias. La idea "fijista" sobre las especies fue ampliamente aceptada en particular por los teólogos, pues les permitía explicar que las especies habían sido creadas por Dios durante los seis días que se establecen en la Biblia.

Con Linneo, las especies se empiezan a manejar en el contexto actual; se le atribuye la creación de dos características que forman parte de la controversia del concepto de especie: a) la constitución de la especie y, b) la delimitación de su forma. Él las consideraba como unidades fijas, sin cambios.

Las ideas de Darwin son contrarias respecto de las de Linneo porque consideró a las especies como unidades cambiantes que evolucionan, lo que trajo como consecuencia la imposibilidad de delimitarlas y definir las. Por tanto, Darwin consideró a las especies como algo puramente arbitrario y subjetivo.

Los seguidores de Darwin desconocieron a la especie como una entidad real y consideraron a los individuos como la unidad evolutiva. Afirmaron que las especies son creadas por los taxónomos para referirse a un gran número de individuos colectivamente. Estas ideas fueron abundantes y trascendieron hasta el siglo XX.

Los conceptos de especie

De la reseña histórica anterior se desprenden dos ideas opuestas sobre la entidad de las especies: la primera las considera como unidades reales, estáticas en el espacio de tiempo disponible para el observador y objetivamente delimitables. La segunda idea las considera como entidades cambiantes, imposible de delimitar y por lo tanto, inexistentes como unidades reales en la naturaleza; su exponente original fue Darwin.

Debido a la existencia de estas ideas opuestas, existen diferentes conceptos de especie. Cada uno varía dependiendo del campo en que se utiliza; así en evolución; ecología, genética, paleontología, microbiología, y aun en taxonomía, surgen conceptos de especie según el grupo en el que se trabaja.

A continuación, se expone en qué consisten los conceptos de especie con mayor difusión en biología, agrupándolos según el concepto en el que se fundamentan.

Criterios morfológicos

Concepto de especie taxonómica

También es conocido como concepto de especie fenética. "Es la unidad básica de la clasificación taxonómica" sobre la que descansa la clasificación biológica, una unidad discreta, separada de otras por su discontinuidad en variación. Varios científicos la consideran la categoría taxonómica más importante. Este concepto se basa en distinguir unidades bajo el criterio morfológico. La especie taxonómica es una categoría artificial que en la mayoría de los casos no coincide con las unidades reales de la naturaleza. Su principal desventaja es la subjetividad, pues no determina objetivamente el grado de diferencias que debe tener la categoría de especie. Es lícito establecer arbitrariamente los límites de esas unidades y es posible que éstos no coincidan con lo que se conoce como especie biológica. Por lo tanto, una especie taxonómica es "un grupo de individuos lo suficientemente distintos de otros grupos para ser considerado por los taxónomos merecedor de la categoría de especie".

Criterios de continuidad genética

Concepto de especie biológica

El concepto de especie biológica, también llamado de especie genética es, junto con el de taxonomía y el de evolución, de los más utilizados en biología. Surge hasta después de 1930.

De acuerdo con Mayr, este concepto se basa en que las especies están formadas de poblaciones con una realidad y cohesión genética, lo cual establece que los miembros de una especie poseen las características para conformar una unidad reproductiva, ecológica y genética; por lo tanto, "las especies son grupos de poblaciones naturales de entrecruza que se reproducen aisladamente de otros grupos".

Dos premisas están implícitas en este concepto: a) el aislamiento reproductivo que mantiene la especie como unidad discreta y, b) el intercambio genético dentro de la unidad, confiriéndole características morfológicas que pueden ser utilizadas de una manera práctica en clasificación. El concepto de especie biológica ha sido más aplicado en zoología que en botánica. Algunas de las

objeciones que se le han hecho es que es poco operacional y práctico, ya que los límites de intercambio genético no siempre son claros.

De acuerdo con algunos autores, si el concepto de especie biológica fuera aplicado en todos los grupos, cambiaría con seguridad el sistema de clasificación, pues para muchos organismos éste no corresponde con el concepto de especie taxonómica.

Con todas sus implicaciones, este concepto es aplicable sólo a organismos que se reproducen sexualmente y pierde validez cuando se hace extensivo a los que se reproducen asexualmente, por ejemplo bacterias.

Concepto de especie evolutiva

Propuesto por Simpson (1961): Una especie evolutiva es un linaje (una secuencia ancestro-descendiente) que evoluciona separadamente de otras con sus propias tendencias y su propio papel evolutivo unitario. Modificada ligeramente por Wiley (1978): "El único linaje de poblaciones ancestro descendientes que mantienen su identidad ajena a otros linajes y tiene sus propias tendencias evolutivas y destino histórico".

Concepto de especie filogenética

Han surgido dos conceptos diferentes bajo ese nombre. El primero propuesto por Cracraft (1978) y Ereshefsky (1989). El otro concepto de especie filogenética fue propuesto por Mishler y Donoghue (1982), y más tarde retomado por Mishler y Brandon (1987), quienes lo definen como "el taxón inclusivo más pequeño reconocido en clasificación, en el cual los organismos son agrupados por su evidencia de monofilia (generalmente, pero no restringido a la presencia de sinapomorfías¹), que es categorizado como especie por ser el linaje importante más pequeño que se juzga digno de reconocimiento formal, donde importante se refiere a la acción de aquellos procesos que son dominantes en producir y mantener linajes en un caso particular.

También definen a un taxón monofilético como el grupo que contiene a todos los descendientes de un ancestro común, y sólo a ellos, y que se originaron en un solo

¹ Una sinapomorfía es un carácter homólogo apomórfico (es decir, una novedad evolutiva) compartido por todos los individuos de un taxón. Es decir, una sinapomorfía es una novedad evolutiva que permite diferenciar a un taxón de otros taxones. La presencia de pelo es una sinapomorfía de los mamíferos, aunque algunos grupos (cetáceos) lo hayan perdido posteriormente en el curso de la evolución.

evento. La monofilia se puede reconocer por el análisis de sinapomorfías (caracteres primitivos y derivados), lo cual concuerda con la práctica taxonómica actual.

Missher y Brandon mencionan que este concepto es aplicable a organismos con reproducción asexual y que supera al de especie evolutiva por considerar que la monofilia es más inclusiva que la entrecruza de poblaciones utilizada en el concepto de especie evolutiva.

El problema permanece

Aunque se han realizado esfuerzos para establecer un concepto de especie universal, no existe hasta la fecha uno aplicable a todos los organismos y subsisten muchos problemas de definición de especie para algunos grupos, como los que se reproducen asexualmente.

El caso de microorganismos que se reproducen asexualmente también es controvertido, pues su reproducción y la inaccesibilidad para observar caracteres morfológicos que los diferencien ha propiciado que algunos investigadores los nieguen como especie. Las especies en estos grupos se caracterizan y se delimitan de acuerdo con las respuestas fisiológicas que presentan al ser tratados con diferentes sustancias químicas o enzimas, es decir, los factores ambientales juegan el papel principal para determinar caracteres morfo - fisiológicos.

Otro problema se presenta en paleontología, donde las restricciones son mayores que cuando se trabaja con organismos actuales, ya que en muchos casos los registros fósiles no son suficientes para conocer la variación de un grupo al que se le ha dado el rango de especie; o por el contrario, como los grupos fósiles tienen su base en el conocimiento de los organismos actuales y los fósiles suelen ser fragmentarios, las partes que se encuentran son asignadas a diferentes especies o conducen a trabajar a nivel genérico. Más que conceptual, en paleontología el problema es metodológico, pero consecuentemente repercute en lo conceptual.

Los líquenes constituyen otro grupo que ofrece dificultades para la definición de especie. Por ser simbiosis de algas y hongos, son dos especies diferentes que están formando otra "especie". Algunos autores los incluyen dentro del concepto

de especies pares. Los vegetales cultivados surgidos a través de la hibridación artificial, son otro problema.

Por otro lado, existen otros problemas relativos al reconocimiento de las especies aplicando algunos de los conceptos con criterios de continuidad genética, por falta de información que se tiene sobre los grupos. Las objeciones a cada concepto revisado se refieren básicamente a que cada uno sigue diferente criterio para definir lo que es una especie, consecuentemente los grupos que resultan de aplicar uno u otro concepto, pueden ser diferentes, es decir, no son equivalentes.

Discusión y conclusión

Las especies son unidades que se han definido de diferentes formas, dependiendo del contexto espacio temporal en el que han sido consideradas. Se puede decir que los conceptos no son exclusivos ni absolutos, sino interdependientes y complementarios. No obstante las críticas hechas a los conceptos de especie taxonómica y biológica, éstos son los más ampliamente utilizados para definir especies. Por lo tanto, no se puede aceptar ni rechazar total y radicalmente un concepto determinado; cada uno fue creado para ser utilizado en un campo de trabajo particular y dentro de él adquiere sentido.

Lejos de cualquier definición, actualmente las especies son entidades reales que existen en la naturaleza, independientemente de la capacidad del hombre para definir las y de los criterios utilizados para hacerlo. Presentan características intrínsecas como reproducirse, jugar un papel ecológico, interactuar con otros organismos, tener una base genética, presentar cambios y variaciones espacio-temporales; todas son características que dificultan definir de manera objetiva y universal lo que es una especie y se convierten en el fundamento de tan controvertido y antiguo problema.

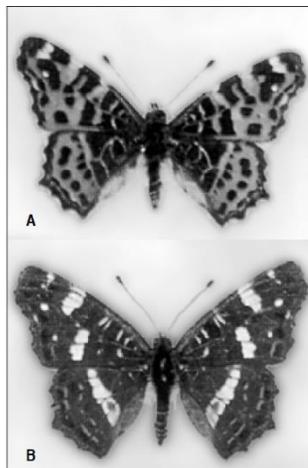
2. Con base en la lectura, completa el cuadro comparativo:

Concepto			
	Taxonómico	Biológico	Filogenético
Criterio utilizado			

Definición			
Ventaja o utilidad			
Desventaja			

3. *Aplica tus conocimientos en los casos siguientes.*

- a. En la imagen se muestra la mariposa *Araschnia levana*. Esta especie de mariposa presenta una forma de primavera conocida como **forma levana** (A), claramente diferente en su diseño y coloración, de la forma de verano que se conoce como **forma prorsa** (B) a pesar de lo cual no hay duda de que se trata de la misma especie.



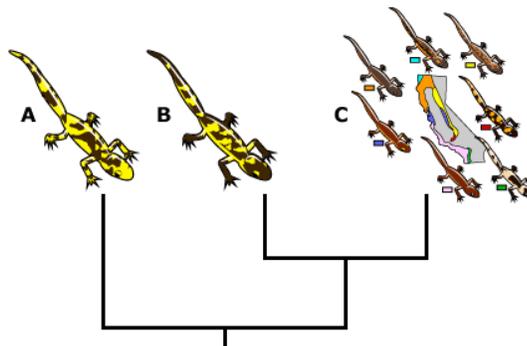
¿Por qué es difícil aplicar en este caso el concepto taxonómico de especie?

- A) Porque a pesar de las diferencias morfológicas las dos formas, pueden reproducirse entre sí y dejar descendencia fértil
- B) Porque a pesar de las diferencias morfológicas las dos formas, pueden existir en el mismo espacio geográfico
- C) Porque a pesar de las diferencias morfológicas las dos formas, provienen de un ancestro común
- D) Porque a pesar de las diferencias morfológicas las dos formas, pueden generar híbridos

Argumenta tu respuesta. _____

_____.

b. En este ejemplo, 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. ¿Qué concepto de especie es aplicable a este caso?



Filogenia de salamandras del género *Ensatina*. Imagen tomada de: https://evolution.berkeley.edu/evolibrary/article/side_0_0/otherspecies_01_sp

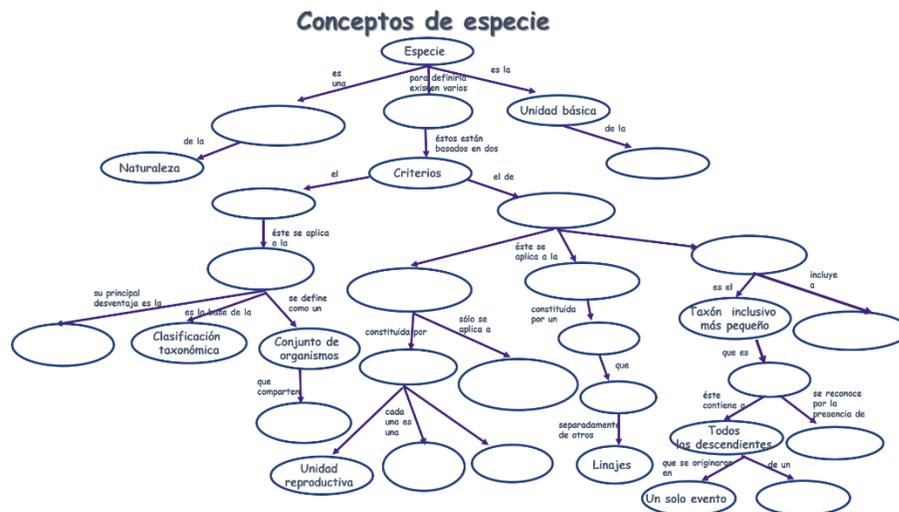
- A) Biológico.
- B) Taxonómico.
- C) Evolutivo.
- D) Filogenético.

Argumenta tu respuesta. _____

c. ¿Qué implicaciones consideras que tiene la existencia de diferentes conceptos de especie para el estudio de la biodiversidad? _____

4. Completa el mapa conceptual con los siguientes conceptos (éstos se separan con comas):

Organismos con reproducción asexual, Evolucionaria, Organismos con reproducción sexual, Conceptos, Monofilético, Unidad genética, Unidad de integración básica, Sinapomorfías, Clasificación taxonómica, Continuidad genética, Especie evolutiva, Morfológico, Especie biológica, Subjetividad, Especie filogenética, Especie taxonómica, Poblaciones, Similitudes morfológicas, Unidad ecológica, Ancestro común.



REACTIVOS.

1. Lee con atención y elige la opción correcta.

Un grupo de investigadores colectaron cierta cantidad de insectos durante su trabajo de campo, con la finalidad de determinar a qué especie pertenecen, para esto utilizaron claves de identificación. De esta forma pudieron establecer un inventario de los organismos presentes en la zona de muestreo. Tomando en cuenta el trabajo que realizaron los investigadores ¿en qué concepto de especie se basaron?

- A) Filogenético.
- B) Biológico.
- C) Ecológico.
- D) Taxonómico.

Respuesta D

2. Elige la opción que complete correctamente el texto.

El león (*Panthera leo*), habita de manera natural en África, mientras que el tigre (*Panthera tigris*), vive de manera natural en Asia, por lo que en la naturaleza no se podría realizar un entrecruzamiento debido al aislamiento geográfico que presentan. En un circo se realizó la cruce entre un león macho y una tigresa, dando como resultado la generación de un liger (*Panthera leo + Panthera tigris*), el cual es un híbrido de gran tamaño pero estéril, por lo que se considera que:

- A) León y tigre son organismos de la misma especie dado que pueden dejar descendencia, aunque de manera natural estén separados geográficamente
- B) De acuerdo con el concepto biológico de especie, león y tigre son dos especies biológicamente distintas, dado que el híbrido es estéril.
- C) Desde el punto de vista ecológico, león y tigre son de especies distintas, pero desde el punto de vista biológico, son de la misma especie dado que pueden reproducirse.
- D) El liger puede ser considerado como una nueva especie en formación e incluso desde el punto de vista de la taxonomía como una subespecie.

Respuesta B

3. Lee con atención y elige la opción correcta.

Las especies de hongos del género *Aspergillus* se encuentran ampliamente distribuidas en la naturaleza. Algunas de ellas son una causa frecuente de micosis invasivas, normalmente fatales, en pacientes con el sistema inmunológico deprimido. Aunque *Aspergillus fumigatus* es el agente más común, *A. flavus*, *A. terreus* y *A. niger* se consideran también responsables de infecciones invasivas. La identificación hasta nivel de especie de estos hongos es cada vez más importante, ya que algunas especies de *Aspergillus* pueden presentar una mayor virulencia y una respuesta distinta a la terapia antifúngica.

Los criterios que se emplean para la identificación son características tanto macroscópicas como microscópicas: diámetro de las colonias, coloración y textura de las colonias, presencia de gotas de exudado, presencia de pigmento producido por dichas colonias, forma, diámetro, ornamentación, coloración y tamaño de sus esporas asexuales y sexuales.

Con base en la información anterior, determina que concepto de especie está implicado.

- A) Biológico.
- B) Taxonómico.
- C) Evolutivo.
- D) Filogenético.

Respuesta B

4. Elige la opción que responda correctamente a la pregunta.

Existen muchas especies de bacterias del género *Streptococcus*, las cuales se reproducen asexualmente ¿Por qué es difícil en este caso aplicar el concepto biológico de especie?

- A) Porque en las bacterias no existen dos sexos diferenciados.
- B) Porque el concepto biológico sólo se aplica a animales y plantas.

C) Porque el concepto biológico sólo se aplica a organismos con reproducción sexual.

D) Porque el concepto biológico no considera los caracteres morfológicos.

Respuesta C

5. Relaciona las características presentadas con los conceptos de especie.

I. Especie biológica

II. Especie taxonómica

III. Especie

filogenética

Características.

a. Se basa en criterios morfológicos.

b. Se basa en el análisis de sinapomorfías.

c. Conforman unidades reproductivas, ecológicas y genéticas.

d. El más utilizado en la clasificación biológica.

e. Aplicable sólo a organismos con reproducción sexual

f. Su desventaja es la subjetividad

g. Es aplicable a organismos con reproducción asexual y sexual.

h. Constituida por un taxón monofilético.

i. Uno de los criterios es que los individuos puedan entrecruzarse, y que éstos tengan descendencia fértil.

A) I a, c, e. II b, d, f. III g, h, i.

B) I a, d, f. II b, c, i. III e, g, h.

C) I c, e, h. II a, b, d. III b, f, g.

D) I c, e, i. II a, d, f. III b, g, h.

Respuesta D

BIBLIOGRAFIA:

Bibliografía básica

- ✓ Valencia, A. A. (1991). El problema de la especie. *Ciencias*. 24. 13-22.

Bibliografía complementaria

- ✓ Llorente, B. J. y Michán, A. L. (2000). Hacia un Proyecto CYTED para el Inventario y Estimación de la Diversidad Entomológica en Iberoamérica: PrIBES-2000. En: Piera, F. M., Morrone, J.J. y Melic, A. (Eds.) *Monografías Tercer Milenio vol. 1*, SEA, Zaragoza, pp.: 87— 96.
- ✓ Torreti, R. (2010). La proliferación de los conceptos de especie en la biología evolucionista. *THEORIA*, 25 (69), 325-377.

Tema II: Especie y especiación.

Subtema II: Patrones de cambio evolutivo.

Aprendizaje: distinga la anagénesis y cladogénesis como patrones de cambio evolutivo.

Conceptos básicos: Patrón evolutivo, Diversificación, Anagénesis, Cladogénesis.

El "perrito" de Milhouse; los cangrejos cacerola

En un capítulo de la famosa serie *The Simpson*, Bart le pide sus anteojos a Milhouse para ver a Lisa con su nueva amiga; Bart, al retirarse del lugar para tramar alguna cuartada contra la amistad de su hermana, olvida regresar los lentes a Milhouse, cuya escena siguiente se representa con el diálogo: "¡Bart, necesito mis anteojos!", "¡Ay, perrito!".

El organismo en la playa que Milhouse nombra como "perrito", está representando a los cangrejos cacerola. Especies actuales del género *Limulus*, que son virtualmente idénticas a las especies fósiles de una familia diferente que vivió hace 150 millones de años (Fig. 6). Mientras estos linajes² de cangrejos cacerola permanecían inalterables, se diversificaron aves, mamíferos y plantas con flor.

Entonces, ¿estos cangrejos "no han podido evolucionar" porque carecen de variación genética? Después de una secuenciación genética de DNA mitocondrial reportada por John Avise y sus colaboradores en 1994, respondieron a la pregunta,



Figura 6. Cangrejos cacerola. Tomada de: www.alamy.es, www.giphy.com, www.planeta-neptun.ru

² Se entiende por linaje como un grupo de poblaciones o especies ancestrales y descendientes que descienden de un ancestro común; sinónimo de clado (Freeman y Herron, 2002). La perspectiva de linaje ayuda a considerar el proceso evolutivo durante largos periodos de tiempo.

reportando los siguientes resultados: el cangrejo cacerola muestra tanta variación genética como el clado de los cangrejos rey y ermitaños (Fig. 7), a pesar de que han experimentado muchísimo menos cambio morfológico (Freeman y Herron, 2002).

Procesos microevolutivos como la mutación, la selección natural, la deriva y el flujo génico han producido una diversidad abrumadora de formas de vida, y su composición ha cambiado radicalmente durante varios periodos de tiempo. Como se evidencia en el registro fósil, uno de los hechos que origina una investigación importante, que busca grandes patrones en ellos.



www.conciencia

Datos que originan la siguiente pregunta: **¿qué patrones podemos discernir que den cuenta de toda esta variación?** Para realizar un acercamiento a su explicación se plantean cinco puntos: 1. La filogenia; 2. La oportunidad ecológica; 3. Tiempo geológico; 4. Patrones de cambio (modelos) y; 5. Los procesos.

Figura 7. Cangrejos rey. Tomada de: <http://www.bioenciclopedia.com>, www.conciencia

El primer punto refiere, que debemos considerar que la diversidad biológica está organizada jerárquicamente como resultado de las relaciones de ancestría-descendencia entre las especies (Mayr, 1982 citado en Binil, *et al.*, 2014) (Fig. 8). Es así, como se podrían distinguir patrones evolutivos. Entendiendo patrón, como una regularidad o repetición en la naturaleza que, aunque imperfecta, permite establecer comparaciones y ensayar predicciones. En este caso, las relaciones determinan qué especies son

Phylogenetic Model

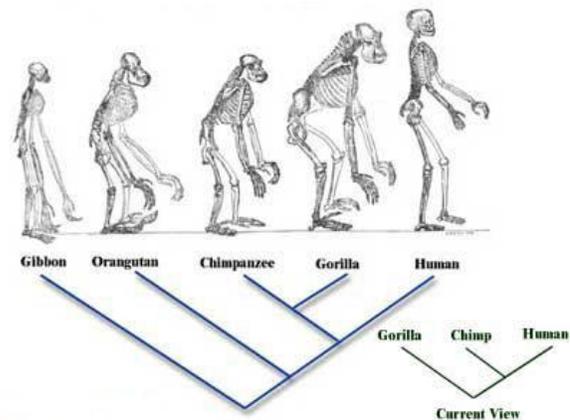


Figura 8. Ejemplo de filogenia. Tomada de: www.bio-diversidad-prepa.blogspot.com/

más parecidas entre sí y pueden ser representadas en filogenias, para describir los patrones de descendencia e informar acerca de los procesos que generaron la diversidad biológica que observamos actualmente (Pagel, 1999 citado en Binil, *et al.*, 2014).

El segundo punto, la oportunidad ecológica, resulto ser un factor clave en dicha diversificación de diferentes especies, como en los pinzones de las Islas Galápagos que colonizaron un hábitat en el que había pocos competidores y una gran variedad de recursos que explotar. Situación que es explicada por la radiación adaptativa, cuando una única especie se diversifica en un gran número de especies descendientes que ocupan una amplia gama de nichos ecológicos. Estos últimos, entendidos como el conjunto de condiciones bióticas y abióticas en las cuales una especie es capaz de persistir y mantener tamaños de población estable (Morrone y Escalante, 2009). Circunstancias que crearon condiciones favorables para la diversificación y la especiación.

Lo anterior se relaciona al tercer punto, el tiempo geológico. Muchas radiaciones adaptativas están correlacionadas con innovaciones morfológicas, y cuando el tiempo se representa frente a la morfología, son posibles dos patrones extremos, junto con muchos intermedios o mixtos. Los patrones de cambio morfológico denominados estasis y gradualismo (fig. 9).

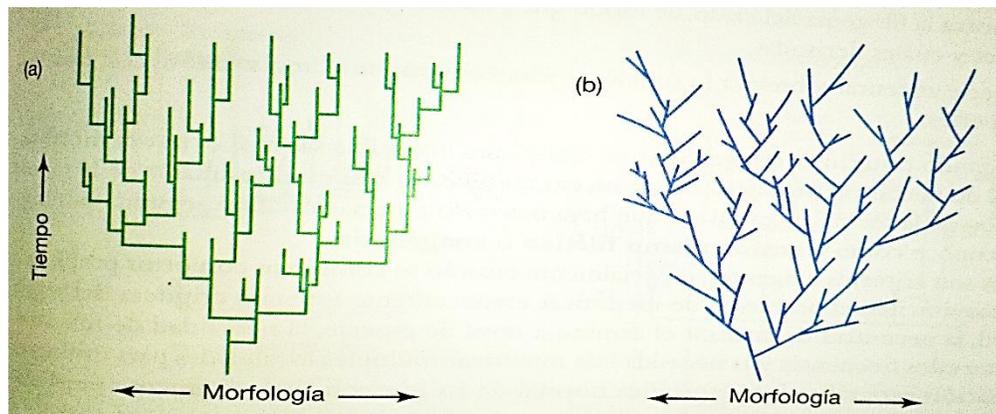


Figura 9. Representación esquemática de los patrones de cambio morfológico: estasis y gradualismo. El modelo (a) muestra la postura de los equilibrios puntuados: propone que la morfología es estática para las especies (linajes) y toda la variación morfológica se produce en el instante de la especiación (ramificaciones). El modelo (b) muestra el otro extremo, el gradualismo filético: donde el cambio morfológico se produce de forma constante y gradual. Tomada de: Freeman y Herron, 2002.

Pero, este es uno de los puntos que deben aclararse: el tiempo y las escalas de observación. Biólogos y paleontólogos hablan de tiempo en distintos marcos, por ejemplo los biólogos señalan: *"que medir la selección en una población actual, es un estudio a largo plazo que puede durar una década o menos. Mientras que los paleontólogos dicen: "que la especiación se produce 'instantáneamente' en tiempo geológico"*.

La razón de la expresión de los paleontólogos es porque para ellos el tiempo geológico representa una escala que muestra la secuencia de acontecimientos de la historia de la Tierra en unidades de tiempo de miles a millones de años, y al estar basada en principios de datación relativa y numérica, incluye un arreglo jerárquico de unidades de tiempo establecidas en: eras, periodo y época (Morrone y Escalante, 2009).

El cuarto punto se vincula con el tiempo geológico y cómo se ha originado en dicho tiempo la diversificación. Para ello se requiere hablar de los patrones de cambio, que explican a través de modelos, cómo han sido las variaciones en las características de un linaje o especie a lo largo del tiempo. En este sentido, debe aclararse un punto sobre las reglas para comprobar el patrón; a) si el objetivo es seguir cambios en la morfología de clados³ que especian a lo largo del tiempo; y b) determinar, si los cambios ocurren en unión con los sucesos de especiación o independientemente y si el cambio rápido está seguido por estasis o continúa el cambio.

Éstas últimas, vistas como dos hipótesis que explican un patrón de cambio, ante la postura de ver las especies fósiles en función de su morfología, donde se pueden hacer correlaciones entre especiación y cambio morfológico. Pero a dichos datos, habría que añadirles aquellos derivados de las investigaciones realizadas sobre la divergencia genética.

Por ello, se generan modelos para explicar la divergencia⁴; cabe señalar que si bien los modelos son simples, generales y biológicamente reales, no son precisos. Un modelo biológico ideal maximizaría simultáneamente la simplicidad,

³ Clados: grupo de especies que descienden de un ancestro común dado; sinónimo de un grupo monofilético

⁴ Bajo este contexto, la divergencia es la acumulación de diferencias genéticas o fenotípicas entre linajes evolutivos a lo largo del tiempo que da como resultado una variación distinta. Aumento en la diferencia de los linajes evolutivos.

la generalidad, realidad y precisión que aborden la divergencia genética, pero es probable que los grupos de organismos no satisfagan todos los criterios de un modelo ideal. Porque la divergencia genética puede verse afectada por una serie de factores, incluido el tiempo transcurrido desde la divergencia, número de eventos de especiación, regímenes selectivos, tamaños de población, tasas de mutación y otros parámetros (Ayala 1974; Ayala and Gilpin 1974, citado en Avise y Ayala, 1975).

En los modelos que se han originado, se observa la ramificación de los linajes, que representan el cese del flujo de genes entre las poblaciones que causa que un linaje evolutivo se divida en dos o más y el punto en el que un conjunto genético interconectado se divide en dos. La división de linaje se puede revertir a través de la hibridación, por tanto, la identificación de divisiones de linaje requiere de datos genéticos. Sin datos genéticos no es posible distinguir la variación morfológica en linajes y entre linajes (Van Bocxlaer y Hunt, 2013 citado en Vaux, et al., 2015). Estos cambios y división en los linajes evolutivos, así como la fusión del linaje con los procesos de especiación, originaron los conceptos de anagénesis y cladogénesis (Fig. 10), los cuales se han combinado con otras hipótesis.

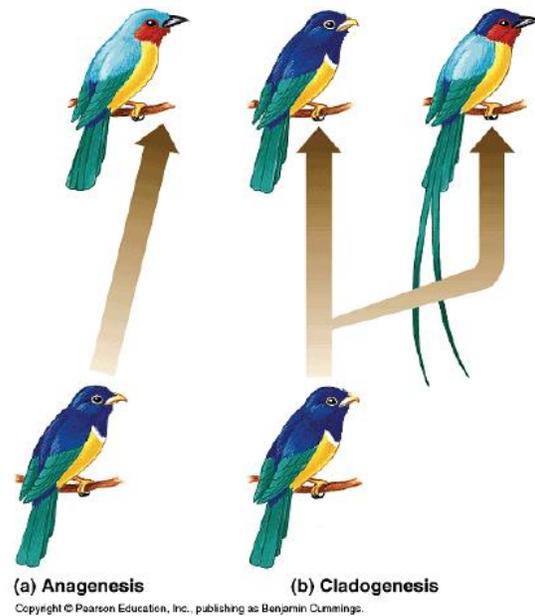


Figura 10. Representación esquemática de los cambios que podrían ocurrir dentro de un linaje: anagénesis (a) y cladogénesis (b). Tomada de: Moreno, 2010.

Específicamente, la anagénesis o evolución filética considera una tendencia creíble para aumentar la complejidad en otros linajes derivados -organismos evolucionados posicionados en lo más alto del modelo o filogenia-, considerando típicamente la morfología. Entonces la anagénesis o cambio físico, se trata de un cambio evolutivo que ocurre dentro de un linaje, es decir, cambio evolutivo sin división del linaje. Esto porque el genotipo o fenotipo derivado de un linaje aparentemente no dividido, se considera significativamente diferente del estado ancestral (Bentley y Pearson, 2001; Catley et al., 2010; Podani, 2013 citado en

en Vaux, *et al.*, 2015) (Fig. 11a). Puede ocurrir en el desarrollo de nuevas formas de manejar el ambiente.

Mientras que la cladogénesis se relacionó con la evolución de los clados, ramas "amplias" que produjeron una importante diversidad taxonómica (Rensch, 1929, 1959 citado en Vaux, *et al.*, 2015). Es decir, que la cladogénesis fue tratada como la amplitud de un árbol evolutivo, la división del linaje (ramificación). Dicha cladogénesis se considera comúnmente intercambiable con la especiación, por tanto, se asume que las divisiones del linaje representan la división de una especie en dos o más (Fig. 11b). Razones por las cuales, es difícil estimar con precisión los períodos de cambio anagenético y cladogenético utilizando únicamente datos morfológicos (Crampton y Gale, 2005 Vaux, *et al.*, 2015).

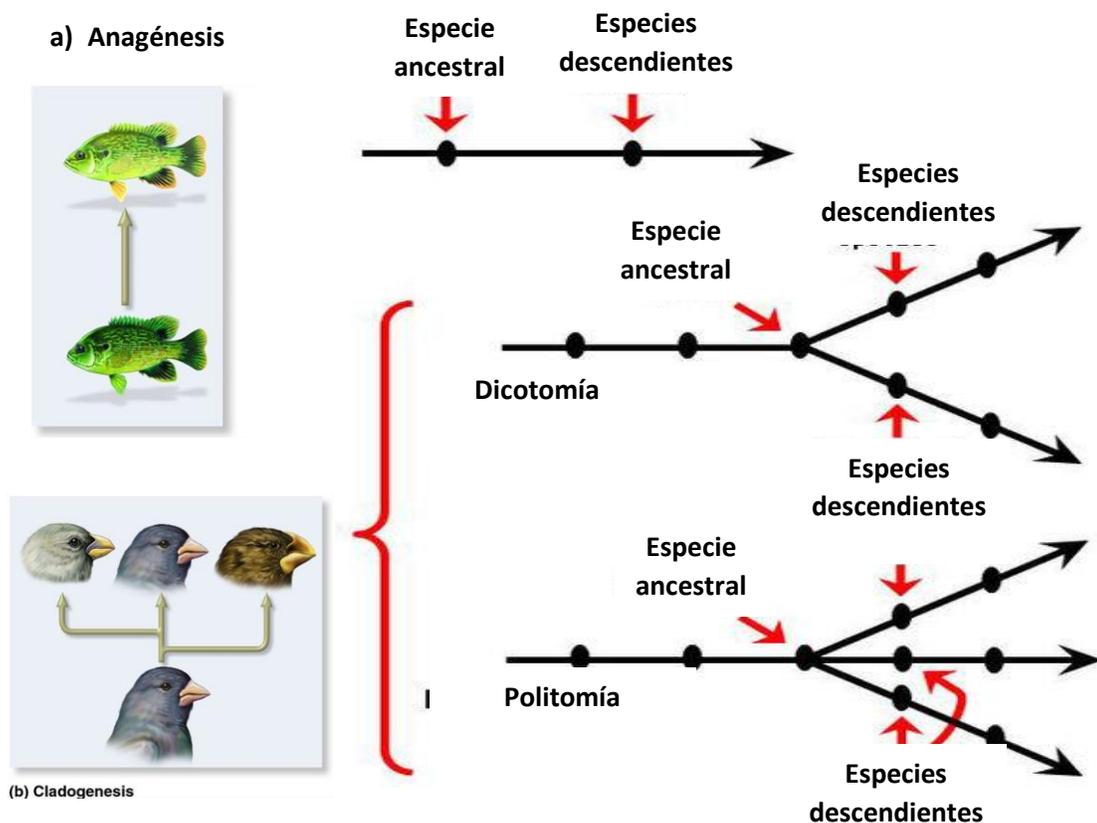


Figura 11. Representación esquemática de los cambios que pueden ocurrir en un linaje, a través de los modelos de anagénesis en un ejemplo con peces (a) y cladogénesis en un ejemplo de aves (b). Tomada de: <http://pediaa.com> y <https://www.pinterest.com.mx>

La cladogénesis no necesita acompañarse de la anagénesis y viceversa, aunque estos dos tipos de cambio evolutivo a menudo ocurren juntos, por ejemplo en casos de radiación adaptativa.

El quinto y último punto, los procesos, se refiere a la interpretación que se realiza de los modelos antes mencionados y el ritmo al que ocurren, esto, a manera de explicaciones. Sólo habría que cuidar la forma de interpretación entre ambos: modelos y procesos. Una de las explicaciones la ofrece Charles Darwin, quién enfatizó repetidamente la evolución gradual por selección natural (proceso).

Él atribuyó la aparición repentina de nuevos taxones (modelos: por ramificación o cambio dentro de un linaje). Por lo incompleto del registro fósil predijo que a medida de que los ejemplares fósiles fueron aumentando, los huecos se completarían por formas fósiles que mostrarían transiciones graduales entre las características morfológicas de las especies (Fig. 12). Por ello, la situación de lo incompleto del registro fósil, se considera un problema para la teoría de Darwin.

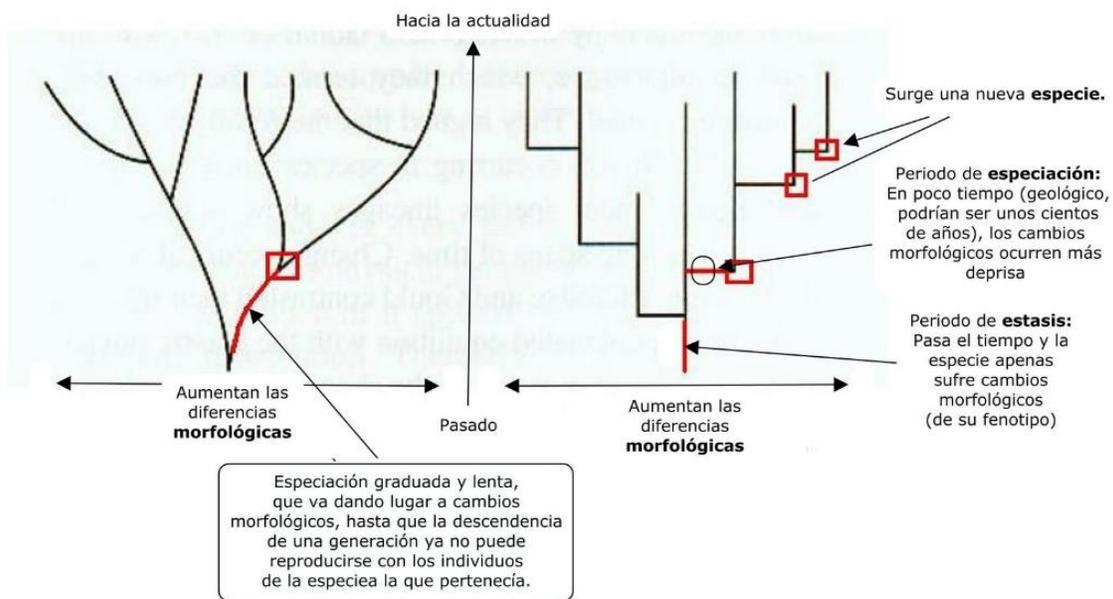


Figura 12. Representación esquemática de los procesos y ritmos en los que pueden ocurrir los cambios evolutivos para explicar el origen de las ramificaciones (cladogénesis) y el cambio en sólo un linaje (anagénesis) Tomada de: <https://cientificament.wordpress.com>

Este problema, dio origen a una explicación alternativa denominada equilibrios puntuados, que considera periodos de estasis y especiación "rápida" (proceso).

La explicación por estasis, considera que las nuevas morfologías, después de aparecer de un modo repentino, persisten luego durante millones de años sin cambio aparente; en muchos casos, las novedades evolutivas parecen surgir al mismo tiempo que las especies nuevas.

En consecuencia, la evolución morfológica parece consistir en largos periodos de estasis ("estabilidad") que son ocasionalmente interrumpidos por sucesos de especiación con variación morfológica que aparecen instantáneos en el tiempo geológico pero produciéndose transiciones graduales rara vez (modelo: por ramificación o cambio en un linaje). Los autores de dicha explicación son Niles Eldredge y Stephen Gould cuya postura sobre el registro fósil es que "la estasis es un dato", donde la falta de cambio o de una "pieza del registro fósil" es un patrón que necesita explicarse (Fig. 12).

Pero ¿apoyan los datos la conclusión de que la estasis, interrumpida por el cambio morfológico en los momentos de especiación es la característica fundamental de la historia de las especies o apoyan al gradualismo? En ambos casos, una prueba aceptable requiere:

- a) Que se conozca la filogenia del clado, de modo que podemos identificar qué especies son ancestrales y cuáles derivadas
- b) La especie ancestral sobreviva lo suficiente para coexistir en el registro fósil con las nuevas especies.

Un patrón importante en la historia evolutiva son las estasis, interrumpidas por cambios repentinos asociados con la especiación, pueden ser un modo común de evolución e implica que mucha de las innovaciones morfológicas que aparecen en algunos grupos taxonómicos lo hacen asociadas con sucesos de especiación.

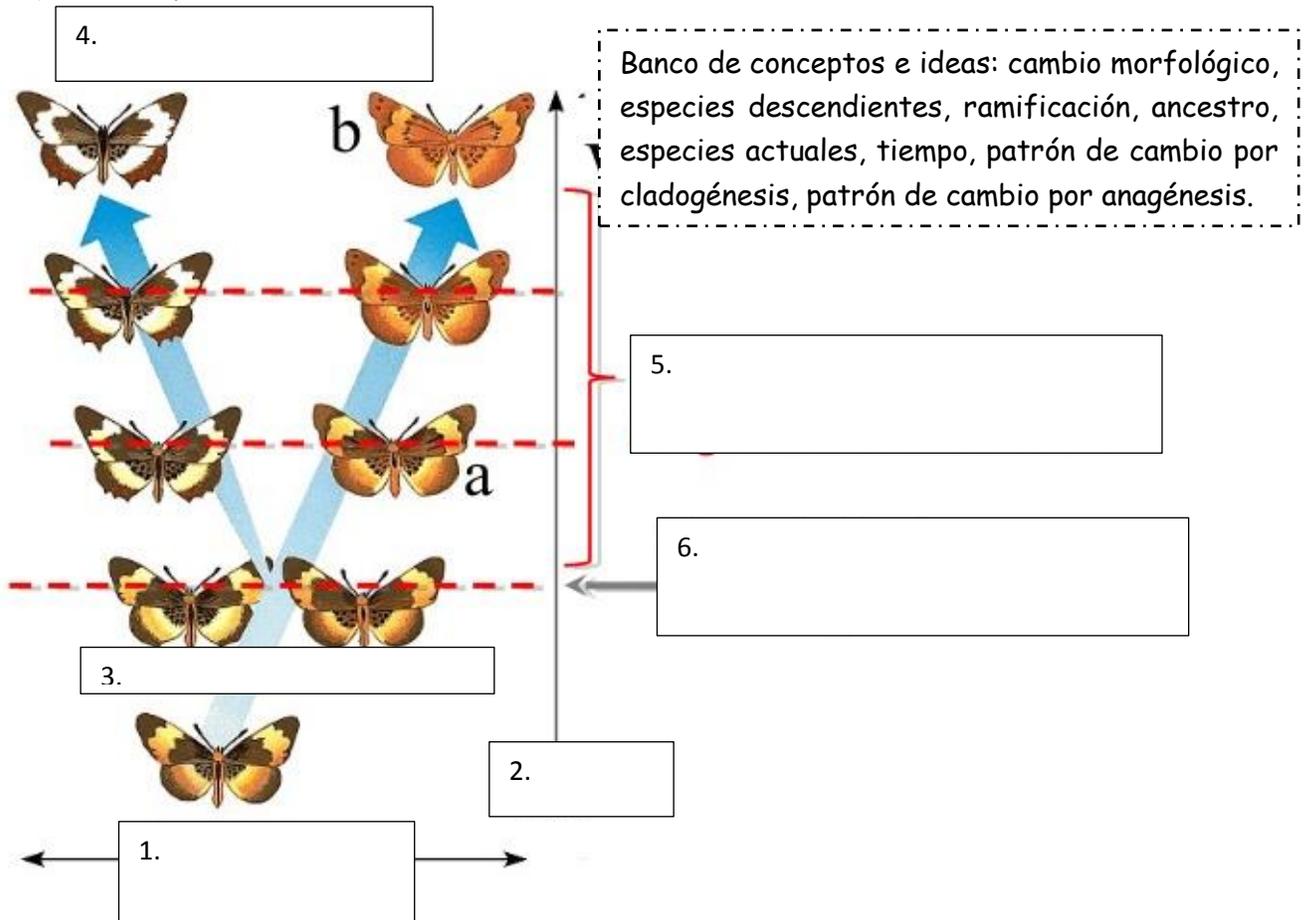
Los resultados del trabajo de John Avise (1994) con los cangrejos cacerola, muestran que ellos muestran tanta variación genética como el clado de los cangrejos rey y ermitaños, a pesar de que han experimentado mucho menos cambio morfológico. Lo que demuestra que la estasis no se produce por falta de variación genética. Por tanto, en los modelos teóricos de la anagénesis y cladogénesis puede existir una correlación, por ejemplo que incluya a la variación genética.

En resumen, la anagénesis y la cladogénesis son dos modelos que muestran patrones de cambio evolutivo en las especies, que ocurren en respuesta a los

cambios de las condiciones ambientales que se han presentado a lo largo del tiempo geológico. Tanto la anagénesis como la cladogénesis conducen a la especiación, pero de forma distinta. La anagénesis muestra el cambio evolutivo de especies que pertenecen a un mismo linaje; y la cladogénesis el cambio evolutivo que divide al linaje provocando su ramificación, es decir, especies distintas a partir de una sola especie. Para la explicación sobre cómo y a qué ritmo se dieron dichos cambios evolutivos se utilizan procesos relacionados a la teoría evolutiva por selección natural y la teoría de los equilibrios puntuados.

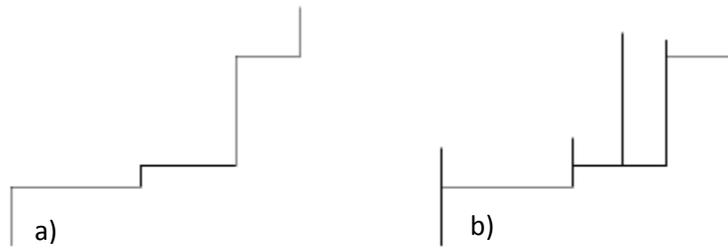
ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Instrucción. En las tres opciones que integran la actividad, lee con atención la información que se te presenta en las imágenes y la situación. Posteriormente responde lo que se te pide.



A. Relaciona la información presentada en la imagen con las oraciones de la derecha, colocando en el paréntesis la respuesta y respondiendo la pregunta final.

B. Con la información del patrón de cambio mostrado en la imagen responde las preguntas siguientes.



1. ¿Por qué los siguientes esquemas podrían representar un patrón de cambio?

2. ¿Cuál es el patrón de cambio que muestra el esquema a? ¿Por qué?

3. ¿Cuál es el patrón de cambio que muestra el esquema b? ¿Por qué?

4. ¿Cuál de los dos patrones de cambio se utilizaría para explicar la siguiente información? ¿Por qué?

“...existen poblaciones de distintos linajes evolutivos en permanente flujo que puede llevar en ciertas condiciones a separaciones de trayectorias evolutivas por reducción del intercambio genético”. (Moreno, J., 2010, p. 40)

C. Lee la siguiente situación:

“Imaginemos una población en la que ciertos miembros colonizan territorios al otro lado de un accidente geográfico como un río caudaloso. El flujo de individuos entre ambos lados del río se hace suficientemente bajo para que en cada población aparezcan rasgos sutilmente distintos por selección natural, social o sexual (por deriva genética inicialmente también si la población colonizadora es escasa). En la población del área de distribución original se está produciendo cambio evolutivo, igual que en la población del otro lado del río.

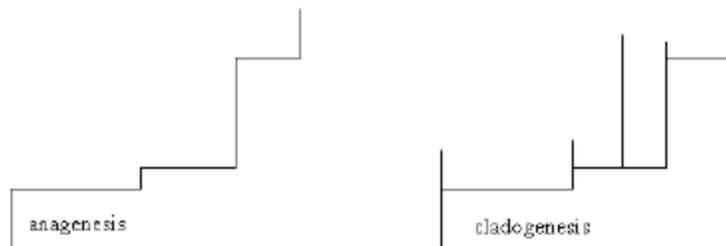
El curso distinto de ambos procesos se debe a la escasez de intercambio genético y a sutiles diferencias en el medio ecológico y social a ambos lados del río. A partir de cierto momento, el intercambio de individuos ya no implica flujo genético por que los individuos de ambas poblaciones no se cruzan entre sí o si lo hacen no tienen descendencia viable. Imaginemos ahora que por causa de un devastador incendio a un solo lado del río, la población del área original se extingue”.

Determina:

1. ¿Qué hechos sobre la especiación distingues?

2. ¿Qué tipo especiación distingues? ¿cuál fue su importancia?

3. ¿Qué tipo de patrón de cambio podría explicarla dicha situación? Tacha la opción.



¿Por qué?

AUTOEVALUACIÓN.

Instrucción. Lee la información de las afirmaciones y coloca en el paréntesis la letra que le dé respuesta.

1. Si un texto menciona "grupo de poblaciones como mariposas o mamíferos como descendientes de ciertas especies denominadas ancestrales (ancestro común)", ¿qué concepto o término está ejemplificando?..... ()

- A) Linaje.
- B) Evolución.

- C) Genealogía.
- D) Filogenia.

2. Se refiere a la regularidad o repetición en la naturaleza que permite establecer comparaciones y ensayar predicciones:.....()

- A) patrones
- B) cambios
- C) evolución
- D) adaptaciones

3. Si se considera a la diversidad biológica como un hecho, así como su organización jerárquica como resultado de las relaciones de ancestría-descendencia entre las especies, ¿qué modelo científico se emplearía para explicarlo? :.....()

- A) Patrón evolutivo.
- B) Macroevolución.
- C) Microevolución.
- D) Evolución.

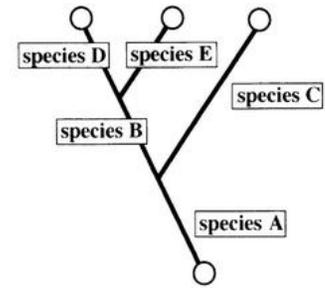
4. Se refiere a la acumulación de diferencias genéticas o fenotípicas entre linajes evolutivos a lo largo del tiempo que da como resultado una variación distinta, por ello, aumenta la diferencia de los linajes evolutivos:.....()

- A) divergencia
- B) genealogía
- C) adaptación
- D) filogenias

5. Modelos científicos que se han originado para explicar los cambios y ramificaciones de los linajes, en ciertos casos como representaciones del cese del flujo de genes entre las poblaciones:.....()

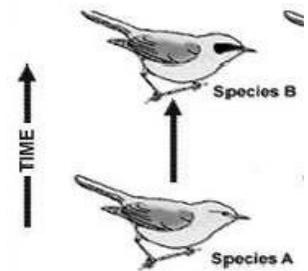
- A) anagénesis y cladogénesis
- B) cladogénesis y genealogía
- C) anagénesis y selección natural
- D) genealogía y selección natural

6. ¿Qué patrón evolutivo se emplearía para explicar el origen de la especie D y E del caso mostrado en la imagen?.....()



- A) Cladogénesis
- B) Anagénesis
- C) Radiación adaptativa
- D) Linaje

7. ¿Qué patrón evolutivo se emplearía para explicar el origen de la especie B en el caso mostrado en la imagen?.....()



- A) Anagénesis
- B) Cladogénesis
- C) Radiación adaptativa
- D) Linaje

8. La evolución de más de 350 especies diferentes de moscas *Drosophila* en el archipiélago hawaiano presumiblemente de una sólo especie inmigrante; o la evolución de unas 20 especies de peces ciprínidos en el Lago Lanao en Filipinas a partir de una especie ancestral única, serían explicados por el patrón de cambio:.....()

- A) Anagenético
- B) Cladogenético
- C) Por especiación
- D) Adaptativo

9. El científico Stuessy en el año 1990 trabajó con la filogenia de las plantas vasculares con flor de las islas Juan Fernández, encontró 123 especies endémicas que compartían un mismo ancestro. El mismo científico y algunos colaboradores, en el año 2006, estimaron 2, 640 especies endémicas de plantas angiospermas (plantas superiores con flor) en un sistema de 13 islas, como es el caso de un archipiélago. Ambos casos derivados de eventos de especiación. Ante los presentes datos y el número de casos donde solo un género representa varias especies en las islas, ¿qué patrón de cambio lo explicaría?()

- A) Anagenético
- B) Cladogenético
- C) Por especiación
- D) Adaptativo

10. Las islas cuentan con nichos vacíos que representan oportunidades ecológicas, la colonización de una población de aves podría tener un particular nicho de alimentación, visible en sus características de peso y forma. ¿De qué otros eventos y procesos evolutivos se apoyaría la anagénesis y cladogénesis para explicar el origen de especies a partir de ésta población de aves?.....()

- A) Variación genética, fuerzas evolutivas y especiación
- E) Fuerzas evolutivas, selección natural y especiación
- F) Diversidad biológica, especiación y selección natural
- G) Especiación, aislamiento reproductivo y diversidad biológica

Respuestas:

1 (A); 2 (A); 3 (A); 4 (A); 5 (A); 6 (A); 7 (A); 8 (A); 9 (A); 10 (A)

BIBLIOGRAFÍA

Vaux, *et al.* (2016). Lineages, splits and divergence challenge whether the terms anagenesis and cladogenesis are necessary. *Biological Journal of the Linnean Society*, 117, 165-176.

Morrone y Escalante (2009).

Awise, J y F. Ayala. (1975). *Genetic Change and Rates of Cladogenesis*. *Genetics* 81: 757-773

Binil, *et al.* (2014). *Explorando patrones en rasgos macroecológicos utilizando regresión secuencial de autovectores filogenéticos*. *Ecosistemas* 23(1):21-26.

Freeman y Herron. (2002).

Moreno, J. (2010). *Taxonomía adaptativa, esencialismo innato y la falsa dicotomía entre anagénesis y cladogénesis*. *Evolución*. 5(2): 37-41.

Tema II: Especie y especiación.

Subtema III: Especiación: concepto y modelos.

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

Conceptos básicos: Especiación, Alopátrica, Simpátrica, Hibridación, aislamiento precigótico, aislamiento postcigótico.

ESPECIACIÓN. CAUSAS Y TIPOS.

La especiación puede definirse como el proceso de formación de nuevas especies por la presencia de barreras reproductivas, las cuales se definen como aquellas características intrínsecas o extrínsecas de los organismos (propias de ellos o del ambiente en que se desarrollan) que impiden o minimizan el intercambio (flujo) de genes entre organismos de poblaciones distintas. La especiación es el proceso que ha originado a lo largo de la vida en la Tierra, la gran diversidad biológica.

¿CÓMO SE ORIGINAN LAS ESPECIES? CAUSAS DE LA ESPECIACIÓN.

Aislamiento geográfico.

Los científicos piensan que es frecuente que el proceso de especiación comience con el aislamiento geográfico: los ríos cambian su curso, las montañas se elevan, existe la deriva continental, los organismos se desplazan o migran; y lo que una vez fue una población continua se divide en dos o más poblaciones más pequeñas (Fig. 13).

Incluso, no es necesario que haya una barrera física, como un río, para separar dos o más grupos de organismos; puede ser simplemente un hábitat desfavorable entre las dos poblaciones lo que impida el apareamiento entre ellas.

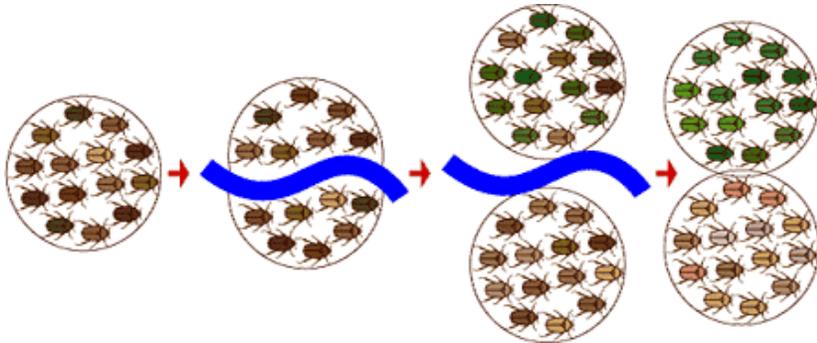


Figura 13. Representación del modo en que las especies se aíslan.
<https://www.sesbe.org/evosite/evo101/VC1aModesSpeciation.shtml.html>
(consulta: 10-06-2018)

Disminución del flujo génico.

Sin embargo, en una población también puede producirse la especiación sin que exista ninguna barrera extrínseca concreta para el flujo génico. Imagina una situación en la que una población se extienda por una amplia área geográfica y el apareamiento en la población no sea aleatorio. La probabilidad de que los individuos de la parte del oeste más alejada se apareen con los individuos de la parte más al este del área de distribución es nula. Por lo tanto, tenemos una disminución del flujo génico, pero no un aislamiento completo. Esto puede constituir el inicio para causar la especiación. Es probable que la especiación también requiera presiones selectivas diferentes en los extremos del área de distribución, que modifiquen tanto las frecuencias génicas de los grupos en los extremos del área de distribución, que esos individuos no podrían aparearse si se reunieran (Fig. 14).



Figura 14. Incluso en ausencia de una barrera geográfica, la disminución del flujo génico a lo largo del área de distribución de una especie puede promover la especiación.

<https://www.sesbe.org/evosite/evo101/VC1aModesSpeciation.shtml.html> (consulta: 10-06-2018)

El punto clave para haya especiación, es la evolución de diferencias genéticas entre las especies recién formadas. Para que un linaje se divida irreversiblemente, las dos especies incipientes deben tener diferencias genéticas que se expresen de alguna forma que haga que no se produzcan apareamientos entre ellas o que, de producirse, sean infructuosos. No hace falta que se trate de enormes diferencias genéticas, un pequeño cambio en el desarrollo cronológico, la localización o los rituales de apareamiento podrían ser suficientes. Lo que es importante y necesario, es que haya alguna diferencia; y estas diferencias o cambios podrían producirse por acción de la selección natural o por deriva genética. Es probable que la disminución del flujo génico desempeñe un papel crítico en la especiación. Los tipos de especiación se clasifican

normalmente de acuerdo a cuánto contribuye la separación geográfica de las especies recientes a la disminución del flujo génico.

TIPOS DE ESPECIACIÓN:

Especiación alopátrica o geográfica. (Fig. 15)

- Se produce un aislamiento geográfico por aparición de una barrera.
- Las poblaciones separadas a ambos lados de la barrera están sujetas a diferentes presiones de selección y divergen genéticamente para adaptarse a ambientes distintos.
- Las poblaciones aisladas geográficamente adquieren algún mecanismo de aislamiento reproductivo.

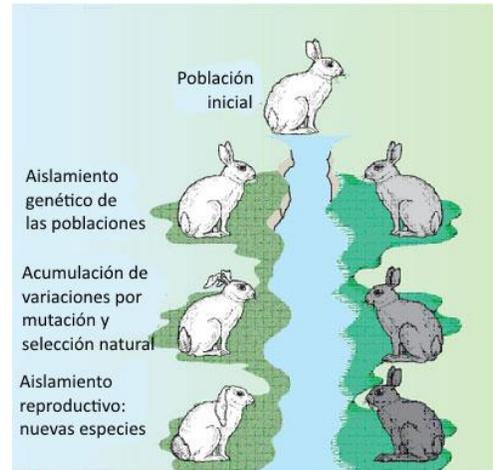
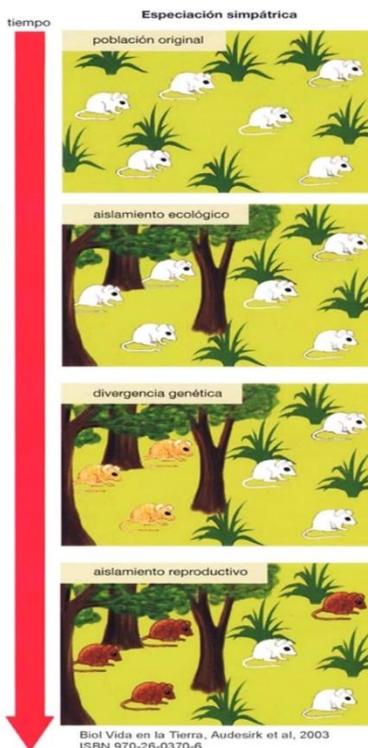


Figura 15. Especiación alopátrica. <http://b-log-ia20.blogspot.com/2015/02/neodarwinismo-o-la-relacion-entre.html> (consulta: 26-06-2018)

Especiación simpátrica. (Fig. 16)



Biol Vida en la Tierra, Audesirk et al, 2003
ISBN 970-26-0370-6

- Ocurre en ausencia de barreras geográficas.
- Implica la divergencia de cierta parte de la población dentro del mismo espacio geográfico.
- Esas poblaciones utilizan nichos ecológicos diferentes (aislamiento de tipo ecológico), y presentan distintos comportamientos (aislamiento etológico).
- Si el aislamiento se mantiene por mucho tiempo, las características de cada población son más evidentes e impiden el flujo génico entre dichas poblaciones.

Figura 16. Representación de la especiación simpátrica en una población de ratas silvestres blancas.

Especiación peripátrica: por cuello de botella o efecto fundador. (Fig. 17)

La especiación peripátrica (también llamada vicariante) es una versión especial del tipo de especiación alopátrica, y sucede cuando una de las poblaciones aisladas tiene muy pocos individuos.

- Una pequeña fracción de una población invade un nuevo territorio o quedan aislados -por ej. deriva génica- (a), por retracción del área de distribución (aislamiento geográfico) (b).

- Intervienen factores estocásticos (aleatorios), mareas, sismos, huracanes, etc.

- La colonia "fundadora" posee una parte de la variación genética de la población original (c). Se produce una rápida transformación genética que conduce a una especiación también rápida. Por lo que el nuevo reservorio génico se expande.

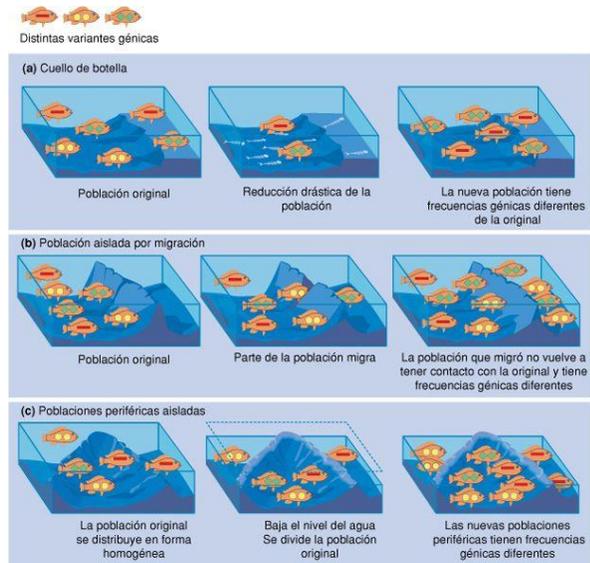


Figura 17. Especiación peripátrica. Etapas en las que se desarrolla una nueva especie.

<http://www.curtisbiologia.com/node/261> (consulta: 10-06-

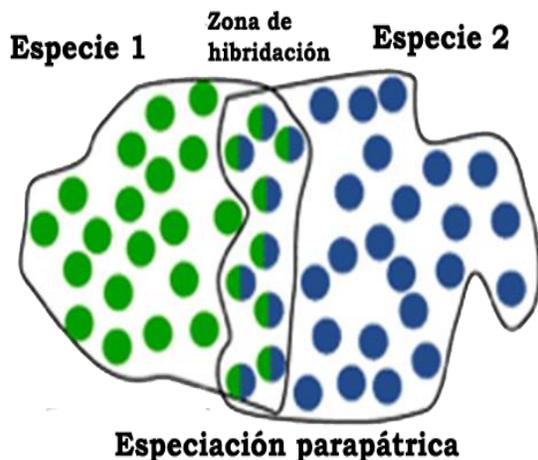


Figura 18. Esquematización de la especiación parapátrica.
<https://www.studyblue.com/notes/note/n/test-2/deck/10273375>
 (consulta: 26-06-2018)

extremos de la población se diferencian más que los miembros centrales (están adaptadas a diferentes ambientes).

Especiación parapátrica. (Fig. 18).

a) En la especiación parapátrica no hay ninguna barrera extrínseca evidente que impida el flujo génico. La población es continua pero, aun así, el apareamiento no es aleatorio.

b) Existe una variación individual a lo largo de un gradiente ambiental en una población ampliamente distribuida.

c) La población presenta divergencias debido a factores aleatorios, como a la selección sexual. Los miembros de los

d) Se restringe el flujo génico entre poblaciones y se produce una fragmentación en semiespecies, adaptadas a condiciones locales.

e) Las semiespecies se diferencian y adquieren aislamiento reproductivo. Las nuevas especies evolucionan a partir de poblaciones contiguas con una zona híbrida intermedia, donde los híbridos no se seleccionan (Fig. 19).



Figura 19. Modelo de especiación parapátrica.

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Parapatric_Speciation_\(process_diagram\).png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Parapatric_Speciation_(process_diagram).png)

Especiación por hibridación y poliploidía

Muchas plantas pueden reproducirse sexualmente, fecundando a otros individuos o a sí mismas, y asexualmente, mediante la creación de clones de sí mismas mediante la reproducción vegetativa, mientras que la mayoría de los animales sólo se reproducen sexualmente. Igualmente, las plantas tienen más opciones en cuanto a la especiación que los animales.

a) **Especiación por hibridación.** Si dos especies recientemente originadas, y con un aislamiento genético aún no completado totalmente, entran en contacto pueden hibridar. Estos híbridos pueden ser de baja eficacia biológica o, por el contrario, mostrar rasgos característicos que sean ventajosos frente a las especies parentales. Así se pueden crear zonas híbridas (semejantes a la que



Figura 20. Hibridación en animales, yegua y burro)

<http://arturolance.blogspot.com/2015/05/especiacion.html> (consulta: 10-06-2018)

representa la figura 20), donde según ciertos criterios de especie, se identifican a estos híbridos como nuevas especies. Incluso algunos de los híbridos pueden desarrollar independencia evolutiva y ser considerados como especies bajo todos los criterios.

En general, la especiación por hibridación es un tipo de especiación ampliamente encontrada entre los vegetales, aunque en éstos organismos se presenta un tipo más de especiación: la poliploidía.

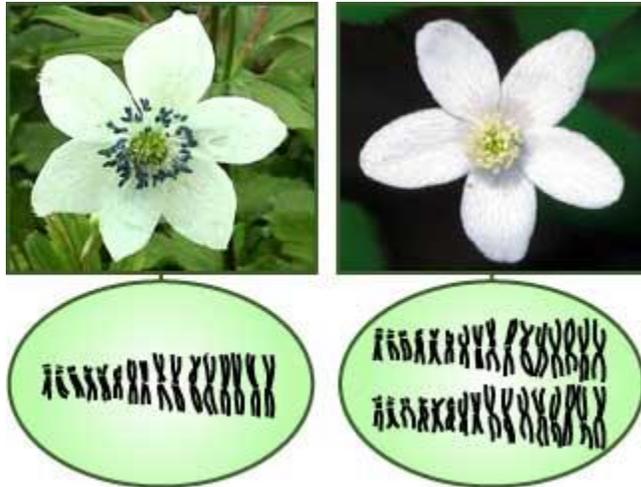


Figura 21. Especiación por poliploidía. Un cambio de ploidía significa, por lo general, la multiplicación del número de cromosomas que tiene la especie por cierto número.
<http://www.sesbe.org/evo101/VCIiSpeciationPlants.shtml> (consulta: 12-06-2018)

b) **Especiación por poliploidía:** En ocasiones, cuando se cruzan dos individuos pertenecientes a distintas especies, la dotación cromosómica se duplica como resultado de la unión de dos gametos que no han experimentado **reducción** del número cromosómico durante la **meiosis**.

El establecimiento de la poliploidía puede originar nuevas especies, porque en estas condiciones los híbridos interespecíficos se pueden reproducir sexualmente entre sí,

pero no con las especies parentales. También se pueden originar nuevas especies a partir de la repetición de copias del genoma de una única especie. (Fig. 21).

MECANISMOS DE AISLAMIENTO

Una especie es un grupo (o población) natural de individuos que pueden cruzarse entre sí, pero que están aislados reproductivamente de otros grupos afines. Por lo tanto, el aislamiento reproductivo es clave en los procesos de **especiación**. En otras palabras, para que se formen nuevas especies es indispensable que las especies ancestrales, que ocupan un espacio y un tiempo determinados, no tengan flujo génico, lo que necesariamente conduce al aislamiento reproductivo. El ambiente puede imponer una barrera externa a la reproducción, como un río o una cordillera, entre dos especies incipientes, pero esa barrera externa por sí sola no las convierte en especies individuales hechas y derechas. La alopatría puede comenzar el proceso, pero es necesario desarrollar barreras internas (con una base genética) para el flujo génico, para que la especiación sea completa. La

especiación requiere que las dos especies incipientes sean incapaces de producir descendencia viable juntas o que eviten aparearse con miembros del otro grupo. Podemos resumir que el **aislamiento reproductivo** es la inhabilidad de dos

Mecanismos aisladores anteriores al apareamiento: toda estructura, función fisiológica o conducta que impide que los organismos de dos poblaciones se apareen	
Aislamiento geográfico	Separación de dos poblaciones por una barrera física
Aislamiento ecológico	Ausencia de cruce entre poblaciones que ocupan distintos hábitats dentro de la misma región general
Aislamiento temporal	Incapacidad de las poblaciones para cruzarse si tienen temporadas de apareamiento significativamente diferentes
Aislamiento de comportamiento	Ausencia de cruce entre poblaciones de animales que difieren en grado considerable en materia de rituales de cortejo y apareamiento
Incompatibilidad mecánica	Incapacidad de los organismos macho y hembra para intercambiar gametos, normalmente porque las estructuras reproductoras son incompatibles
Mecanismos de aislamiento posteriores al apareamiento: toda estructura, función fisiológica o anomalía del desarrollo que impide, una vez que se ha producido el apareamiento, que los organismos de dos poblaciones tengan descendientes vigorosos y fértiles	
Incompatibilidad gamética	Incapacidad de los espermatozoides de una población para fecundar los óvulos de otra población
Inviabilidad del híbrido	Incapacidad de las crías híbridas de dos poblaciones diferentes para sobrevivir hasta su madurez
Infertilidad del híbrido	Menor fertilidad (o esterilidad total) de los descendientes híbridos de dos poblaciones diferentes

especies de aparearse y producir descendencia fértil; y de acuerdo con la definición de especie biológica para poder decir que dos individuos pertenecen a especies distintas se necesita que no se puedan reproducir y tener descendencia fértil. El aislamiento reproductivo es clave en los procesos de **especiación**. En el siguiente recuadro, se resumen los mecanismos de aislamiento reproductivo, anteriores al apareamiento (Precigóticos) y posteriores al apareamiento (Pocigóticos).

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

1. Describe el concepto de especiación.

2. Es el proceso que entre otros factores depende del aislamiento reproductivo y la deriva génica:

- a) Especiación b) Selección c) Extinción d) Adaptación

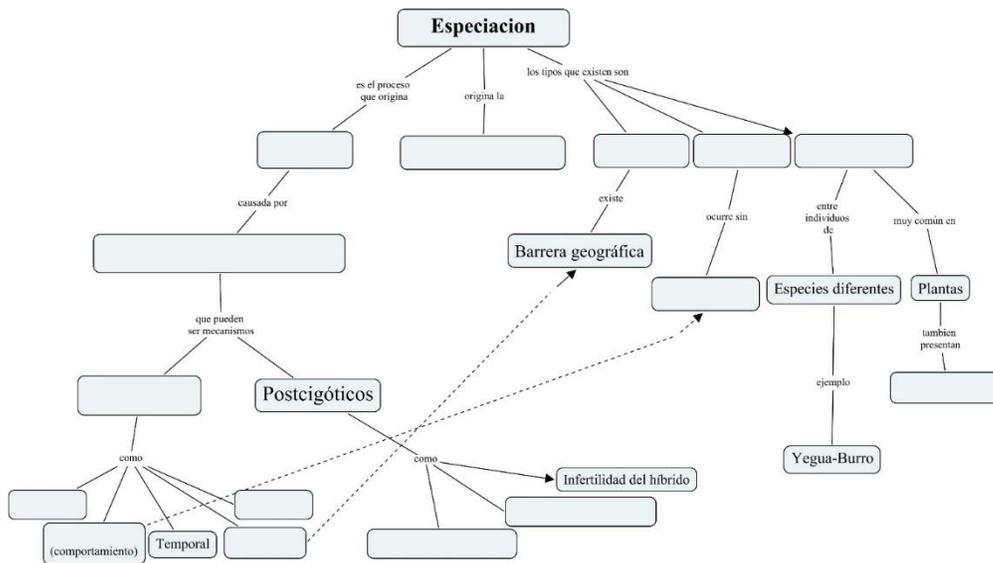
3. En Chiapas se ha reportado la presencia de rana: *Plectrohyla bistincta* y *Plectrohyla acanthodes*, en este sentido la distribución geográfica de ambas ranas se superpone, pero *P. bistincta* se aparea al final del invierno y *P. acanthodes* lo hace al final del verano. Por lo anterior se considera que el aislamiento reproductivo que presentan ambas especies de ranas fue:
- a) Etológico b) Temporal c) Ecológico d) Ambiental

4. En la siguiente imagen se muestran las diferentes especies de pinzones que existen en Ecuador. Donde hay una separación entre el continente y el archipiélago, ¿qué tipo

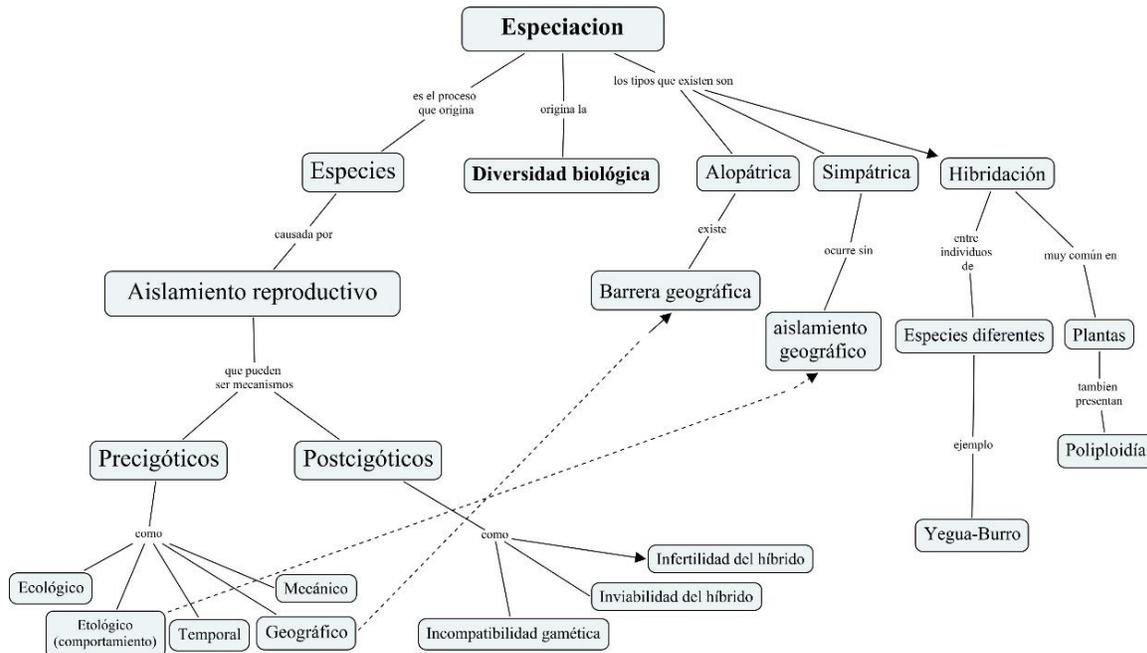


- de especiación se ha llevado a cabo en las Islas Galápagos?
- a) Simpátrica b) Parapátrica c) Alopátrica d) Por Poliploidía

5. **Completa el siguiente mapa conceptual.** Utiliza los siguientes conceptos o palabras clave: Especies, poliploidía, aislamiento reproductivo, aislamiento geográfico, precigóticos, ecológico, mecánico, hibridación, simpátrica, etológico, alopátrica, geográfico, inviabilidad del híbrido, diversidad biológica, incompatibilidad gamética.



Mapa completo



BIBLIOGRAFÍA:

1. Bravo Varas Mario Benjamín (2014). *Tipos y mecanismos de especiación*. En: <http://mariobenjaminbravovaras.blogspot.com/2014/08/tipos-y-mecanismos-de-especiacion.html> (consulta: 26-06-2018)
2. Museo de Paleontología de la Universidad de California (The University of California Museum of Paleontology, UCMP), en Berkeley (2006), <http://www.fcnym.unlp.edu.ar/catedras/taxonomia/Teoricos2014/especiacion2014.pdf> (consulta: 20-06-2018)
3. <https://www.sesbe.org/evosite/evo101/VC1aModesSpeciation.shtml.html> (consulta 16-06-2018)
4. https://tuulavirtual.educatic.unam.mx/pluginfile.php/174023/mod_resource/content/1/Especiacion_modos%20y%20mecanismos%20Cap%2018%20FCO%20Perfectti.pdf (consulta: 26-06-2018)
5. Cuevas, G. E. (2012). Mecanismos de especiación ecológica en plantas y animales. *Biológicas*. Dic. 14(2): 7 - 1. En: <https://www.biologicas.umich.mx/index.php/biologicas/article/viewFile/130/129>

La Biologist Communicating Science. Comunicando Ciencia. Hybrid Speciation. Especiación híbrida Posted on May 8, 2018

6. <http://labiologist.com/hybrid-speciation-especiacion-hibrida/> (consulta: 11-06-2018)
7. https://es.wikipedia.org/wiki/Ernst_Mayr (consulta: 11-06-2018)
8. https://evolution.berkeley.edu/evolibrary/article/0_0_0/evo_43_sp (consulta: 11-06-2018)
9. Perfectti, F. Especiación: Modos y mecanismos. Dpto. Genética. Fac. Ciencias, Universidad de Granada. En: http://www.sesbe.org/sites/sesbe.org/files/recursos-sesbe/especiacion_mod_mec.pdf (consulta: 12-06-2018)

Tema III: Filogenia e historia de la vida.

Subtema I: Extinciones y radiación adaptativa.

Aprendizaje: Relaciona a las extinciones en masa con la radiación adaptativa.

Conceptos básicos: tiempo geológico, radiación adaptativa, extinción, extinción de fondo, extinción masiva

EXTINCIONES Y RADIACIÓN ADAPTATIVA

Hoy en día, se han logrado identificar alrededor de dos millones de especies biológicas. Dentro de estas especies, encontramos una gran gama de estructuras, formas, tamaños y colores. No obstante, a lo largo de la historia de nuestro planeta, cuatro mil seiscientos millones de años, han existido muchas más especies, las cuales se han extinguido o evolucionado. La extinción de especies se ha presentado de manera continua, en el tiempo geológico, aunque se han presentado periodos de extinciones masivas, en tiempo corto. De igual manera, hay evidencias de surgimientos múltiples de especies, casi simultáneos en tiempo geológico, a partir de un grupo ancestral. Estos surgimientos múltiples de especies se conocen como radiación adaptativa.

¿Cuál es la relación entre las extinciones en masa y la radiación adaptativa?

Las extinciones masivas han permitido la diversificación de especies, en diversos ambientes, de grupos ancestrales que han logrado sobrevivir y adaptarse a las condiciones imperantes.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Actividad 1. Conceptos básicos

Instrucciones. Realiza una investigación bibliográfica sobre los siguientes conceptos: Tiempo geológico, extinción, extinción de fondo, extinción masiva, radiación adaptativa. Se sugiere que consultes las fuentes: 1 y 4, de la sección de recursos bibliográficos.

Actividad 2.

Instrucciones. Realiza la lectura, en el anexo, del documento "Las grandes extinciones" de Edward O. Wilson, subrayando las ideas y conceptos principales. Posteriormente, contesta el siguiente cuestionario.

1. ¿Cuáles son las posibles causas de extinción más estudiadas?
2. ¿Qué evidencias hay del meteorito que se cree exterminó a los dinosaurios?
3. ¿Cuáles son las extinciones masivas más importantes?
4. ¿En qué tiempo aproximado se recupera la biodiversidad después de una extinción masiva?
5. ¿Cuál es la causa de la sexta gran extinción?

Actividad 3.

Instrucciones. Analiza la siguiente gráfica y describe en cuáles de las cinco extinciones masivas, existe una estrecha relación con un cambio de temperatura.

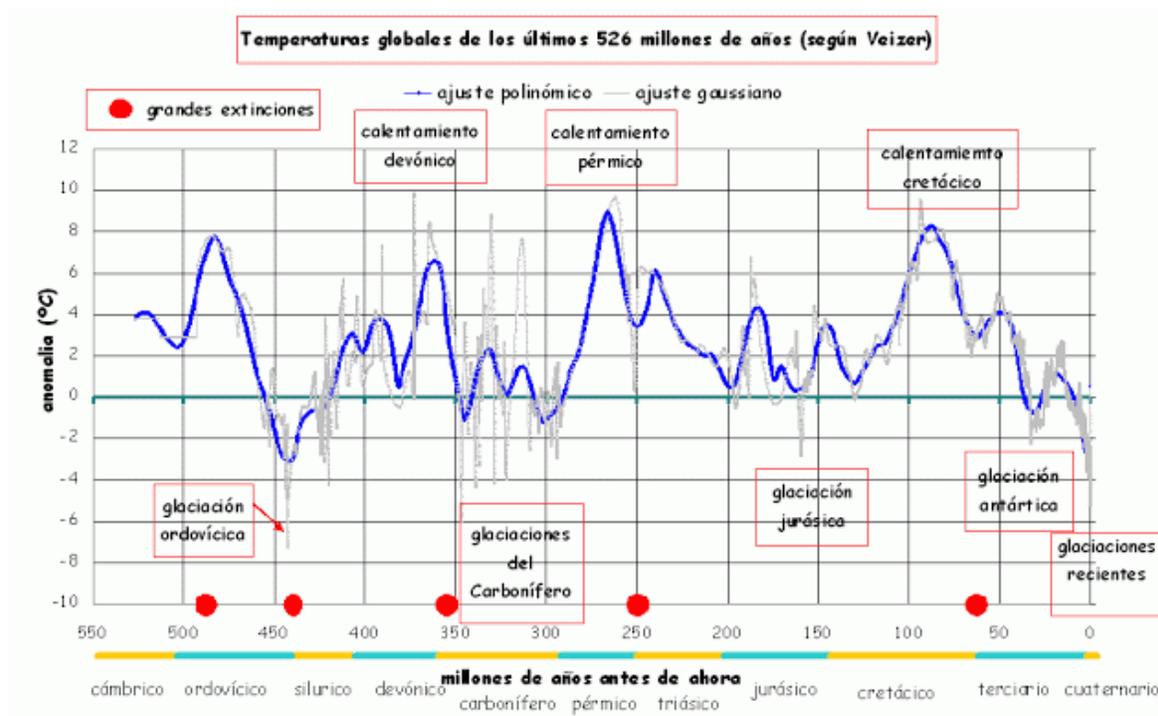


Figura 22. Temperaturas globales de los últimos 526 millones de años (según Veizer)

Actividad 4.

Instrucciones. Realiza la lectura, en el anexo, del documento "Radiación adaptativa. Ejemplo los tiburones" de Edward O. Wilson, subrayando las ideas y conceptos principales. Posteriormente, contesta el siguiente cuestionario.

1. ¿Qué entiendes por radiación adaptativa?
2. ¿Es importante y por qué?
3. ¿A qué se debe que exista la radiación adaptativa?
4. Explica el ejemplo de radiación adaptativa de los tiburones.
5. Define los siguientes términos: divergencia evolutiva y convergencia evolutiva.

Actividad 5.

Instrucciones. Considerando la información del documento "Radiación adaptativa. Ejemplo los tiburones", y la consulta en las fuentes sugeridas en la sección de recursos, correctamente, el siguiente cuadro.

RADIACIÓN ADAPTATIVA	
Menciona, al menos, tres ejemplos de radiación adaptativa	<ul style="list-style-type: none">- Los pinzones de Darwin.- Las aves melíferas de Hawái.- Los mamíferos marsupiales de Australia.- Los peces cíclidos del Lago Victoria en África.- Los tiburones.- Los homínidos (Gibón, orangután, gorila, chimpancé, humano)- Los cetáceos. <p>ÉSTAS SON LAS POSIBLES RESPUESTAS</p>
Son los mecanismos ecológicos o causas que la favorecen	<ul style="list-style-type: none">- Existen nichos ecológicos por llenar.

	<p>-Cambios graduales en factores físicos.</p> <p>ÉSTAS SON LAS POSIBLES RESPUESTAS</p>
Son los mecanismos genéticos involucrados	<ul style="list-style-type: none"> - Mutaciones que generan variabilidad genética -Recombinación genética. -Variabilidad genética. -Variaciones fenotípicas graduales dentro de una especie (clinas). <p>ÉSTAS SON LAS POSIBLES RESPUESTAS</p>
Son los mecanismos evolutivos que la favorecen	<ul style="list-style-type: none"> - Selección natural - Extinción de especies competidoras. - Coevolución. - Especiación <p>ÉSTAS SON LAS POSIBLES RESPUESTAS</p>

Actividad 6.

Instrucciones. Ahora que tienes algunos conocimientos acerca de las extinciones masivas y las radiaciones adaptativas, analiza la siguiente gráfica y describe la relación entre las extinciones en masa y la radiación adaptativa.



Figura 23. Diversidad de la vida en el Eón Fanerozoico.

AUTOEVALUACIÓN.

Instrucción. Elige la opción correcta y anótala en el paréntesis de la derecha.

1. El tiempo geológico se mide en: ()

- A. Años
- B. Siglos
- C. Milenios
- D. Millones

2. Ocurre cuando las especies desaparecen en forma continua y gradual debido al proceso de competencia que se da entre especies: ()

- A. Disturbio natural
- B. Especiación alopátrica
- C. Extinción de fondo
- D. Extinción masiva

3. Las extinciones masivas son aumentos drásticos en las tasas de extinción, que afectan a un gran número de taxa. Ocurren en períodos geológicamente breves y producen una disminución apreciable de la diversidad. Señale un momento del tiempo geológico en el que se produjeron extinciones masivas: ()

- A. Principios del Devónico
- B. Finales del Pérmico
- C. Finales del Cámbrico
- D. Principios del Jurásico

4. Proceso a través del cual un grupo taxonómico expande su diversidad hacia varios linajes, a través de una multiplicidad de procesos divergentes, permitiendo colonizar diversos ambientes o regiones: ()

- A. Convergencia evolutiva
- B. Radiación adaptativa
- C. Divergencia evolutiva
- D. Coevolución

5. Diversificación repentina y explosiva de un grupo de organismo que comparte un mismo ancestro común: ()

- A. Coevolución
- B. Radiación adaptativa
- C. Evolución divergente
- D. Evolución convergente

6. Hacia el final del período Cretácico, en el registro fósil se observa un cambio repentino; en un lapso muy breve en la escala del tiempo geológico desaparecieron los reptiles gigantes, al mismo tiempo se producía, casi inmediatamente, una explosiva diversificación de los mamíferos, la que originó una variedad de marsupiales y unas dos docenas de líneas diferentes de mamíferos placentarios. ¿Cómo se conoce este fenómeno?: ()

- A. Radiación divergente
- B. Radiación adaptativa
- C. Radiación convergente
- D. Radiación cámbrica

7. En la siguiente gráfica, se observa que: ()

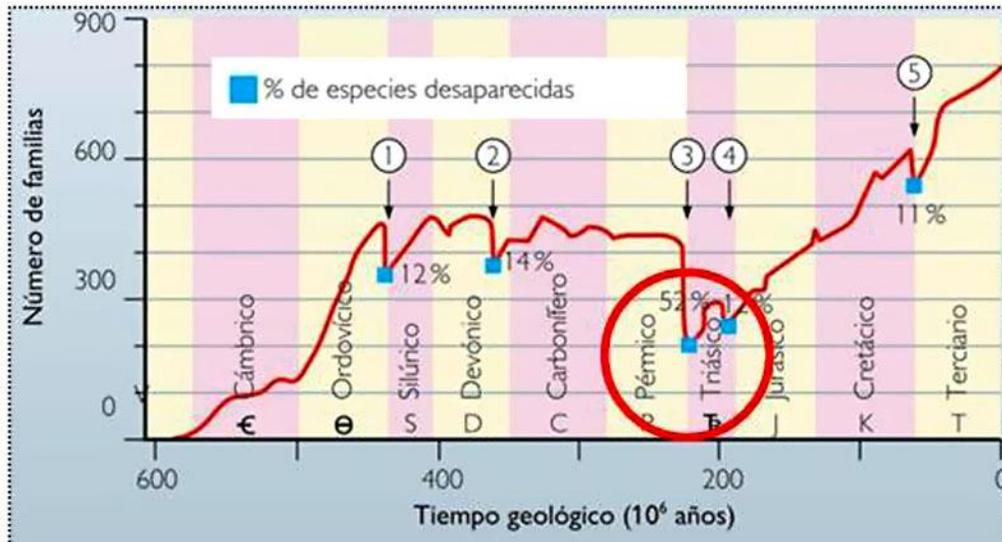


Figura 24. Número de familias en los últimos 600 millones de años.

- A. Actualmente, es menor el número de familias, que hace 600 millones de años.
- B. El porcentaje de especies desaparecidas es mayor en la quinta extinción.
- C. Las cinco extinciones masivas se dieron en un lapso de 600 años.
- D. No obstante, las extinciones masivas, la biodiversidad ha seguido aumentando.

Respuestas:

1 (D), 2 (C), 3 (B), 4 (B), 5 (B), 6 (B), 7 (D)

BIBLIOGRAFÍA.

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.

Wilson E. O. (1997). *La Diversidad de La Vida*. Barcelona: Editorial Crítica. 2. Krakatau (14-21), 3. Las grandes extinciones (22-32), 7. Radiación adaptativa (86-122).

Rohde, R. A. y Muller, R. A. (2005). "Cycles in fossil diversity". *Nature* 434: 208-210

Tema III: Filogenia e historia de la vida.

Subtema II: Árboles filogenéticos.

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

Conceptos básicos: modelo, filogenia, árbol filogenético, ancestro común

ACTIVIDADES

Actividad 1.

Utiliza la bibliografía sugerida para responder las siguientes preguntas.

1. ¿Qué es filogenia?
2. ¿A qué se refiere el término árbol filogenético?
3. ¿Cuál es la razón por la que se dice que un árbol filogenético representa una hipótesis?
4. ¿Qué es una sinapomorfia?
5. ¿Por qué se utiliza comúnmente el enfoque cladístico para la construcción de un árbol filogenético?
6. ¿Cuándo se dice que un grupo es parafilético a que se refiere?
7. ¿Cuándo se dice que un grupo es monofilético a que se refiere?
8. ¿Qué características de un grupo son útiles para construir un árbol filogenético?
9. ¿Existe alguna característica que sea más efectiva para la construcción de un árbol filogenético? ¿Cuál y por qué?
10. ¿Qué significan los conceptos carácter derivado y carácter ancestral?
11. ¿Cuáles son las dificultades en la construcción de árboles filogenéticos?

Actividad 2.

Consulta la presentación que se encuentra en esta dirección electrónica http://media.hhmi.org/biointeractive/click/spanish/Phylogenetic_Trees/01.html?_ga=2.47648295.1086153925.1532400752-393516278.1532400752 y contesta las siguientes preguntas conforme avanzas las diapositivas. Actividad tomada y modificada de: hhmi BioInteractive

1. Explica brevemente la forma en que los científicos infieren relaciones entre organismos con base en características anatómicas compartidas.
2. ¿Cómo se utilizan las secuencias de ADN para inferir relaciones evolutivas?
3. ¿Cuál sería una ventaja de construir árboles filogenéticos utilizando comparaciones de ADN, en lugar de comparaciones de características anatómicas?
4. Mira el video de la diapositiva 3 y dibuja un árbol simple que ilustre las relaciones evolutivas entre los gorilas, chimpancés, humanos y orangutanes.
5. Mira el video de la diapositiva 4. ¿Cómo ha afectado la biotecnología el proceso de construcción de árboles filogenéticos a partir de secuencias de ADN?
6. ¿Qué comparten los organismos que están relacionados evolutivamente?
7. Menciona dos tipos comunes de mutación.
8. Mira la animación de la diapositiva 6 y describe un SNP.
9. Mira la animación de la diapositiva 7 y describe una indel.
10. Explica la diferencia entre relaciones distantes y estrechas, en términos de las secuencias de ADN.
11. ¿Qué significa comparar "manzanas con manzanas" en términos de las secuencias de ADN de organismos diferentes?
12. Mira la animación de la diapositiva 10 y explica qué significa "alineamiento" de secuencias de ADN.
13. ¿Cómo se identifica un SNP en un alineamiento?
14. ¿Cómo se identifica una indel en un alineamiento?
15. Observa la información de la diapositiva 15. De izquierda a derecha, identifica la base dentro de cada recuadro como una *indel* o un *SNP*. Escribe tus respuestas en los espacios proporcionados.
Recuadro 1 (izquierda) _____ Recuadro 2 (centro) _____ Recuadro 3 (derecha) Ahora haz click en cada recuadro y revisa tus respuestas.
16. Observa el video de la diapositiva 17. ¿Cómo puedes identificar las dos secuencias que son más similares?
17. Observa el video de la diapositiva 18 y describe el vínculo entre la longitud de la línea y el tiempo en un árbol filogenético.
18. ¿Por qué se infiere que los hipopótamos y las ballenas están más estrechamente relacionados entre sí que con el resto de las especies en el árbol filogenético mostrado?

19. Define *punto de ramificación* (también llamado *nodo*) en un árbol filogenético y describe lo que representa.
20. ¿Qué es la raíz?
21. ¿Qué representa el nodo más cercano a la raíz?
22. Describe lo que representa un árbol filogenético sin raíz.
23. En las diapositivas 22 y 23, observa cómo pueden los árboles filogenéticos rotar sobre sus nodos y adquirir formas distintas. Nota que las relaciones entre los organismos no cambian.
24. Con la información de la diapositiva 24, explica cómo la evidencia de ADN es consistente con las características biológicas conocidas de los siete caracoles cono.
25. Escribe tres conclusiones obtenidas de la información provista en esta presentación.

Actividad 3.

Realiza el siguiente ejercicio, para ello deberás observar en los momentos que se te indique el cortometraje "Lagartijas en un árbol evolutivo", este lo puedes consultar en la siguiente dirección <https://youtu.be/BFX7mMG0J58>. Actividad tomada y modificada de: hmi BioInteractive.

USANDO SECUENCIAS DE ADN PARA CONSTRUIR ÁRBOLES FILOGENÉTICOS

Introducción

Las más de 700 islas caribeñas son el hogar de alrededor de 150 especies de anolis, un grupo de lagartijas estrechamente relacionadas (género *Anolis*) que viven en diversos hábitats y nichos. La investigación sobre estas lagartijas nos está ayudando a comprender mejor los procesos evolutivos, como la adaptación mediante selección natural, la evolución convergente y el origen de nuevas especies. Además, nos brinda explicaciones acerca de cómo y por qué existen tantas clases diferentes de organismos en la Tierra.

Anolis cristatellus es una especie de anolis común que se encuentra en Puerto Rico (Fig. 25). Se caracteriza por tener, debajo de su garganta, una gaita o papada colorida que utiliza para comunicarse. Estas especies viven en diversos hábitats y presentan considerables variaciones en su tamaño y en otras características físicas evidentes, tales como la longitud de las patas y de la cola.



(Foto cortesía de Luke Mahler, University of California, Davis.)

Figura 25: Distintos anolis tienen características en común

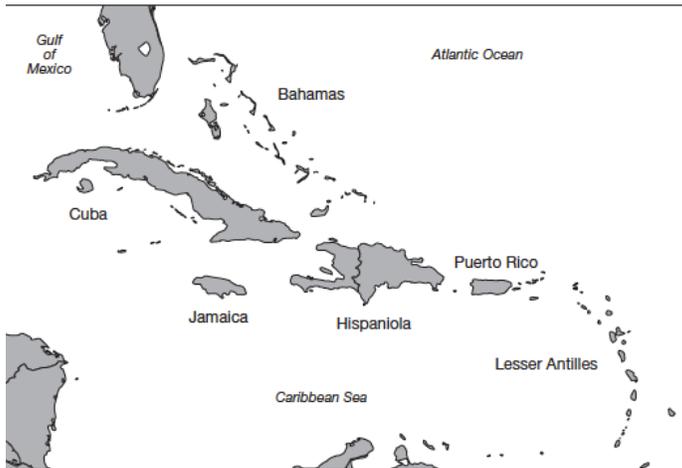
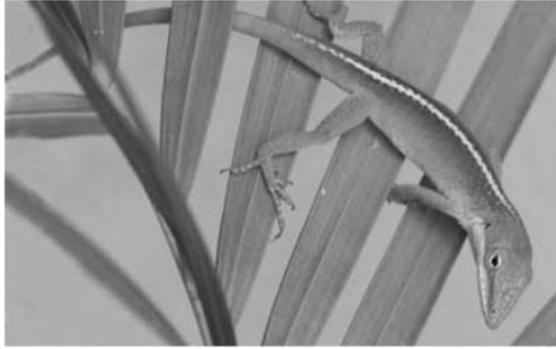
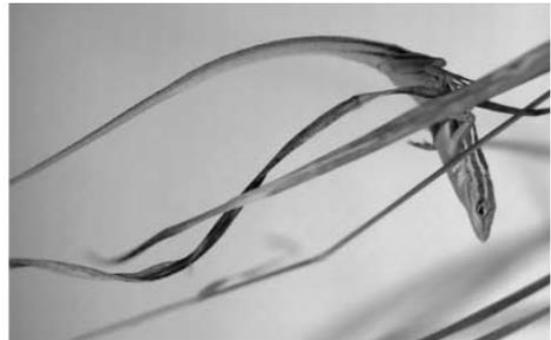
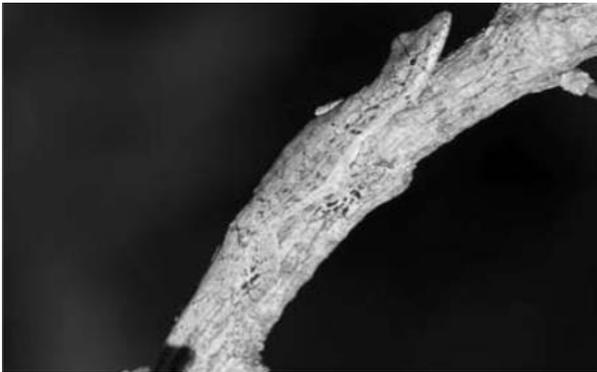


Figura 26: La islas del Caribe son el hogar de los anolis. Las especies de anolis que se pueden observar en la película viven en islas de Cuba, Jamaica, La Española (que abarca Haití y la República Dominicana), y Puerto Rico. (Reproducido con permiso de Losos, J. Lizards in an Evolutionary Tree. UC Press, 2011).

Parte 1: Identificación de Ecomorfos y Exploración de la Radiación Adaptativa de los Anolis.

1. Examina las fotografías de las 16 especies de lagartijas anolis y agrúpalas de acuerdo con su apariencia en tantos grupos como desees.





2. Explica como agrupaste a las lagartijas y las razones para formar los grupos. Si escogiste alguna característica corporal, especula sobre las ventajas o desventajas que esta característica proporciona en el hábitat que ocupan estas especies.
3. Ve la primera parte del cortometraje (hasta el tiempo 09:48, el final del experimento en la pequeña isla).
4. Ahora que tienes más información acerca de los anolis, revisa tus grupos y explica si realizaste algún cambio.
5. Las especies caribeñas de anolis pueden ser categorizadas en seis grupos de acuerdo a las características del cuerpo (morfología) y a los nichos ecológicos que ocupan. Estos grupos son conocidos como morfotipos ecológicos o ecomorfos. En el siguiente cuadro se describen los principales ecomorfos habitados por anolis, analízalo y después contesta: ¿Tus grupos coinciden con los ecomorfos descritos? ¿Por qué si o por qué no?

Cuadro 1: Seis Ecomorfos de Lagartijas Anolis Encontrados en las Islas del Caribe.

Ecomorfo	Longitud Corporal	Longitud de las extremidades	Almohadillas en las patas	Longitud de la cola	Color	Hábitat
Copa-gigante	130-191 mm	Cortas	Grandes	Larga	En general verde	Troncos altos y ramas
Tronco-copa	44-84 mm	Cortas	Muy grandes	Larga	Verde	Troncos, ramas, hojas
Tronco	40-58 mm	Intermedias	Intermedias	Corta	Gris	Troncos
Rama delgada	41-80 mm	Muy cortas	Pequeñas	Corta	Gris	Ramas delgadas
Tronco-suelo	55-79 mm	Largas	Intermedias	Larga	Marrón	Parte inferior del tronco y suelo
Hierba-arbusto	33-51 mm	Largas	Intermedias	Muy larga	Marrón	Arbustos y hierbas

6. Usando el diagrama mostrado a continuación y la información del cortometraje, escoge un ecomorfo y explica cómo las características del cuerpo son adaptaciones de ese ecomorfo a un hábitat en particular.

Parte 2: Generación de una filogenia a partir de secuencias de ADN para determinar las relaciones evolutivas de los Anolis

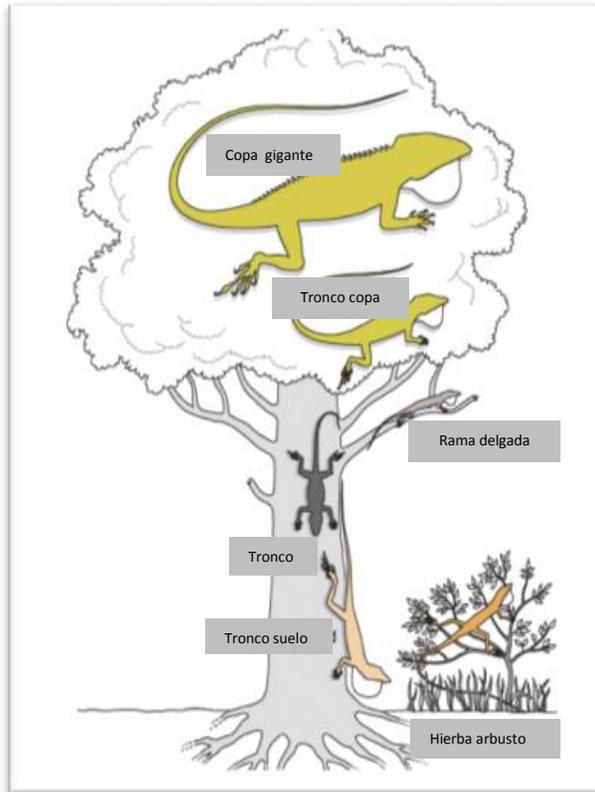
A continuación se muestran dos hipótesis que ayudan a contestar la pregunta: ¿Cómo se explica por qué los ecomorfos similares pueden ser encontrados en cada una de las diferentes islas del Caribe?, ¿cuál de las dos consideras que es más adecuada? Argumenta tu respuesta.

Hipótesis 1: Cada ecomorfo evolucionó en la misma isla y luego migró por canales para establecerse en las otras islas. O

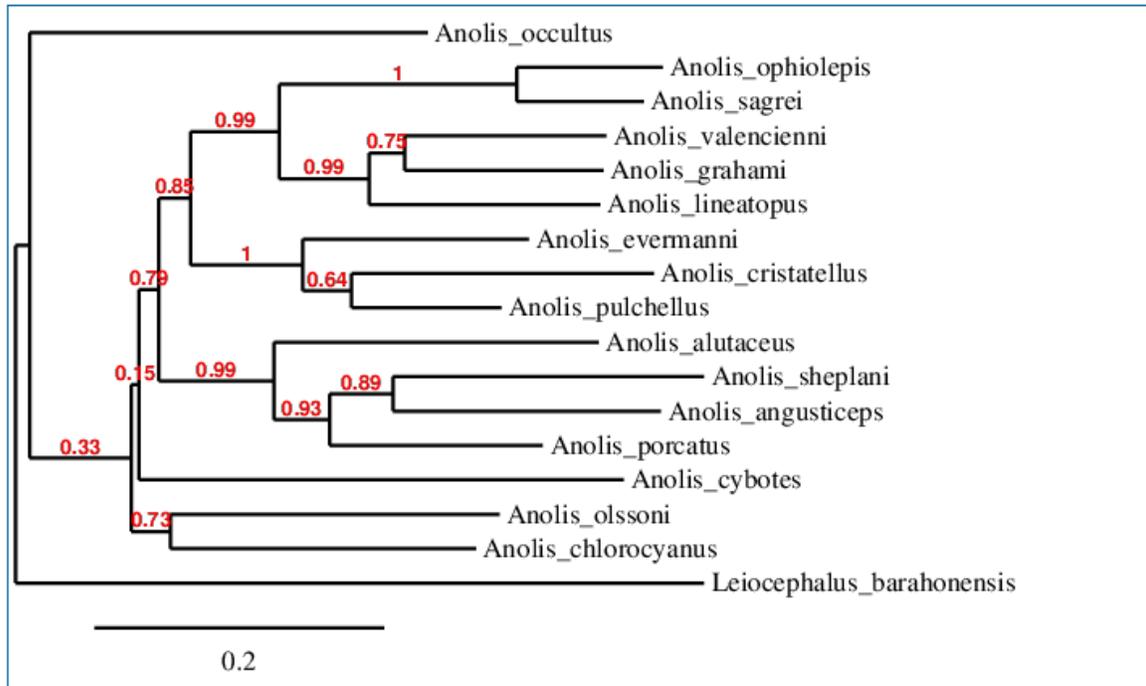
tal vez las islas eran contiguas en el pasado cuando los ecomorfos evolucionaron, y subsecuentemente se separaron. Entonces se esperaría que las especies pertenecientes al mismo ecomorfo estén estrechamente relacionadas entre sí.

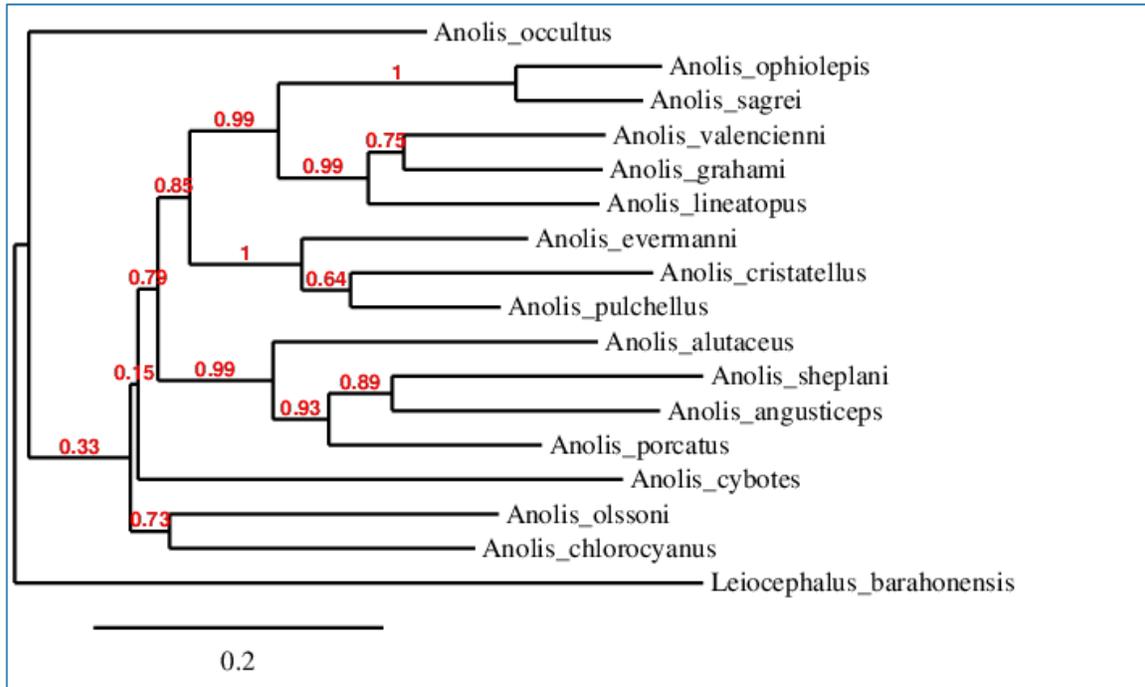
Hipótesis 2: Los ecomorfos evolucionaron repetida e independientemente en cada una de las islas. Los ecomorfos son ejemplos de evolución convergente. (La evolución convergente ocurre cuando diferentes grupos de organismos evolucionan características similares independientemente, al adaptarse a medioambientes similares). En este caso se esperaría que los anolis de cada isla tengan entre sí una relación más estrecha que con especies de otras islas.

Ahora trabajaremos para obtener más información que te ayude a elegir la mejor hipótesis. A continuación, encontrarás un par de árboles filogenéticos idénticos los cuales fueron realizados utilizando las secuencias de ADN de las 16 especies de Anolis que se mostraron en las fotografías. La secuencia utilizada corresponde a una región de ADN mitocondrial que incluye el gen NADH deshidrogenasa-subunidad 2 (ND2) y a cinco genes de ARN de transferencia. Estos genes son lo suficientemente conservados en especies de animales como para ser reconocidos y comparados en especies distantes, y al mismo tiempo son lo suficientemente variables como para tener una secuencia única en cada



especie. Estos genes pueden ser comparados entre especies cercanas para inferir relaciones evolutivas. Genes como estos son también usados para identificar especies con base en sus perfiles de ADN. Además de los anolis, una especie no relacionada, *Leiocephalus barahonensis*, está incluida como grupo externo con el fin de darle una "raíz" al árbol —es decir para proporcionar un nodo que represente un pariente lejano, similar al ancestro a partir del cual las especies en el árbol irradian.





Los números rojos en la filogenia son valores de "bootstrap" y denotan el nivel de confianza asociado con los patrones de ramificación del árbol. Un valor de 1 indica alta confiabilidad; 0 indica no confiabilidad. Valores menores a 0.5 generalmente se interpretan como incertidumbre en un nodo. Ya que el propósito de esta actividad es ilustrar el principio del uso de secuencias de ADN en análisis filogenéticos, no le prestaremos demasiada atención a estos valores.

1. Usa la siguiente lista de especies de lagartijas y colorea los árboles filogenéticos para tener una representación visual de cómo las especies evolucionaron.

Nombre de la Especie	Isla	Ecomorfo
<i>Anolis alutaceus</i>	Cuba	Hierba-arbusto
<i>Anolis angusticeps</i>	Cuba	Rama delgada
<i>Anolis chlorocyanus</i>	La Española	Tronco-copa
<i>Anolis cristatellus</i>	Puerto Rico	Tronco-suelo
<i>Anolis cybotes</i>	La Española	Tronco-suelo
<i>Anolis evermanni</i>	Puerto Rico	Tronco-copa
<i>Anolis grahami</i>	Jamaica	Tronco-copa
<i>Anolis lineatopus</i>	Jamaica	Tronco-suelo
<i>Anolis occultus</i>	Puerto Rico	Rama delgada
<i>Anolis olssoni</i>	La Española	Hierba-arbusto
<i>Anolis ophiolepis</i>	Cuba	Hierba-arbusto
<i>Anolis porcatus</i>	Cuba	Tronco-copa
<i>Anolis pulchellus</i>	Puerto Rico	Hierba-arbusto
<i>Anolis sagrei</i>	Cuba	Tronco-suelo
<i>Anolis sheplani</i>	La Española	Rama delgada
<i>Anolis valencienni</i>	Jamaica	Rama delgada
<i>Leiocephalus barahonensis</i>		Grupo externo

- a) En el primer árbol Colorea cada rama de acuerdo con la isla de origen (Cuba, La Española, Jamaica, o Puerto Rico). Si dos ramas unidas por un nodo son del mismo color, colorea también la raíz de la rama y continúa hacia la izquierda hasta el siguiente nodo.
 - b) En el segundo árbol colorea cada rama de acuerdo al ecomorfo de cada especie.
2. Después de colorear, examina los árboles filogenéticos y contesta las siguientes preguntas.
1. ¿Qué patrones generales ves en el árbol?
 2. ¿Las especies con el mismo ecomorfo se agrupan juntas en el árbol? Describe la evidencia que apoya tu respuesta.

3. ¿Las especies de la misma isla se agrupan juntas en el árbol? Describe la evidencia que apoya tu respuesta.
4. Basándote en los árboles coloreados, escribe una afirmación acerca de si las especies que pertenecen al mismo ecomorfo o las especies que viven en la misma isla están más estrechamente relacionadas entre sí. Justifica tu afirmación con evidencia obtenida de los árboles filogenéticos coloreados.
5. Revisemos las dos hipótesis discutidas anteriormente. Una hipótesis es que cada ecomorfo evolucionó una sola vez. La hipótesis alternativa es que los ecomorfos evolucionaron repetida e independientemente en cada una de las islas. ¿Cuál hipótesis es apoyada por el análisis filogenético? Justifica tu respuesta y explica tu razonamiento.
6. Examina la relación entre *Anolis sheplani* y *Anolis augusticeps*. ¿Encaja esta relación con la hipótesis que escogiste en la pregunta anterior? Explica tu respuesta. Propón una hipótesis adicional que pueda explicar esta relación.

Observa la última parte del cortometraje y contesta:

7. ¿Los resultados coinciden con lo que se muestra en el cortometraje? ¿Cuáles son las similitudes y las diferencias?

Bibliografía

Curtis, H., Barnes, N. S., Schneck, A., y Flores, G. (2000). *Biología*. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.

Hhmi BioInteractive. <https://www.hhmi.org/es/biointeractive>

Imágenes tomadas de: Hhmi BioInteractive. <https://www.hhmi.org/es/biointeractive>

Sadava, D. et al (2008). *Vida, la ciencia de la Biología*. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.

Solomon, E. P., Berg, L. R., & Martin, D. W. (2010). *Biología*. México: Cengage learning.

Starr, C., Taggart, R., Evers, C. y Starr, L. (2009). *Biología, la unidad y diversidad de la vida*. (13a ed.). México: Cengage Learning Editores.

AUTOEVALUACIÓN

1. Filogenia se define como:
 - A. Historia evolutiva de una especie o grupo de especies
 - B. Enfoque filosófico de la evolución
 - C. Tiempos relativos de divergencia entre especies
 - D. Patrones de desarrollo comparables

2. Un carácter derivado es un carácter que:
 - A. Es similar en el cuerpo de los antepasados comunes
 - B. Aparece en un grupo, pero en ninguno de los antepasados de un grupo
 - C. Adopta un grupo de individuos para adaptarse a un hábitat determinado
 - D. Estabiliza la natalidad y mortalidad en un ecosistema

3. Un árbol filogenético es:
 - A. Un carácter presente en varios miembros de un grupo de individuos
 - B. La vía evolutiva más simple para comparar un grupo de clados
 - C. La representación de una hipótesis acerca de la historia evolutiva de un grupo de individuos
 - D. Un grupo de individuos cuyas partes del cuerpo se han modificado de manera diferente

4. La cladística se basa en:
 - A. Que todas las especies comparten ancestros en común
 - B. Los caracteres compartidos para nombrar las especies
 - C. cualquier característica distinguible en un organismo
 - D. Estructuras que se fueron modificando independientemente

5. Los linajes que están más relacionados:
 - A. Tienen estructuras que evolucionaron de manera independiente
 - B. Siempre son considerados grupos hermanos
 - C. Poseen descendientes con caracteres no derivados
 - D. Tienen más similitudes en las secuencias de DNA de sus genomas

6. Los bonobos y los chimpancés son grupos hermanos. Los humanos, los bonobos y los chimpancés comparten un ancestro más reciente que los humanos y los gorilas. Los orangutanes comparten un ancestro con todos estos grupos. Dibuja un árbol filogenético que represente estas relaciones.

Respuestas

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

CONTENIDO TEMÁTICO

UNIDAD II.

¿POR QUÉ ES IMPORTANTE EL CONOCIMIENTO DE LA BIODIVERSIDAD EN 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.

Introducción a la unidad.

En la asignatura de Biología IV, se considera que el objeto de estudio, es decir los sistemas biológicos, deben ser analizados desde una visión integral tomando, como eje estructural de los contenidos temáticos y los aprendizajes, a la biodiversidad. Por esta razón, su estudio inicia con la comprensión de que la biodiversidad es resultado de los procesos evolutivos. De esta manera, se pretende estudiar la caracterización de la diversidad de nuestro país, para comprender que es necesaria su conservación a través de diversas estrategias y el uso responsable de los recursos bióticos en la sociedad moderna.

Por ello, la segunda unidad, se centra en el estudio de la biodiversidad, en relación con su distribución e importancia en nuestro país para poder valorar la necesidad de su manejo y conservación. En congruencia con ello, las actividades de la presente guía inician con la Caracterización de la biodiversidad a través de los niveles y patrones de la biodiversidad y los tipos de diversidad. El siguiente tema, las actividades refieren a la Biodiversidad de México que incluye el estudio de los factores que explican su Biodiversidad, su regionalización, los factores que la afectan, su uso y conservación así como su importancia.

UNIDAD II

¿POR QUÉ ES IMPORTANTE EL CONOCIMIENTO DE LA BIODIVERSIDAD EN MÉXICO?

Tema I. Caracterización de la biodiversidad

Subtema: Niveles de Biodiversidad.

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

Conceptos básicos: Gene, especie, población, comunidad, ecosistema, biosfera, bioma, ecosistemas.

NIVELES DE BIODIVERSIDAD

La biodiversidad es la variedad de formas de vida en la tierra y sus interacciones representan tanto el desenlace como la continuidad del proceso evolutivo, su presencia es el atributo distintivo de nuestro planeta. Hoy en día, existe una tendencia a equiparar los términos de diversidad biológica o biodiversidad con el número de riqueza de especies, lo cual es una idea correcta pero incompleta, es importante señalar que cuando hablamos de diversidad biológica no se refiere sólo a la cantidad de especies que se conocen. ¿por qué? sencillamente porque encontramos variación o diversidad por encima y por debajo del nivel de especies, esto es, entre los individuos que conforman una especie, y en la forma en que diferentes especies se congregan en el espacio. Por tanto, para fines prácticos diremos que la diversidad de especies es el número de especies diferentes que conviven en un área geográfica determinada. Generalmente se hace referencia a la riqueza de especies de un grupo o taxón particular; por ejemplo, se habla de la riqueza de especies de pinos o de la riqueza de especies de vertebrados. Ahora bien, se reconocen tres niveles de biodiversidad: genética, ecológica y biogeográfica.

NIVEL GENÉTICO DE BIODIVERSIDAD.

La variabilidad genética o diversidad genética en sentido amplio es el componente más básico de la biodiversidad y se define como las variaciones heredables que ocurren en cada organismo, entre los individuos de una población y entre las poblaciones dentro de una especie. El resto de la biodiversidad se

deriva de los procesos evolutivos que operan sobre esas variaciones. De ahí que su conocimiento y comprensión sea de vital importancia tanto para la conservación y el avance de la genética evolutiva, como para la salud pública, la sustentabilidad y la productividad agrícolas, pecuarias, pesqueras y forestales, la domesticación y la biomedicina. Específicamente, este conocimiento puede ser utilizado en varias vertientes: a) evaluar la capacidad de respuesta de las poblaciones y especies ante los cambios ambientales naturales o provocados por las actividades humanas conscientes o inconscientes; b) evaluar los riesgos de la pérdida de especies, poblaciones y recursos genéticos que disminuyen nuestra capacidad de sobrevivencia como sociedad y como especie; c) conocer la riqueza genética de la nación y su distribución geográfica; d) planear las estrategias de aprovechamiento y conservación de poblaciones, especies y recursos genéticos; e) entender la forma, la velocidad y las causas de la pérdida de la diversidad genética; f) evaluar los riesgos de introducción de enfermedades, plagas, especies invasoras, variedades mejoradas y modificadas genéticamente sobre las poblaciones, especies nativas y recursos genéticos de plantas animales y humanos.

Con base en lo anterior, se puede inferir que muchas de las especies mexicanas tienen una alta diversidad genética o cuando menos equiparable a la de otras partes del mundo. Por ejemplo, algunos grupos, cuyos centros de diversificación y de domesticación están en nuestro país, son especialmente diversos. Sin embargo, no es posible hacer una generalización al respecto ya que, como se corroborará a continuación, los parámetros de genética de poblaciones dependen de la biología, la historia evolutiva y la práctica de manejo del organismo. Sin embargo, sin duda alguna los estudios de diversidad genética en especies mexicanas brindan datos importantes para su conservación y para el estudio de la evolución.

Hasta ahora la mayoría de los estudios de diversidad genética de México se han enfocado en el acceso a recursos genéticos y beneficios y participación justa, pero no se había considerado su importancia como componente de la diversidad

y base de la evolución. La diversidad genética desempeña un papel crucial en la viabilidad de las especies, su conservación y su uso potencial.

Por otro lado, los estudios de genética de poblaciones pueden revelar la historia evolutiva del grupo, encontrar evidencias de cuellos de botella y brindar otros datos filogeográficos útiles para la conservación. Los cuellos de botella son un indicador de pérdida de diversidad genética y por ende una amenaza para la conservación. Por lo anterior se debe prestar atención a las especies que a pesar de estar aumentando en número no han recuperado su diversidad genética, como es el caso del elefante marino. En otros casos, como el de la vaquita marina, el riesgo es mucho mayor porque no ha habido ni siquiera una recuperación demográfica

NIVEL ECOLÓGICO DE BIODIVERSIDAD.

Teniendo en cuenta que la unidad básica de estudio de la ecología es el ecosistema, no podíamos pasar por alto la necesaria relación que tiene la diversidad biológica con los ecosistemas puesto que es allí en donde se manifiestan los organismos vivos, como el escenario, el hábitat, de las poblaciones y sus comunidades. Pero esa condición de espacio vital no es homogénea en todos los lugares, puesto que está condicionado a una serie de componentes estructurales y funcionales que hacen posible su diferencia; como lo son las cadenas tróficas, su participación en los ciclos biogeoquímicos y las condiciones adecuadas para lograr su equilibrio u homeostasis. Así mismo, para su estructura y composición se tiene en cuenta el origen del suelo y su fertilidad, las condiciones climáticas (Temperatura, altura sobre el nivel del mar, radiación solar, la humedad relativa), su evolución biológica y el grado de intervención humana que hubiese recibido a través de su historia. Por tanto, la biodiversidad ecológica incluye las comunidades interdependientes de especies y su entorno físico. No existen definiciones precisas sobre los límites que puede tener un ecosistema o un hábitat, se consideran por ejemplo sistemas naturales grandes como los manglares, los humedales o los bosques tropicales, y también se incluyen los ecosistemas agrícolas que tienen conjuntos de plantas y animales que les son propios, aun dependiendo de la actividad humana. Los ecosistemas presentan una

diversidad interna que está contenida en la biodiversidad ecológica o ecodiversidad. A esta última Neiff (2001) se refiere como la variedad de parches (tamaño, forma y contexto) que caracteriza a un patrón de paisaje e incluye aspectos de la vegetación, suelo, drenaje, áreas urbanas, etc.

NIVEL BIOGEOGRÁFICO DE BIODIVERSIDAD

El nivel biogeográfico, por ejemplo, las regiones biogeográficas es uno de los niveles más altos de la jerarquía biogeográfica, seguida del nivel de la superficie de la tierra, y donde el nivel más bajo es el molecular. Incluso, dentro de un sistema de áreas naturales definidas por características ambientales e interacciones ecológicas; por ejemplo, en las ecorregiones, la región biogeográfica es el nivel inmediato superior a ellas, seguido de los tipos generales de hábitat, los ambientes terrestre y marino están en el nivel más alto (Escalante, 2009)

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

- I. A partir de la lectura anterior, contesta las siguientes preguntas:
 1. ¿cómo se define a la biodiversidad?
 2. ¿por qué razón no es equiparable hablar de biodiversidad y riqueza de especies?
 3. ¿cómo se define la biodiversidad genética?
 4. Mencione tres aspectos por los que es importante la biodiversidad genética.

5. ¿cómo se puede utilizar el conocimiento del nivel genético de la biodiversidad?
 6. Mencione uno de los indicadores de la pérdida de Biodiversidad.
 7. Mencione los dos ejemplos, que se ilustran en la lectura, de poblaciones en peligro de extinción por no haber recuperado su diversidad genética.
 8. ¿por qué los ecosistemas están considerados como el espacio vital de las poblaciones?
 9. ¿qué componentes determinan el equilibrio u homeostasis en los ecosistemas?
- II. Elabore un mapa mental utilizando los siguientes conceptos: Biodiversidad, Evolución, Especies, nivel genético, nivel ecológico, nivel biogeográfico, poblaciones, comunidades y conservación.

AUTOEVALUACIÓN.

Subraya la opción correcta.

1. Es la variedad de formas de vida en la tierra y sus interacciones representan tanto el desenlace como la continuidad del proceso evolutivo.
 - a) Megadiversidad
 - b) Biodiversidad
 - c) Diversidad alfa
 - d) Diversidad beta

2. Un indicador de pérdida de la biodiversidad en las poblaciones es:
- Flujo génico
 - Cuello de botella
 - Migración
 - Mortalidad
3. Son ejemplo de _____ los manglares, los humedales o los bosques tropicales.
- Ecosistemas
 - Hábitat
 - Comunidades
 - Poblaciones
4. El nivel más alto de organización de la biodiversidad es:
- Genético
 - Ecológico
 - Molecular
 - Biogeográfico

Respuestas: 1. b; 2. b; 3. a; 4. d.

BIBLIOGRAFIA:

Escalante, T. 2009. Un ensayo sobre regionalización biogeográfica. Revista Mexicana de Biodiversidad 80:551-560.

Piñero, D., et al. (2008). La diversidad genética como instrumento para la conservación y el aprovechamiento de la biodiversidad: estudios en especies mexicanas, en Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México, pp. 437-494.

PÁGINAS ELECTRÓNICAS CONSULTADAS:

<http://www.bantaba.ehu.es/formarse/ficheros/view/biodiversidad-generalidades-documento-4.pdf?revision%5Fid=80446&package%5Fid=80300>

<https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/4770/biodiversidad.pdf>

Tema I. Caracterización de la biodiversidad

Subtema: Patrones de la biodiversidad.

Aprendizaje: Contrasta los patrones taxonómicos, ecológicos y biogeográficos de la biodiversidad.

Conceptos básicos: Biodiversidad, especie, clasificación, especie taxonómica, especie biológica, evolución, biogeografía, bioma, ecosistemas, topografía, clima, orografía, fauna, flora

PATRONES DE LA BIODIVERSIDAD.

Se denomina biodiversidad a la existencia de distintas formas de seres vivos en la tierra. Esta circunstancia se debe fundamentalmente a la existencia de distintos entornos tanto a nivel espacial como a nivel temporal que fueron estimulando la supervivencia de aquellos organismos que mejor se adaptaban a ellos. En la actualidad la biodiversidad, esto es, la existencia de distintos seres vivos adaptados a distintos entornos, es de una enorme complejidad y es por ello por lo que debe comprenderse con profundidad los efectos que la mano del hombre pueda tener en algún tipo de actividad que afecte a una especie.

La necesidad surgida a principios de los años 90 de estudiar la biodiversidad y salvaguardar el patrimonio biótico del planeta y sus espacios (países, regiones, localidades, etc), llevo a replantearse el significado normal de las ramas de la biología encargadas de atender estos temas. Estas son la taxonomía, la biogeografía y la ecología.

Se ha logrado establecer que el estudio regional de la biodiversidad puede hacerse con base a patrones taxonómicos, biogeográficos, y ecológicos, siendo graduales en el orden mencionado, ya que cada uno de ellos brinda información específica. Por ejemplo, podemos realizar un listado de especies para toda la Tierra; pero por la ubicación geográfica de un sitio específico, ésta lista se restringiría estrictamente a las especies de esa región biogeográfica, y esta se podría restringir aún más si hablamos de un ecosistema específico. Para poder contrastar cada uno de los patrones antes mencionados, se definirán cada uno de ellos.

LOS PATRONES TAXONÓMICOS.

Un primer conjunto de patrones puede detectarse de manera no espacial, es decir, puede determinarse por el número de especies, por grupos llamados taxones, y por sus relaciones entre ellos. A estos se les denomina, patrones taxonómicos.

Podríamos citar la riqueza mundial de especies para ciertos grupos taxonómicos, esto representaría el patrón de biodiversidad taxonómico para el mundo, pero del mismo modo podríamos hacerlo para un continente, país, estado o región.

Para estudiar a los organismos, los biólogos deben nombrarlos. La rama de la biología que se encarga de nombrar y clasificar los organismos se conoce como taxonomía. La base de la taxonomía moderna la estableció el naturalista sueco Carl von Linné Carlos Linneo, uno de los logros más importantes de Linneo fue la introducción del nombre científico, tal y como se conoce actualmente.

El nombre científico de un organismo designa su género y su especie. Un género es un grupo que incluye algunas especies estrechamente emparentadas; cada especie perteneciente a un género incluye poblaciones de organismos que potencialmente pueden reproducirse en condiciones naturales.

El sistema de clasificación de Linneo llegó a incluir ocho categorías principales, o categorías taxonómicas: dominio, reino, filum, clase, orden, familia, género y especie. Puesto que las categorías forman una jerarquía anidada, cada dominio contiene algunos reinos; cada reino contiene diversos fila; cada filum incluye varias clases; cada clase incluye algunos órdenes; y así sucesivamente. Conforme se desciende en la jerarquía, se incluyen grupos cada vez más pequeños.

LOS PATRONES BIOGEOGRÁFICOS.

Como su nombre lo indica, la biogeografía es una disciplina que se enfoca en el estudio de dos variables en particular, con sus respectivas relaciones: el espacio terrestre y los seres vivos. Esta conjunción de tópicos se orienta por lo tanto a considerar a forma en que esos seres vivos se distribuyen a lo largo del planeta. Por otro lado, la biogeografía intenta explicar el motivo de esta distribución, como las circunstancias del pasado que hayan podido influir, trazando en lo que respecta al futuro un margen de especulación. Todas estas consideraciones, cabe

señalarlo, distan de ser abstractas, buscan ante todo comprender la forma en que esta distribución podría afectar al hombre desde alguna perspectiva.

En la actualidad, esta disciplina se enfoca en los postulados que señala la evolución, aquellos que en términos concisos entienden que los seres vivos sufren mutaciones aleatorias que algunos casos pueden significar una ventaja en lo que respecta a la adaptación al ambiente. Estos casos que implican una adaptación son los que tenderán a traspasar a las futuras generaciones los genes involucrados. Toda la vida biológica que podemos encontrar en la tierra se deriva por lo tanto de una primera entidad biológica que fue reproduciéndose y mutando en una pluralidad cada vez más extensa.

Podemos entender según lo expuesto el motivo de la gran variedad de seres vivos que encontramos en el planeta. Toda esta variedad depende en buena medida de la cantidad de ambientes que encontramos en la Tierra. El clima, el medio, las circunstancias geográficas son elementos que inciden en el hecho de favorecer las distintas características que podemos observar en los seres vivos.

Otro aspecto por considerar en lo que respecta a la distribución de las poblaciones de organismos son los mismos organismos. En efecto, hasta ahora hemos considerado aspectos abióticos, pero lo cierto es que la interacción que los seres vivos tienen entre sí contribuirá en buena medida a su distribución sobre el planeta. El hecho de que algunos animales tengan depredadores o carezcan de los mismos, por ejemplo, puede hacer que se extiendan más o tengan una población mucho más reducida. Por otro lado, estas interacciones contribuyen también a nuevas adaptaciones que a su vez harán que exista otro factor para la generación de nuevas especies.

Los estudios de biogeografía han podido establecer zonas biogeográficas con base a su homogeneidad en cuanto a la flora y fauna que se presenta. Aunque existe cierta diversidad en cuanto a estas zonas o reinos biogeográficos, nos referiremos aquí al sistema, que divide a la Tierra en siete reinos o regiones; a

saber: Paleártico, Neártico, Etiópico, Neotropical, Oriental, Australiano y Oceánico (Figura 27).

En cada una de estas regiones existen especies típicas. Por ser más conocidos, ejemplificaremos con los mamíferos. Existen en la actualidad 86 familias de mamíferos de las cuales 4 son cosmopolitas (que tienen distribución casi planetaria); éstas son la familia *Muridae* (ratas y ratón casero), *Leporidae* (conejos y liebres) y *Canidae* (lobos y perros). La familia del hombre no se considera por razones obvias, ni los murciélagos (Orden Quiróptera), por ser mamíferos voladores con gran capacidad de dispersión y distribución cosmopolita. 30 familias más se presentan en dos o más regiones y 50 son endémicas (se presentan en una sola región o reino).

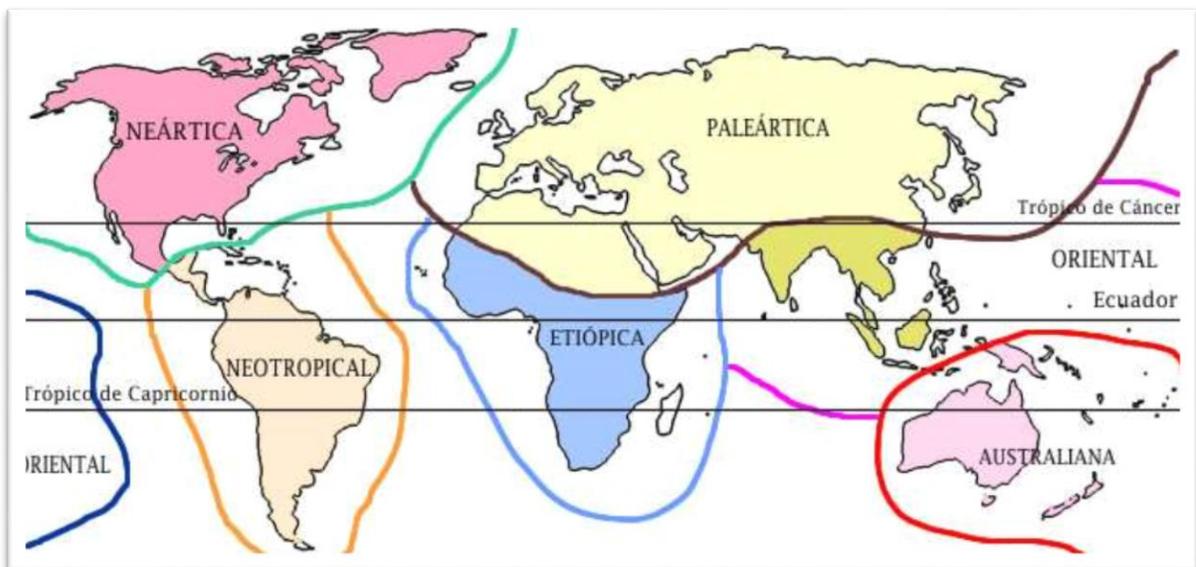


Figura 27. División de regiones biogeográficas

LOS PATRONES ECOLÓGICOS.

Una población está conformada por todos los miembros de una especie particular que viven dentro de un ecosistema. En la Isla de Pascua, por ejemplo, las palmeras, los arboles hau hau y los arboles toromiro constituían cada uno una población diferente. Sin embargo, las poblaciones no existen en aislamiento y

cada una forma una parte integral de una comunidad más grande, definida como un grupo de poblaciones en interacción. Las comunidades, a su vez, existen dentro de ecosistemas, que incluyen todos los factores bióticos (componentes vivientes) y los abióticos (no vivientes) de un área geográfica definida. Un ecosistema puede ser tan pequeño como un charco o tan grande como un océano; puede ser un campo, un bosque o una isla. La biosfera puede verse como el enorme ecosistema que abarca toda la superficie habitable de la Tierra. La ecología (del griego *oikos*, que significa "un lugar para vivir") es el estudio de las interrelaciones entre los organismos y de éstos con su medio ambiente. Esta unidad de ecología comienza con un vistazo general de las poblaciones.

Los estudios de los ecosistemas no alterados muestran que algunas poblaciones tienden a permanecer relativamente estables en tamaño con el tiempo, mientras que otras fluctúan en un patrón más o menos cíclico, e incluso otras más varían de manera esporádica en respuesta a variables ambientales complejas. Los siguientes elementos por considerar son las poblaciones y la comunidad, así como las redes tróficas y los ciclos biogeoquímicos.

En la práctica, no siempre es fácil determinar los límites espaciales de un ecosistema. En el caso de un lago, los límites son muy evidentes, pero un bosque, un pastizal o un chaparral, tienen sus límites muy difusos. El término ecotono sirve para referirse a una zona de transición entre ecosistemas.

Al estudiar la biodiversidad desde un punto de vista ecológico, se encuentran ciertos patrones que obedecen a factores geográficos como la latitud y la altitud, así como a factores climáticos, orográficos e hidrológicos. Adicionalmente, los fenómenos de convergencia y paralelismo permiten encontrar paisajes relativamente parecidos en zonas geográficamente muy distantes por el nicho ecológico que ocupan sus formas vivientes. Por ejemplo, la sabana africana y la pampa sudamericana presentan organismos de especies diferentes, pero con nichos ecológicos similares. Lo mismo ocurre con las zonas alpinas, los bosques tropicales y templados, así como con los desiertos cálidos y fríos (Ver Figura 28).

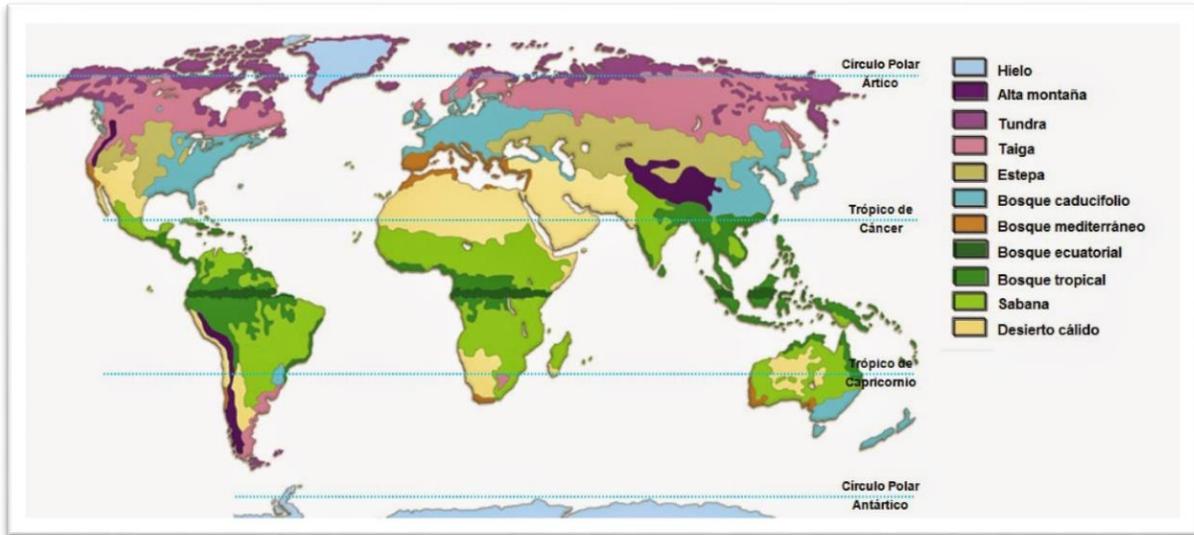


Figura 28. **Distribución de los biomas terrestres principales.** Aunque los biomas terrestres se ilustran con límites claros en esta figura, los biomas reales muestran una transición gradual entre sí y a veces a través de áreas relativamente grandes.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Instrucciones: Elija la opción que completa correctamente la siguiente afirmación.

1. Si realizas una investigación en una comunidad y consideras el patrón de distribución taxonómico, ¿En qué grupo se ubicará la mayoría de las especies que encuentres?
 - a) Mamíferos
 - b) Platelmintos
 - c) Anfibios
 - d) Insectos

2. Este tipo de patrón, es espacial y se refiere al número de especies por grupo de organismos, y su relación entre ellos.
 - a) Ecológico.
 - b) Taxonómico.

- c) Biogeográfico.
 - d) Morfológico.
3. Cuando decimos que México tiene 21841 especies de angiospermas (plantas con flor), 535 especies de mamíferos y más de mil especies de aves, ¿a qué patrón de distribución de la biodiversidad nos estamos refiriendo?
- a) Patrón biogeográfico.
 - b) Patrón ecológico.
 - c) Patrón taxonómico.
 - d) Patrón específico.
4. Entre los ecosistemas terrestres, la precipitación y la temperatura son factores determinantes en la diversidad de especies y su distribución, de modo que en las selvas en donde la precipitación y la temperatura son más altas, hay un mayor número de especies que en bosques templados, sabanas o desiertos. Este tipo de distribución hace referencia a un patrón de tipo:
- a) Ecológico.
 - b) Taxonómico.
 - c) Biogeográfico.
 - d) Social.
5. A escala global y desde el punto de vista latitudinal y altitudinal, ¿en qué puntos de la Tierra se encuentra la mayor diversidad de especies?
- a) Sobre la línea ecuatorial y a nivel del mar.
 - b) Sobre la línea del trópico de Cáncer y a nivel del mar.
 - c) Sobre la línea del Trópico de Capricornio y a nivel del mar.
 - d) Sobre la línea ecuatorial y en las partes altas de las montañas.
6. Los camélidos presentan una distribución diferenciada: los camellos y los dromedarios habitan en África y Asia mientras que las llamas, vicuñas y alpacas en América del Sur. Actualmente no hay camélidos en América del

Norte ni en Europa. En este caso, la distribución de los camélidos es alterna en el espacio. Una hipótesis dispersionista plantearía que algún grupo de camélidos ancestral, ya sea los camellos y dromedarios o los camélidos de América del Sur, viajó para establecer una población en sitios lejanos, la cual después de establecerse radió y dio origen a otras especies locales. ¿El patrón que mejor describe esta distribución es?

- a) Taxonómico
- b) Ecológico
- c) Biogeográfico
- d) Estacional

7. La confluencia de las regiones neártica y neotropical ha permitido la coexistencia de flora y fauna del:

- a) Norte y sur de América
- b) Norte de América y Europa
- c) Sur de América y la Antártica
- d) Sur de América y el sur de África

8. ¿Qué región biogeográfica tiene el mayor número de familias de mamíferas endémicas?

- a) Paleártica.
- b) Neártica.
- c) Etiópica.
- d) Neotropical.

BIBLIOGRAFÍA:

Audesirk, Teresa, et al. 2003. Biología 3: Evolución y Ecología. Editorial Pearson. México.

Audesirk, Teresa, et al. 2004. La Vida en la Tierra. Prentice Hall. México.

Smith, R. y Thomas M. Smith. 2001. Ecología. Editorial Pearson, España.

Solomon, E. P., et al. 2001. Biología. Mc Graw - Hill Interamericana, México.

Tema I. Caracterización de la biodiversidad

Subtema: Tipos de biodiversidad

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

Conceptos básicos: Megadiversidad, Diversidad alfa, beta y Gamma, Riqueza de especies y Diversidad biológica.

TIPOS DE BIODIVERSIDAD

La Diversidad biológica, o biodiversidad, se refiere a la diversidad de sistemas biológicos que habitan el planeta y es resultado de millones de años de evolución de la vida en la Tierra.

El Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB) la define de la siguiente manera: "Por diversidad biológica se entiende la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otras cosas, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas".

Esto quiere decir que podemos observar la biodiversidad en tres niveles:

- 1) Ecosistemas, es decir, la variedad que existe, por ejemplo de selvas, bosques, desiertos, manglares, tundras, arrecifes, costas, lagunas, ríos, etc.
- 2) Especies, es decir, organismos que comparten características particulares. A la fecha se han identificado alrededor de 1.75 millones de especies, pero desconocemos aún a la mayoría, ya que se estima que en el planeta hay alrededor de 13 millones de especies.
- 3) Variación dentro de las especies, esto es, las diferencias genéticas que existen entre organismos de la misma especie como pueden ser las diferencias entre personas, entre caballos, entre maíces, entre perros, etc.

Es esta combinación de formas de vida y sus interacciones con el resto del entorno, lo que ha hecho de la Tierra un lugar habitable y único para los seres humanos. De lo que hagamos ahora depende que generaciones futuras puedan

disfrutar de los paisajes, las especies, los ríos, los mares, las costas que generaciones y generaciones de personas hemos compartido desde tiempos milenarios.

¿POR QUÉ ES IMPORTANTE LA BIODIVERSIDAD?

En el año, 2010, la Organización de las Naciones Unidas hizo un llamado urgente a reconocer la importancia que la diversidad biológica, o biodiversidad, tiene en el mantenimiento de las condiciones que hacen posible la vida en nuestro planeta. Para ello es importante que todos hagamos acciones para conservarla y valorarla. La gran cantidad de especies que habitamos en la Tierra dependemos unas de otras para que los procesos (biológicos, geológicos, físicos y químicos) que la hacen habitable se mantengan. La conservación de la naturaleza es indispensable para avanzar en el mejoramiento de la calidad de vida de las personas en todo el mundo.

La humanidad depende de la diversidad de la vida para obtener aire, agua y alimento, elementos esenciales, sin los cuales no podría sobrevivir. Sin embargo, la propia actividad humana está disminuyendo aceleradamente esta rica diversidad, con lo que se afectan los balances naturales y los servicios ambientales que el conjunto de los sistemas biológicos nos brindan.

Nuestra relación con la biodiversidad, además de ser enteramente práctica y de supervivencia, desempeña un papel importante en el desarrollo de las culturas en el mundo. La relación de los pueblos con su entorno biológico es esencial en la construcción de identidades culturales. Muchas de estas culturas no sólo han sido guardianas de la diversidad biológica de su medio, sino que además han generado biodiversidad, como es el caso del maíz en México.

La diversidad del mundo natural ha sido y es fuente constante de inspiración a lo largo de la historia de la humanidad, influyendo en las tradiciones, en la evolución de las culturas y como soporte de los bienes y servicios básicos sobre los que se han construido las sociedades. La enorme presión a la que estamos

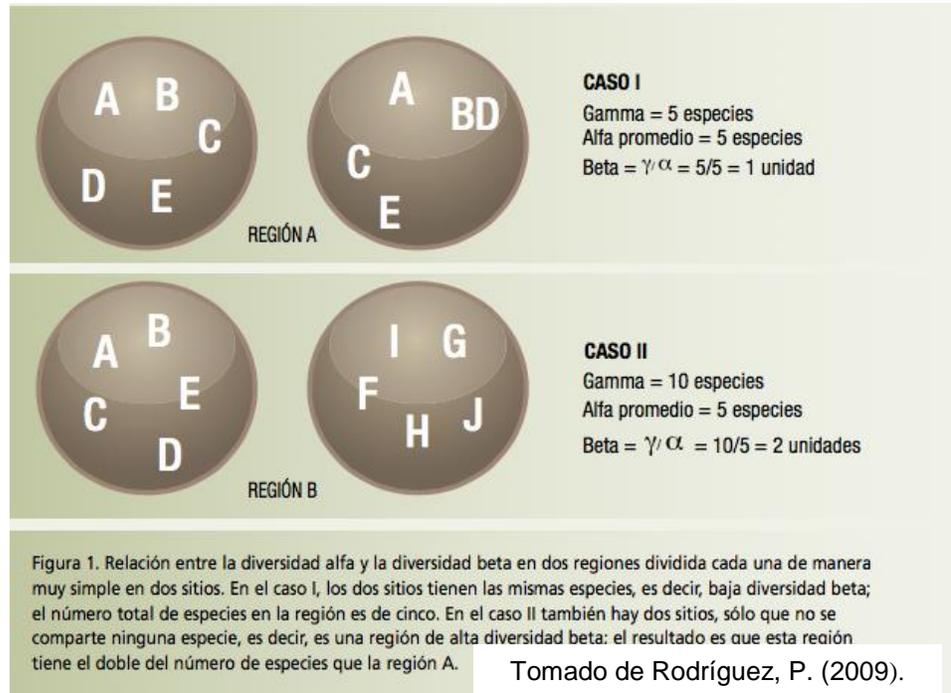
sometiendo a las especies ha incrementado su tasa de extinción a niveles que no tienen comparación en el registro fósil de millones de años de vida en la Tierra. La pérdida de biodiversidad no es sólo una tragedia cultural sino que pone en riesgo nuestra propia supervivencia como especie. La producción de oxígeno, la calidad y cantidad de agua, la disponibilidad de suelos fértiles, la accesibilidad a recursos pesqueros, etc., dependen del cuidado que las generaciones actuales hagamos de los ecosistemas que albergan la diversidad biológica con la que aún contamos y de la que dependemos.

DIVERSIDAD LAFA, BETA Y GAMMA.

México se sitúa como uno de los doce países megadiversos, es decir, que juntos cuentan con más del 70 % de las especies del mundo en una décima parte del área terrestre. Todos los países son responsables de proteger las especies, pero México tiene una tarea vital en defender y conservar la biodiversidad del país.

Por estos motivos, estudiar las escalas o tipos de biodiversidad de un lugar nos permite conocer los patrones de distribución de las especies y los procesos que los han originado. Pero sobre todo estudiar la biodiversidad nos permite tomar decisiones sobre las acciones de conservación y manejo que deben realizarse en los países megadiversos. Los conceptos de diversidad alfa, beta y gama han sido planteados por varios autores. Whittaker (1960) propuso estos conceptos, cuando menciona que: (I) el número de especies a nivel local se le llama diversidad alfa, (II) la diversidad beta cuantifica qué tan diferentes son dos conjuntos de

especies de dos localidades y (III) propone a la diversidad gama como la diversidad de un paisaje considerada como el resultado de la combinación de dos niveles de diversidad (alfa y beta), o



bien, es el número total entre especies entre varias localidades. A continuación se explica cómo se calcula cada una de estas mediciones, figura 1.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Actividad I

Instrucciones: Contesta las siguientes preguntas con base en la lectura anterior sobre Biodiversidad.

1.- ¿Qué es la Biodiversidad?

2.- ¿Cuáles son los niveles de la Biodiversidad?

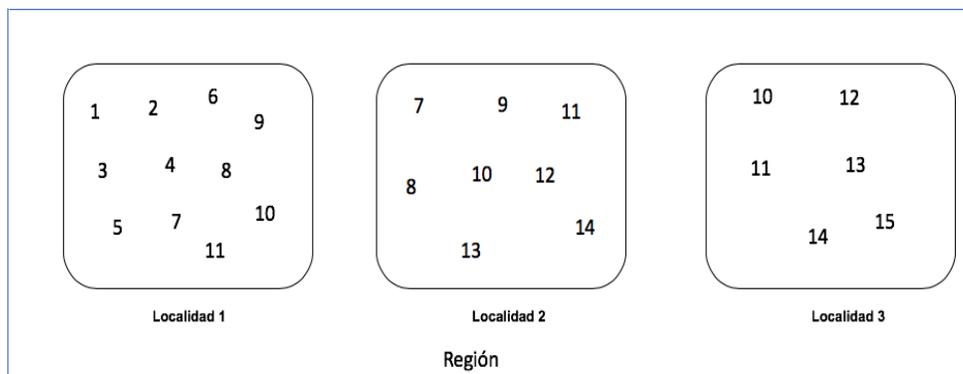
3.- ¿Por qué es importante la Biodiversidad?

4.- ¿Cuáles son los parámetros de medición de la Biodiversidad?

5.- ¿Cómo se calcula la biodiversidad alfa, beta y gamma?

Actividad II

Instrucciones: Calcula la biodiversidad alfa, beta y gamma a nivel local y regional.



Localidad 1	Localidad 2	Localidad 3
Alfa=	Alfa=	Alfa=
Beta=	Beta=	Beta=
Gamma=		

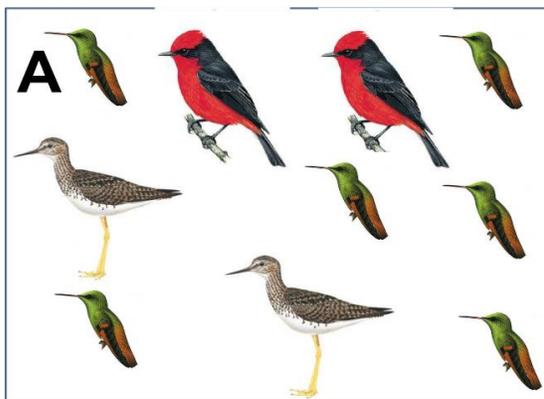
Actividad III

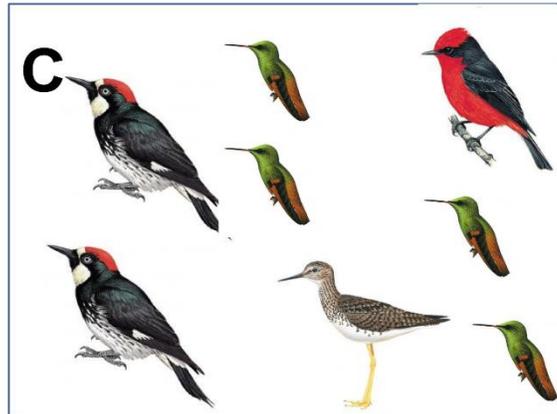
Instrucciones: Lee con atención el siguiente caso y contesta lo que se te pide.

Un estudiante de biología desea medir la diversidad de aves y hongos que se encuentran en el parque Tezozomoc, para lo cual dividió el mismo en tres áreas de estudio, el área limitrofe con las avenidas (zona de perturbación ecológica) llamada zona de estudio A, el área intermedia o zona de estudio B y el área de conservación o zona de estudio C, tal y como se muestra en la siguiente imagen



Después de algunos días de observación logró identificar las siguientes aves en cada una de las unidades de estudio.





Con la información obtenida de las aves calcula la biodiversidad alfa, beta y gamma de las tres zonas de estudio.

Zona de estudio A	Zona de estudio B	Zona de estudio C
Alfa=	Alfa=	Alfa=
Beta=	Beta=	Beta=
Gamma=		

Una vez terminada la observación de las aves, el estudiante se enfocó en la gran variedad de hongos que se encontró en las distintas zonas de estudio:





Con la información obtenida de los hongos calcula la biodiversidad alfa, beta y gamma de las tres zonas de estudio.

Zona de estudio A	Zona de estudio B	Zona de estudio C
Alfa=	Alfa=	Alfa=
Beta=	Beta=	Beta=
Gamma=		

AUTOEVALUACIÓN.

1.- Se refiere a la diversidad de seres vivos que habitan el planeta y es resultado de millones de años de evolución de la vida en la Tierra.

- a) Megadiversidad
- b) Biodiversidad
- c) Diversidad alfa
- d) Diversidad beta

2.- Se define como el número de especies a nivel local.

- a) Diversidad gamma
- b) Biodiversidad
- c) Diversidad alfa
- d) Diversidad beta

3.- La diversidad _____ cuantifica qué tan diferentes son dos conjuntos de especies de dos localidades.

- a) Diversidad gamma
- b) Biodiversidad

- c) Diversidad alfa
- d) Diversidad beta

4.- Se define como la diversidad de un paisaje considerada como el resultado de la combinación de dos niveles de diversidad (alfa y beta), o bien, es el número total entre especies entre varias localidades.

- a) Diversidad gamma
- b) Biodiversidad
- c) Diversidad alfa
- d) Diversidad beta

5.- En el año 2014 se realizó un estudio en una reserva ecológica, para conocer el número de especies que se encontraban en la misma, la investigación duró aproximadamente un año, encontrando que en toda la reserva se lograron identificar 199 especies de mariposas, 52 especies de aves, 40 de mamíferos, 32 de anfibios y 30 de reptiles. En el sitio 13 de muestreo se reportó la presencia de 197 especies de mariposas, 48 especies de aves, 36 de mamíferos, 22 de anfibios y 28 de reptiles siendo este el de mayor riqueza y abundancia mientras que el sitio 22 de muestreo reportó sólo 12 especies de mariposas, 20 de aves, 4 de mamíferos y 3 de reptiles siendo el que presentaba menos riqueza y abundancia

De acuerdo con el caso que se presenta contesta las siguientes preguntas:

5.1 La medición de las especies reportadas en la reserva ecológica corresponden

a:

- a) Diversidad alfa
- b) Diversidad beta
- c) Diversidad gamma

5.2 La medición de la diversidad del sitio 13 corresponde a:

- a) Diversidad alfa
- b) Diversidad beta
- c) Diversidad gamma

5.3 La medición de la diversidad presentada en el sitio 22 corresponde a:

- a) Diversidad alfa
- b) Diversidad beta

c) Diversidad gamma

5.4 El hecho de que el sitio 13 contenga la mayor cantidad de especies por sitio o localidad y presente el mayor número de especies particulares (encontradas únicamente en este sitio) y el mayor patrón de recambio entre todos los sitios o localidades de muestreo corresponde a la diversidad:

- a) Diversidad alfa
- b) Diversidad beta
- c) Diversidad gamma

Respuestas:

1b, 2c, 3d, 4a, 5.1c, 5.2a, 5.3a y 5.4b.

BIBLIOGRAFIA:

Rodríguez, P. 2009. La diversidad beta de México: Avances e implicaciones en la conservación de la biodiversidad. CONABIO. Biodiversitas 84:6-10

Pilar Rodríguez, Jorge Soberón y Héctor T. Arita. (2003). El componente beta de la diversidad de mamíferos de México. Acta Zoológica Mexicana (n.s.) 89: 241-259

Tema II. Biodiversidad en México.

Subtema: Factores que explican su megadiversidad.

Aprendizaje: comprende los factores que determinan la megadiversidad de México.

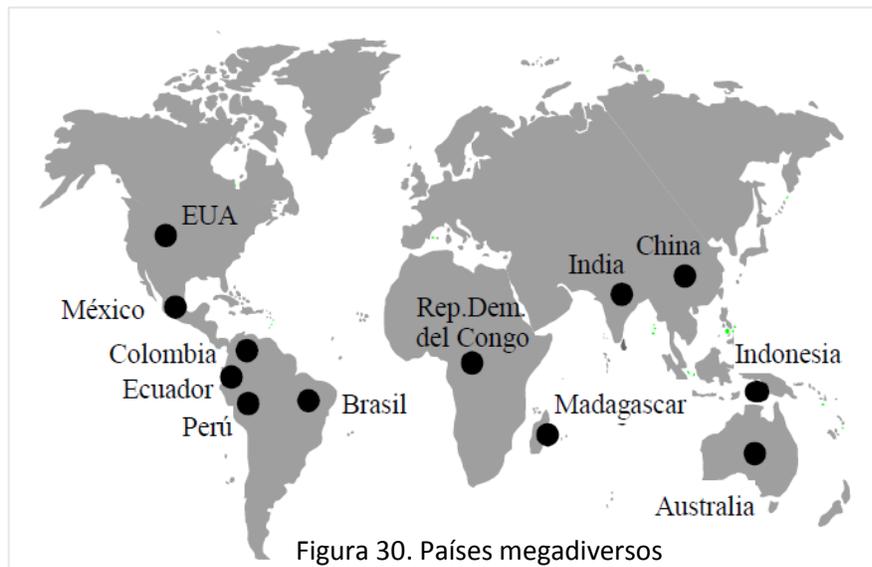
Conceptos básicos: Megabiodiversidad, Factores Geológicos, Factores Geográficos y Factores Biogeográficos

FACTORES QUE EXPLICAN SU MEGADIVERSIDAD

La biodiversidad o diversidad biológica es la variedad de la vida. Este reciente concepto incluye varios niveles de la organización biológica. Abarca a la diversidad de especies de plantas, animales, hongos y microorganismos que viven en un espacio determinado, a su variabilidad genética, a los ecosistemas de los cuales forman parte estas especies y a los paisajes o regiones en donde se ubican los ecosistemas. También incluye los procesos ecológicos y evolutivos que se dan a nivel de genes, especies, ecosistemas y paisajes.

En el Foro Nacional sobre la Diversidad Biológica de Estados Unidos se acuñó el concepto de biodiversidad en 1985 por Edward O. Wilson, entomólogo de la Universidad de Harvard y prolífico escritor sobre el tema de conservación.

Los 12 países Megadiversos son: Colombia, Ecuador, Perú, Brasil, República Democrática del Congo, Madagascar, China, India, Malasia, Indonesia, Australia y México (Fig. 30). México se encuentra dentro de los 12 países que aportan el 70% de



la diversidad mundial de especies. (Recuperado de:
<http://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/divBiolMexEPais4.pdf>)

¿Cuáles son los factores determinantes que hacen de México un país Megadiverso?

México es un país de alta diversidad biológica y esto debido a sus condiciones naturales como la topografía, la variedad de climas y una compleja historia, tanto geológica, biológica y cultural. Estos factores han contribuido a la formación de un mosaico de condiciones ambientales y microambientales que dan origen, promueven una gran variedad de hábitats y de formas de vida. En México más del 65% del área del país se encuentra por encima de los mil metros sobre el nivel del mar y cerca del 47% de la superficie tiene pendientes superiores a 27%, lo que le permite tener un accidentado relieve con una compleja topografía. La situación latitudinal junto con otros factores como las variaciones altitudinales del país con relación a los grandes cinturones de vientos y los regímenes térmicos de las corrientes marinas que bañan las costas mexicanas, traen consigo variaciones climáticas. Estos factores hacen que el país contenga prácticamente todos los grupos y subgrupos de climas posibles, y que existan variaciones de climas secos a húmedos en distancias de pocos kilómetros. Siendo los factores más importantes los Geológicos, Geográficos y Biogeográficos.

(Recuperado de:

http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/395/benitez_bellot.html)

FACTORES GEOLÓGICOS

La Geología es la ciencia que estudia los diferentes fenómenos naturales y sus consecuencias así como procesos evolutivos e históricos para la tierra, desde los tiempos más antiguos hasta la actualidad, mediante el análisis de las rocas, ya que parte de la premisa de que el relieve actual de la Tierra es el resultado de una larga y variada evolución, por ello analiza este desarrollo espacial y temporal para señalar los factores y fuerzas que actuaron en el proceso y que le han dado la forma que actualmente conocemos, tanto en el exterior como en el interior de nuestro planeta. Las rocas de la corteza terrestre, los restos

petrificados y los fósiles, son elementos que se han utilizado para hacer la historia biológica ya que representan testimonios que permiten a los geólogos, deducir las condiciones y los acontecimientos de los tiempos pasados.

(Recuperado de:

<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/157537/Que-es-la-Geologia.pdf>)

En este sentido, los factores geológicos son: el tipo de suelo que es la capa más superficial de la corteza terrestre que abarca el primer metro de profundidad, en la cual ocurren cambios físicos y químicos, así como sus componentes, y las placas tectónicas que influyen para la formación del relieve mexicano.

(Recuperado de:

<http://equipoalphaardari.blogspot.com/2013/04/megadiversidad.html>)

Debido a los diferentes tipos de rocas y la relación con otros factores generan la complejidad del territorio mexicano en relación a los factores climáticos y geológicos se presentan 25 de las 28 categorías de suelos reconocidas en el mundo y 10 de ellas conforma el 74% de la superficie nacional. Lo que hace que la compleja orografía del país confiere una diversidad de ambientes, suelos, climas, así como los mares y océanos que lo circundan.

FACTORES GEOGRÁFICOS.

La Geografía es la ciencia que **estudia y describe la forma de la Tierra, esto es, la distribución y la disposición de los elementos en la superficie terrestre**

(Recuperado de: <http://conceptodefinicion.de/geografia/>). Dentro de la Geografía se encuentra la fisiografía, el clima, la hidrografía, entre otras. El territorio mexicano tiene una complicada topografía (describe físicamente la superficie de la tierra y sus características) (Recuperado de: http://www.ejemplode.com/61-que_es/1908-que_es_la_topografia.html : ¿Qué es la topografía?), y debido a la gran actividad tectónica ocurrido durante la Era Cenozoica más de 65% del área se encuentra por encima de 1000 metros sobre el nivel del mar y casi la mitad del territorio tiene pendiente superiores a 27% los principales rasgos de la **fisiografía** (relieve de la superficie de la tierra)

(Recuperado de: http://www.inegi.org.mx/inegi/spc/doc/INTERNET/1GEOGRAFIADEMEXICO/MANUAL_CARAC_EDA_FIS_VS_ENERO_29_2008.pdf). Estos fenómenos han propiciado que el territorio mexicano sea una zona rica en endemismos, es decir, especies cuya distribución es restringida, en este caso sólo en la República Mexicana.

Para una mejor comprensión y estudio de esta variada estructura geográfica, INEGI determinó una división en 15 regiones fisiográficas que son:

1. Península de Baja California	9. Mesa del Centro
2. Llanura Sonorense	10. Eje Neovolcánico
3. Sierra Madre Occidental	11. Península de Yucatán
4. Sierras y Llanuras del Norte	12. Sierra Madre del Sur
5. Sierra Madre Oriental	13. Llanura Costera del Golfo Sur
6. Grandes Llanuras de Norteamérica	14. Sierras de Chiapas y Guatemala
7. Llanura Costera del Pacífico	15. Cordillera Centroamericana
8. Llanura Costera del Golfo Norte	

Otro **factor** importante es el **clima**, que es la suma total de los fenómenos meteorológicos como lo es, la presión atmosférica, la temperatura del aire, los vientos y la humedad que caracterizan el estado de un punto de la superficie terrestre.

Los **Factores climáticos** como la latitud, la altitud, la distancia al mar, el relieve, la vegetación, las corrientes marinas son ciertas condiciones físicas que habitualmente influyen o modifican el clima de un lugar. Estos factores combinados dan a cada lugar un clima característico.

Dentro del territorio mexicano se presentan prácticamente todos los grupos y subgrupos climáticos posibles, el 39% del territorio es semi cálido el 37% es cálido, el 23% es templado el 1% es semifrío y frío.

La **hidrografía** (estudia los ríos, arroyos, lagos, lagunas, océanos y mares (Recuperado de: <http://www.educa.madrid.org/web/ies.alonsoquijano.alcala/carpeta2/sin-titulo/7-hidrografia.pdf>), es otro factor que permite la biodiversidad, es por eso que el agua es el recurso natural de mayor importancia a nivel mundial, sin este recurso simplemente no habría vida.

México con sus amplias costas recibe las aguas del Océano Pacífico y del Golfo de México y en menor proporción, las del mar Caribe, En México los ríos forman vertientes: Pacífico (Baja California), Atlántico e Interior, existen también lagos y lagunas, así como depósitos de aguas subterráneas. Así mismo, en México la precipitación es muy variada por ejemplo en el noroeste noreste del promedio anual es de 100 mm mientras que en el sureste y parte de la costa sur del pacífico este promedio anual 2000 a 4000 mm es posible que existan variaciones de climas secos en una distancia de pocos kilómetros dada la complejidad. (Recuperado de: http://www.inegi.org.mx/inegi/spc/doc/INTERNET/1-GEOGRAFIADÉMEXICO/MANUAL_CARAC_EDA_FIS_VS_ENERO_29_2008.pdf)

Todos estos factores ambientales han contribuido a la variedad de ecosistemas y sistemas biológicos que hacen de México un país Megadiverso

FACTORES BIOGEOGRÁFICOS.

La biogeografía, estudia la distribución de los sistemas biológicos en el espacio a través del tiempo. (Recuperado de: http://www.ccg.unam.mx/~vinuesa/Cursos2RMBF/PDFs/T6/Introduccion_Biogeografia_OFV_y_EAMS.pdf)

Los factores biogeográficos han permitido que México cuente con grandes extensiones de flora y fauna particular. (Recuperado de: <http://www.biodiversidad.gob.mx/region/regionesbio.html>)

La biogeografía determinó que en el Pleistoceno ocurrieron severos cambios climáticos que mantuvieron al territorio de nuestro país prácticamente cubierto

por climas fríos y templados. Bajo estas condiciones, la biota de climas tropicales se extinguió en gran parte de su área de distribución y las especies sobrevivientes se concentraron en los llamados refugios pleistocénicos. Estos refugios mantuvieron aisladas a las poblaciones de climas tropicales, lo que dio origen al surgimiento de nuevas especies, que cuando aumentó la temperatura migraron a otras áreas de distribución. (Recuperado de: <http://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/divBiolMexEPais4.pdf>)

Debido a la historia evolutiva de la separación del megacontinente (Pangea) y por los factores antes expuestos, se produjeron espacios propicios para la generación de flora y fauna únicas que corresponden a las que estuvieron aisladas en dos continentes: Norteamérica y Sudamérica que son, por tanto, zonas de contacto entre la región neártica y la región neotropical como se puede apreciar en la figura 31. (Recuperado de: <https://view.publitas.com/secrete/revista-nuestro-ambiente-numero-16/page/1>)

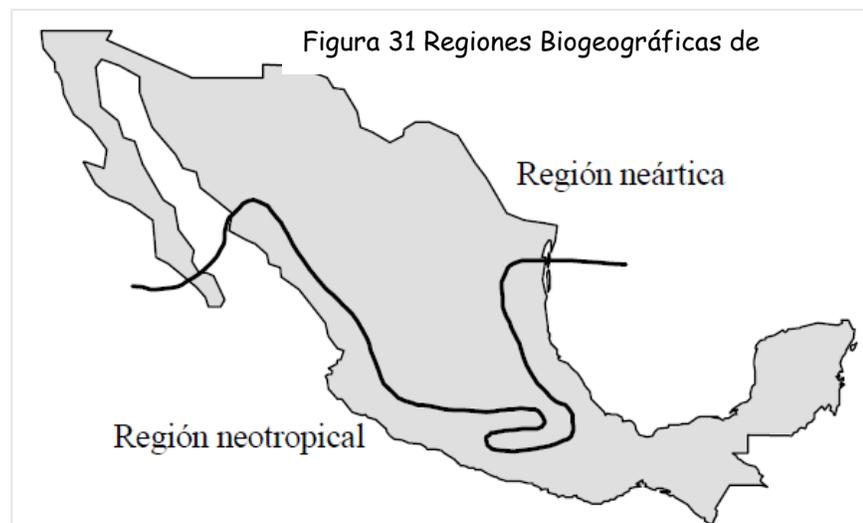
La región **Neártica**, abarca la mayor parte de Norteamérica, incluso las zonas áridas y semiáridas de los Estados Unidos y el centro y norte de México, así como las zonas templadas y frías de las sierras Madre Oriental y Occidental; y las sierras volcánicas del centro del país.

La región

Neotropical,

Comprende las tierras bajas cálido-húmedas o subhúmedas, así como algunas partes altas de las sierras de Chiapas y la Sierra Madre del Sur. Abarca

también todo el Caribe, Centro y Sudamérica. (Recuperado de:



http://enp4.unam.mx/amc/libro_munioz_cota/libro/cap2/lec05c_florayfauna.pdf)

Figura 2, tomada de:

<http://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/divBiolMexEPais4.pdf>

Todos los factores antes mencionados contribuyen a explicar el por qué México es un país megadiverso, siendo las principales razones el alto número de endemismos y el alto número de especies.

Por todas esas razones la biodiversidad de nuestro país es único en el mundo y un patrimonio no renovable que se debe cuidar.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE.

Instrucciones: contesta las siguientes preguntas.

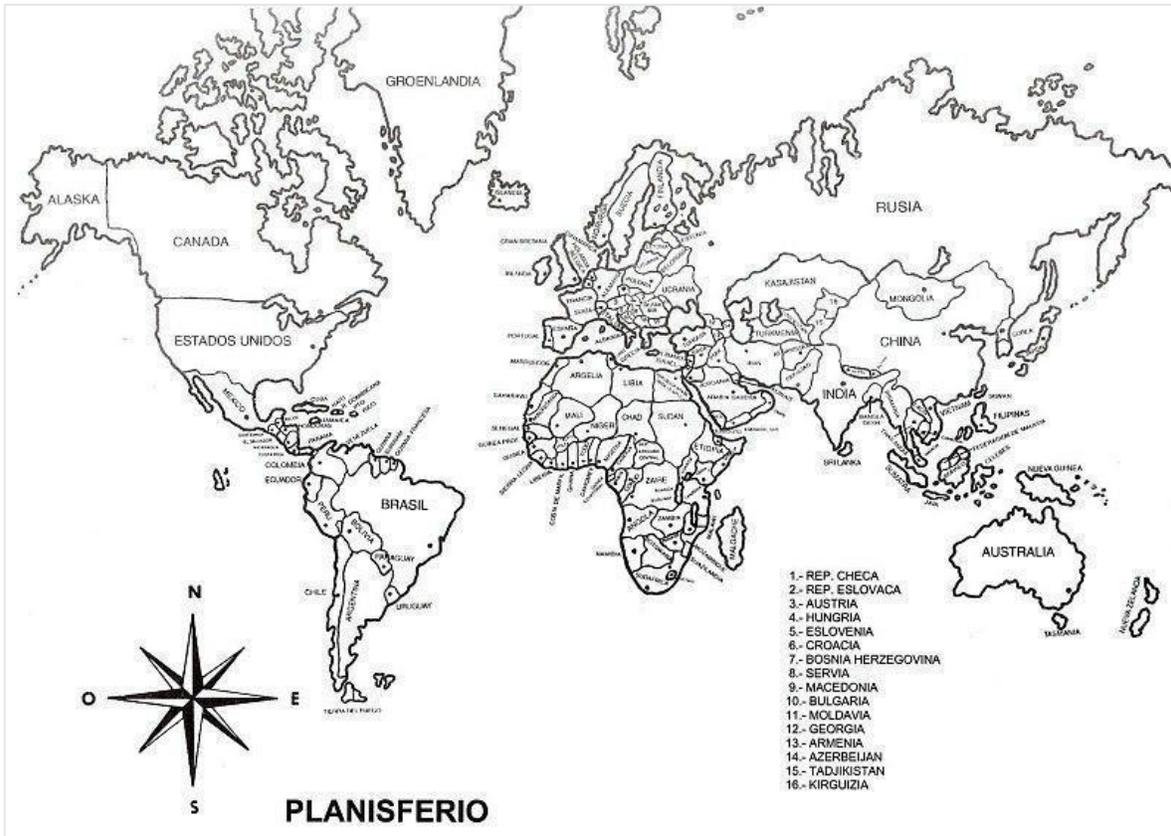
1. Escriba el concepto de biodiversidad;

2. Escriba con sus palabras por qué es importante la biodiversidad

3. En el siguiente planisferio coloque el número que le corresponda a los países megadiversos.

1	México	7	Madagascar
2	Colombia	8	China
3	Ecuador	9	India
4	Perú	10	malasia

5	Brasil	11	Indonesia
6	República Democrática del Congo	12	Australia



Planisferio. Tomado de: <http://www.idibujos.com/planisferio-con-nombres>

Factores geológicos

4. Escriba cuáles son los procesos geológicos que permiten las condiciones para la biodiversidad

Factores Geográficos

5. Escriba cuáles son los factores geográficos que permiten las condiciones para la biodiversidad

Factores Biogeográficos

6. En el mapa de México, señale con un asterisco color rojo los estados que comprenden la región neotropical, y con un asterisco color café los estados que comprenden la región neártica



Mapa de la República Mexicana. Tomado de:
<http://cgsgn.blogspot.com/2012/03/mapa-de-mexico-orografico-hidrografico.html>

7. Escriba las características de las regiones Neártica y Neotropical que se encuentran en México

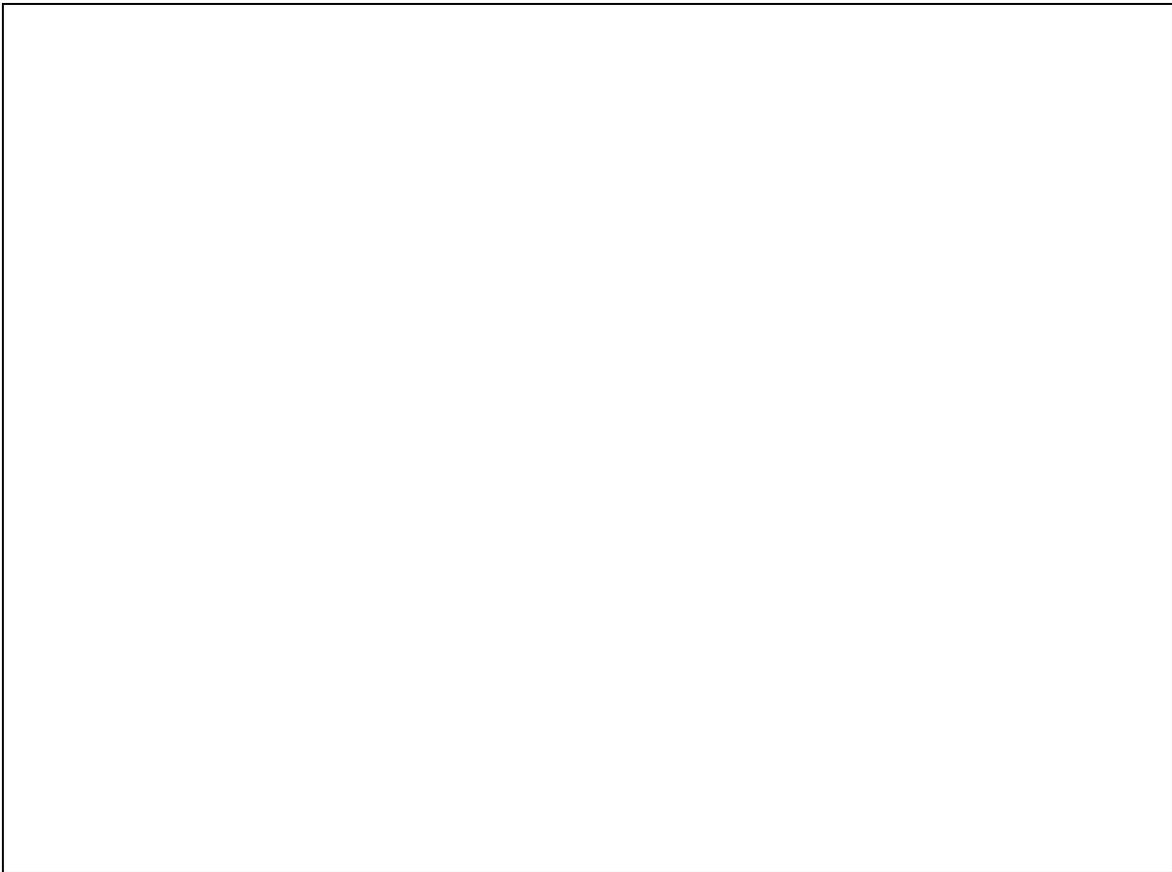
Regiones Neártica

Regiones Neotropical

8. Las regiones biogeográficas que confluyen en el territorio nacional ¿cómo contribuyen a la biodiversidad de México?

9. ¿Qué características geográficas le permiten a México tener especies endémicas en un alto porcentaje?

10. Realice un mapa mental de los factores que permiten que México sea un país megadiverso



AUTOEVALUACIÓN.

Instrucciones: elige la respuesta correcta.

11. A qué se refiere el término de Biodiversidad?()
- H) Especies y abundancia en un sitio del mundo determinado
 - I) La variedad de las especies
 - J) La evolución de las especies
 - D) El metabolismo de las especies
12. El endemismo de una especie se refiere a:()
- A) Habita bajo las rocas
 - B) Habita en todo el mundo
 - C) Habita solo en una región geográfica específica
 - D) Habita en el mar
13. Un país Megadiverso como México se caracteriza por:()

- A) Tiene una gran cantidad de ecosistemas y especies
- B) Tiene una cantidad moderada de ecosistemas y especies
- C) Tiene una cantidad pequeña de ecosistemas y especies
- D) Tiene una disminución de ecosistemas y especies

14. La megadiversidad de México se caracteriza geológicamente por:()

- A) Lagunas
- B) Mares
- C) Ríos
- D) Rocas de la corteza terrestre

15. La megadiversidad de México no se caracteriza geográficamente por:()

- A) Fisiografía
- B) Climatología
- C) Hidrografía
- D) Biotecnología

16. La megadiversidad de México se caracteriza biogeográficamente por:()

- A) Por encontrarse en la región Afrotropical y Neártica
- B) Por encontrarse en la región Neártica y Neotropical
- C) Por encontrarse en la región Etiópica y Neotropical
- D) Por encontrarse en la región Paleártica y Neártica

Respuestas:

1 (A); 2 (C); 3 (A); 4 (D); 5 (D); 6 (B)

CIBERGRAFÍA:

1. Recuperado de:

<http://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/divBiolMexEPais4.pdf>

2. Recuperado de:

http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/395/benitez_bellot.html

3. Recuperado de:
<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/157537/Que-es-la-Geologia.pdf>
4. Recuperado de:
<http://equipoalphaardari.blogspot.com/2013/04/megadiversidad.html>
5. Recuperado de: <http://conceptodefinicion.de/geografia/>
6. Recuperado de: http://www.ejemplode.com/61-que_es/1908-que_es_la_topografia.html : ¿Qué es la topografía?
7. Recuperado de:
http://www.inegi.org.mx/inegi/spc/doc/INTERNET/1GEOGRAFIADEMEXICO/MANUAL_CARAC_EDA_FIS_VS_ENERO_29_2008.pdf
8. Recuperado de:
<http://www.educa.madrid.org/web/ies.alonsoquijano.alcala/carpeta2/sin-titulo/7-hidrografia.pdf>
9. Recuperado de:
http://www.ccg.unam.mx/~vinuesa/Cursos2RMBF/PDFs/T6/Introduccion_Biogeografia_OFV_y_EAMS.pdf
10. Recuperado de:
<http://www.biodiversidad.gob.mx/region/regionesbio.html>
11. Recuperado de: <https://view.publitas.com/secrete/revista-nuestro-ambiente-numero-16/page/1>
12. Recuperado de:
http://enp4.unam.mx/amc/libro_munioz_cota/libro/cap2/lec05c_florayfauna.pdf

Tema II. Biodiversidad de México:

Subtema: Regionalización de la Biodiversidad.

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

Conceptos básicos: Abundancia, riqueza de especies, endemismo, biogeografía, biodiversidad, regionalización.

Instrucciones: Realiza la siguiente lectura, subraya las palabras que no conozcas y búscalas en el diccionario, subraya las ideas que consideres relevantes.

Síntesis elaborada a partir de: Espinosa, D., S. Ocegueda et al. 2008. El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural, en *Capital natural de México*, vol. I : Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México, pp. 33-65.

ENDEMISMOS EN MÉXICO Y LA REGIONALIZACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD.

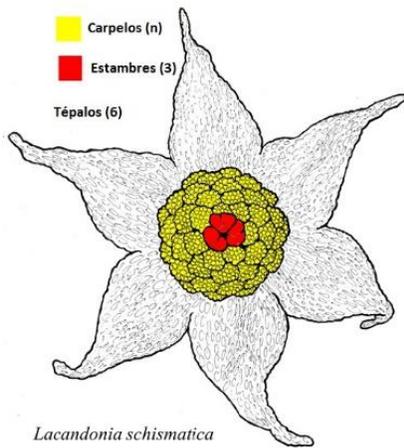
Como país megadiverso, se presume que México alberga entre 10 y 12 % de la diversidad terrestre conocida en el planeta. Además de contar con un impresionante número de especies, nuestro país se caracteriza por tener una gran cantidad de especies que se distribuyen exclusivamente dentro de los límites de nuestro territorio, es decir, no se encuentran en ningún otro sitio del planeta, estas especies se conocen como endémicas.

El endemismo ha sido explicado como el resultado de la evolución conjunta de varios linajes que fueron afectados por los mismos eventos de fragmentación de sus distribuciones (Humphries y Parenti 1999). Una vez fragmentadas las poblaciones, el intercambio genético se interrumpe y, a lo largo de muchos miles de años de tal aislamiento, se generan especies nuevas (especiación alópatrica).

México es el país con el mayor porcentaje de especies endémicas de vertebrados terrestres, y entre 20 y 30% es endémica. Más de la mitad de las especies registradas en México para algunos grupos como pinos, agaváceas, nolináceas, araneidos, anfibios y reptiles son únicas en nuestro país. Por ejemplo, hay especies endémicas o exclusivas de la Depresión



Figura 32. Zacatuche o teporingo



Lacandonia schismatica

Figura 33 *Lacandonia schismatica*

del Balsas, o más aún, endémicas del Cañón del Zopilote (pequeña área ubicada en el centro del Balsas). Especies como el conejo de los volcanes, también llamado zacatucho o teporingo (Fig. 32) (*Romerolagus diazi*) es considerado microendémico, debido a que su distribución está restringida a los pastizales subalpinos de las montañas que rodean los valles de Toluca y México; es el mismo caso de *Bursera chemapodicta*, especie exclusiva del Cañón del Zopilote y de una extraordinaria planta *Lacandonia schismatica* (Fig. 33), de la selva

Lacandona, en Chiapas. Todos estos aspectos producen que México sea el tercer país del mundo con el mayor índice Nacional de Biodiversidad.

LOS ESTADOS Y LA RIQUEZA DE ESPECIES

La riqueza de especies tiene una tendencia general a incrementarse hacia el sur del territorio mexicano, alcanzando su valor máximo en el centro-noreste de Oaxaca, donde convergen la Sierra Madre del Sur, el Eje Neovolcánico, la Sierra Madre Oriental, la Sierra del Norte de Oaxaca y el Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Allí se observa la mayor heterogeneidad de hábitat y la historia geológica y paleoclimática más compleja.

En todas las entidades federativas de la República, a excepción de Zacatecas, Tlaxcala y Campeche, se han registrado especies endémicas de vertebrados. Los más altos grados de endemismo se encuentran en los estados de Oaxaca, Chiapas, Veracruz, Baja California Sur, Michoacán, Guerrero, Baja California, Coahuila y Tabasco. En cuanto al endemismo en flora se tienen datos para 14 estados, de los cuales 9 se consideran de alto endemismo (Oaxaca, Chiapas, Morelos, Baja California Sur, Guerrero, Baja California, Chihuahua, Sonora y Durango) y de bajo endemismo los restantes (Quintana Roo, Yucatán, Distrito Federal, Jalisco y Colima). En general, de acuerdo con los registros disponibles para algunos grupos de plantas vasculares, hongos, artrópodos y vertebrados, los estados de la República Mexicana más importantes en cuanto a su riqueza de especies son Oaxaca, Chiapas, Veracruz y Guerrero (Figura 34). El inventario florístico de Oaxaca estima en 9 mil el número de especies y un alto grado de endemismo en la región de Los Chimalapas-Uxpanapa, los bosques templados de

la Sierra de Juárez y la zona árida del Valle de Tehuacán. Oaxaca es un estado que destaca por su riqueza de especies de vertebrados, en particular en los bosques de encinos y los bosques mesófilos de montaña. Chiapas también es uno de los estados con mayor diversidad florística con 8 248 especies registradas. En Chiapas existen todavía grandes zonas cubiertas por bosques tropicales como la Selva Lacandona y la Selva del Ocote, las cuales son importantes centros de diversidad de plantas. Recientemente se describió una nueva familia endémica en el estado, denominada Lacandoniaceae. En este estado se encuentra cerca de 35% de los vertebrados mesoamericanos.



Figura 34. Estados con mayor riqueza de especies

La flora de Veracruz se estima en 8 mil especies. Comparte con Oaxaca y Chiapas uno de los últimos reductos de selvas altas y medianas, la zona de Uxpanapa, considerada internacionalmente como un centro de diversidad de plantas. Asimismo, Veracruz ocupa el tercer lugar nacional en cuanto a diversidad de vertebrados. La flora de Guerrero ha sido poco estudiada, pero en este estado el bosque tropical caducifolio localizado a lo largo de la Cuenca del Balsas presenta un considerable número de especies endémicas, y dentro de esta zona se encuentra el Cañón del Zopilote, reconocido como un centro de diversidad florística.

Hasta la fecha, la riqueza biológica de México no está descrita completamente. Los grupos mejor estudiados son los vertebrados; a pesar de ello, en los últimos 20 años las clasificaciones de aves, mamíferos, anfibios y reptiles han sido modificadas sustancialmente a la luz de nuevos análisis sobre la filogenia de las especies y con la incorporación de datos y análisis moleculares, los cuales han revelado la existencia de muchas especies más de las que se tenían estimadas, así como nuevas formas de agruparlas.

REGIONALIZACIÓN BIOGEOGRÁFICA DE MÉXICO.

En un contexto geográfico, a escala regional, hay dos grandes orientaciones de estudio de la diversidad biológica de México. La primera, ecogeográfica o macroecológica, estudia los patrones de variación geográfica de los seres vivos reunidos en grupos funcionales, como el número de especies o la composición de formas de vida. La segunda, biogeográfica, estudia los patrones de distribución de los seres vivos en función de la evolución de la Tierra y la diversificación de los taxones. Ambos enfoques de estudio son complementarios. Sin embargo, en el presente documento nos enfocaremos en la regionalización biogeográfica. Cabe señalar, que el sistema de clasificación biogeográfica de México aquí descrito representa solo una aproximación, entre muchas otras propuestas, a la comprensión de la geografía del endemismo de la flora y fauna mexicanas.

En 1858, Phillip Lutley Sclater publicó un sistema de seis regiones biogeográficas basadas en la distribución de aves. El sistema de Sclater fue adoptado y reinterpretado por Wallace (1876) y muchos otros; aún en nuestros días el de Sclater es el sistema de regiones biogeográficas más popular en la literatura relacionada con el tema. En ella, México queda en el límite entre las regiones Neártica y Neotropical; es decir, en dos grandes "zonas", una Norte y otra Sur (Fig. 35), que corresponden con la Neártica y Neotropical, respectivamente.

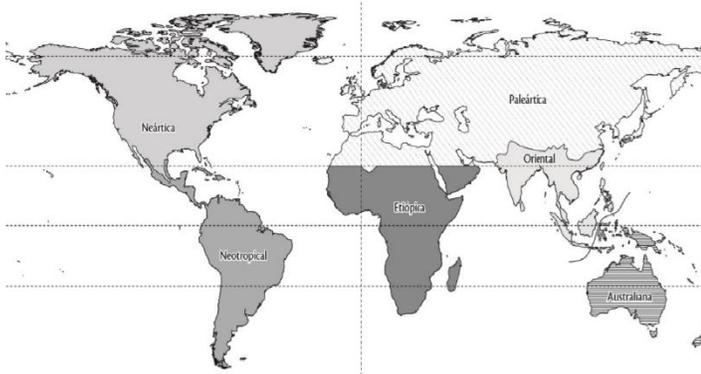


Figura 35. Regiones biogeográficas del mundo, a México le corresponde la Neártica y Neotropical.

REGIONES Y PROVINCIAS.

En este apartado se describe al sistema de consenso propuesto por la CONABIO (Arriaga et al. 1997), tratando de reconocer e incorporar las divergencias acerca de los límites, dimensiones y subdivisiones de las provincias según el punto de

vista particular de algunos autores. Las provincias fueron organizadas dentro del arreglo jerárquico propuesto por Rzedowski (1978) (Fig. 36)



Figura 36. Regiones y provincias biogeográficas de México

REGIÓN NEÁRTICA.

Esta región abarca toda la América del Norte y el archipiélago de las costas de California; los componentes mexicanos de esta región son las **provincias** de Isla de Guadalupe y California (noroeste de la Península de Baja California). La vegetación predominante de esta área son algunas variantes de bosques y matorrales templados. Entre los grupos característicos de la región Neártica están las coníferas, como pinos (*Pinus*), oyameles o abetos (*Abies*) y enebros (*Juniperus*), además de los encinos (*Quercus*). Las salamandras (*Caudata*) son el grupo de anfibios más relacionados con la región Neártica; entre los reptiles, algunos géneros de lagartijas, como *Abronia*, son típicamente neárticos. Esta región comprende las siguientes provincias y distritos:

PROVINCIA DE CALIFORNIA.

Está constituida por dos cordilleras principales que se elevan a poco más de 3 000 msnm, la Sierra de San Pedro Mártir y la Sierra de Juárez, en el extremo noroeste de la Península de Baja California. Dos climas son importantes en esta área; sobre las sierras dominan los climas templados y semifríos subhúmedos (42%) y en su vertiente pacífica los áridos (43%). Sin embargo, en general, 96% de su territorio no recibe más de 500 mm de precipitación anual total concentrada en los meses de invierno (enero, febrero, marzo). Por esa razón, los matorrales xerófilos (86%) y los bosques de coníferas (11%) cubren la mayor parte de esta área. Esta es un



Figura 37 *Urosaurus microscutatus*

área con gran cantidad de encinos endémicos, como *Quercus agrifolia*, *Q. chrysolepis*, *Q. dumosa* y *Q. engelmannii*, entre otros. Entre la fauna endémica están *Peromyscus californicus* y *P. maniculatus gambelii* (ratones). Otro conjunto de especies son compartidas con la provincia de Baja California como *Phrynosoma coronatum*, *Sceloporus orcutti* y *Urosaurus microscutatus* (lagartijas) (Fig. 37).

PROVINCIA DE ISLA GUADALUPE.

Es considerada por Rzedowski (1978) como una provincia aparte, dado su gran número de taxones endémicos, entre los que se pueden citar *Cupressus guadalupensis* var. *guadalupensis*, *Pinus radiata* var. *binata* y *Quercus tomentella*.

PROVINCIA DE LA SIERRA MADRE OCCIDENTAL (SMO).

Es una cordillera formada por actividad volcánica del Mioceno. Su clima templado subhúmedo determina la presencia dominante de bosques de coníferas (46%), encinos (32%) y pastizales (13%). Hay

varias especies que sustentan muy bien esta provincia, como *Ambystoma rosaceum* (salamandra) (fig. 38), *Phrynosoma douglasi* y *Sceloporus jarrovi jarrovi* (lagartijas), *Thamnophis rufipunctatus* (serpiente), *Crotalus willardi* (víbora de cascabel) y *Peromyscus madrensis* (ratón). Hay



Figura. 38 *Ambystoma rosaceum*

endemismos que sustentan la división de la Sierra Madre Occidental en una porción norte (o Apachiana, según Smith, 1941), como *Cheilanthes arizonica* (helecho), *Juniperus deppeana* var. *pachyphlaea* y *J. scopulorum* (hasta las Montañas Rocosas, en EUA), *Quercus tarahumara* y *Q. toumeyii*; y otra sur (o Duranguense, según Smith 1941) como *Quercus radiata* y *Q. undata*.

PROVINCIA DE LA SIERRA MADRE ORIENTAL (SME).

La mayor parte de las montañas de esta provincia fueron formadas por plegamiento; las rocas predominantes son sedimentarias y metamórficas del Cretácico y Jurásico, más antiguas en el Carso Huasteco que en la Sierra Plegada.

Sobre la vertiente húmeda, la vegetación dominante está compuesta por bosques de coníferas (28%), encinos (26%) y mesófilos de montaña (8%); sobre la vertiente seca, los matorrales xerófilos son dominantes (16%). Debido a esta gran diferenciación climática hay pocas



Figura 39 *Crotalus pricei miquihuanus*

especies de distribución amplia sobre la SME, como *Eleutherodactylus longipes* (salamandra), *Crotalus pricei miquihuanus* (víbora de cascabel) (fig. 39), *Cryptotis mexicana obscura* (musaraña). Esta provincia tiene subconjuntos de especies endémicas que justifican la existencia de cuatro distritos: **Carso Huasteco** (con lagartijas endémicas como *Sceloporus parvus scutulatus*, *Xenosaurus newmanorum*), **Gran Sierra Plegada** (*Crotalus lepidus castaneus*, *C. lepidus morulus*, *Phrynosoma orbiculare orientale*, *Thamnophis exsul*, *T. mendax*), **Sierra Gorda** (*Agave tenuifolia*, *Pseudosmodingium virletii*, *Phrynosoma orbiculare boucardi*, *Xenosaurus platyceps*) y **Sierras Transversales** (*Pinus culminicola*, *Quercus sinuata breviloba* y *Neotoma mexicana navus*), con varias especies y subespecies que se distribuyen hacia el norte.

PROVINCIA DEL EJE NEOVOLCANICO (SIERRAS MERIDIONALES).

Es un conjunto de volcanes de diferentes edades, a partir del Mioceno medio y hasta el Plio-Pleistoceno, alineados alrededor del paralelo 19° N, que cruza el territorio mexicano de oeste (Cabo Corrientes, Nayarit) a este (Sierra de Chinconquiaco, Veracruz). Destacan entre ellos el Ceboruco en el extremo occidental (Nayarit), el Nevado de Colima (Colima-Jalisco), el Tancítaro (Michoacán), el Nevado de Toluca, el Popocatepetl, el Iztaccíhuatl, el Zempoaltépetl y el Citlaltépetl, que representan las elevaciones mayores en el relieve mexicano. El Eje Neovolcánico (ENV) es un área muy compleja en origen y medio físico; por ello, casi todos los tipos de vegetación están presentes, aunque predominan los bosques de coníferas (31%) y de encinos (28%). El resto del área está compuesto por pastizales, matorrales subalpinos, bosques mesófilos (en áreas de cañadas), vegetación ribereña y tierras urbanas y de cultivo. La presencia de vegetación de climas áridos (matorrales xerófilos) y subhúmedos (selvas bajas caducifolias) en ocasiones se debe a la presencia de derrames lávicos, en los cuales no se retiene la humedad de las lluvias, y en otros casos debido al efecto de sombra pluvial, sobre todo en las zonas de contacto con las provincias vecinas (Balsas al sur y Altiplano al norte). En esta provincia hay gran cantidad de taxones típicamente neovolcánicos, como *Cheilanthes decomposita*, *Elaphoglossum rufescens* (helechos), *Pinus ayacahuite* var. *veitchii*, *P. pseudostrobus* fo. *protuberans* (pinos), *Agave inaequidens* y *A. horrida* (magueyes), *Quercus acutifolia* var.



xalapensis (encino), *Eleutherodactylus angustidigitorum* (salamandra), *Crotalus polystictus* (víbora de cascabel), *Phrynosoma orbiculare cortezi*, *Sceloporus dugesi intermedius*, *S. scalaris scalaris* (lagartijas), *Peromyscus gratus gratus*, *P. melanophrys zamorae*, *Reithrodontomys chrysopsis chrysopsis* (ratones) y *Lampornis amethystinus brevirostris* (colibrí) (fig. 40). Sin embargo, algunas de estas especies se distribuyen de forma sesgada, unas hacia las partes más secas, otras hacia las más húmedas; unas hacia la parte más fría, y otras hacia la semicálida. Por ello, la gran mayoría de los taxones endémicos de esta provincia están distribuidos en áreas con mayor integración histórica y ecológica y de menor extensión. Algunos grupos, como las salamandras, más susceptibles al aislamiento geográfico, muestran varios casos de distribución microendémica en diferentes subáreas del ENV, como sus sectores Occidental, Central, Oriental y Sierra de Taxco. La Sierra de Los Tuxtlas está compuesta por un pequeño conjunto de volcanes ubicados al centro del estado de Veracruz. Su flora está compuesta por especies que se distribuyen desde el Carso Huasteco, pasando por el extremo oriental del Eje Neovolcánico y por las sierras de Zongolica y Juárez; otras, en cambio se extienden hacia el sur, abarcando las sierras de Los Chimalapas y la de Chiapas. La convergencia de diferentes floras y faunas eleva considerablemente la riqueza de especies de esta área; p. ej., la avifauna de Los Tuxtlas incluye cerca de 50% de la riqueza avifaunística de todo el país, y su separación del resto de los sistemas montañosos más cercanos ha generado una cantidad considerable de endemismos, que incluye 18 especies de anfibios y reptiles y seis de aves endémicas de esta área relativamente pequeña (González-Soriano et al. 1997)

PROVINCIA DE LA SIERRA MADRE DEL SUR.

Esta provincia está constituida por tres componentes: la Sierra de Coalcomán (Michoacán), las Sierras Guerrerenses y las sierras Mixteca y Mixe de Oaxaca, cada una con especies propias. Su vegetación típica la componen los bosques de coníferas (33%), de encinos (34%) y mesófilos de montaña (11%); la presencia de selva baja caducifolia (16%) se debe al contacto con las provincias del Pacífico y Balsas que la rodean completamente. Hay gran cantidad de especies distribuidas a lo largo de las tres serranías principales, como *Clethra glaberrima* (árbol) *Pseudoeurycea cochranae* (salamandra) o *Neotoma mexicana picta* (rata). Las sierras Mixe y Mixteca tienen gran cantidad de endemismos como *Pseudoeurycea smithi*, *P. unguidentis* (salamandras), *Abronia mixteca*, *A. oaxacae*, *Urosaurus bicarinatus nelsoni* (lagartijas), *Peromyscus gratus zapotecae* y *P. mexicanus putlaensis* (ratones); mientras las Sierras

Guerrerenses tienen algunas especies exclusivas como *Sceloporus formosus scitulus* (lagartija).

PROVINCIA DE OAXACA.

Se trata de una de las provincias más complejas y, por lo tanto, más diversas de México; está integrada principalmente por la Sierra Madre de Oaxaca, en Oaxaca, y la Sierra de Zongolica, en Veracruz. Existe gran cantidad de especies endémicas de esta sierra que le dan identidad como un área única. En su vertiente seca (Valle de Tehuacán-Cuicatlán) algunas especies endémicas están relacionadas con la provincia del Balsas y otras con las provincias áridas del Altiplano. Esto sugiere una pasada continuidad entre las tierras áridas y semi áridas del Altiplano mexicano con el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, que se sustenta en distribución disyunta de endemismos como *Acanthotamnus aphyllus* (celastrácea), presente entre Tehuacán y Tecamachalco y entre el sur de Coahuila y Nuevo León; o bien con la distribución vicariante entre especies hermanas como *Agave stricta* (en Tehuacán) y *Agave striata* (Altiplano). Abarca dos áreas contrastantes, la Sierra de Juárez y el Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Este último concentra más de 450 especies endémicas de México, con gran cantidad de especies y subespecies endémicas de este valle como *Bursera arida* y *B. biflora* (copales) y *Crotalus molossus oaxacus* (víbora). En la provincia de Oaxaca prácticamente coexisten todos los tipos de vegetación, todos los bosques —mesófilos de montaña (44%), de coníferas (15%) y encinos (11%)—, todas las selvas tropicales, tanto caducifolias (10%), como perennifolias (17%) e incluso matorrales xerófilos (3%). No obstante, la estrecha relación entre la provincia de Oaxaca y la Sierra Madre Oriental se sustenta por varias especies que se distribuyen en ambas provincias, pero que están ausentes en el env, como *Quercus greggii* y *Q. hypoxantha* (encinos), *Pterourus esperanza*, *Paramacera chinantlensis* (mariposas), *Hyla arborescandens* (rana), *Abronia graminea* y *Sceloporus megalepidurus pictus* (lagartijas), *Crotalus scutulatus salvini* (víbora)

PROVINCIA DE LOS ALTOS DE CHIAPAS (SIERRAS TRANSÍSTMICAS).

Está compuesta por las sierras y mesetas y serranías del norte de Chiapas que continúan al este hacia la Sierra de los Cuchumatanes, en Guatemala. Es una provincia dominada por climas templados y húmedos; más de 90% de su área recibe arriba de los 1 000 mm de precipitación anual, en promedio, por lo que su

vegetación predominante son los bosques de coníferas (47%), de encinos (21%) y mesófilos de montaña (20%). Es una de las provincias más diversas del país, con gran cantidad de especies endémicas, cuasiendémicas de México, como *Cnetitis bullata*, *Elapho glossum latum*, *Polypodium chiapense* (helechos), *Juniperus comitana* (conífera), *Hyla euphorbiaceae biseriata* (rana), *Abronia lythrochila* (lagartija), *Neotoma mexicana chamula* (rata) y *Peromyscus mexicanus teapensis* (ratón).

PROVINCIA DEL SOCONUSCO.

Está conformada por la Sierra Madre de Chiapas-Guatemala; casi 90% del área de esta provincia recibe arriba de los 1 500 mm de precipitación anual. Por ello, su vegetación está compuesta por bosques de coníferas (35%), mesófilos de montaña (31%) y selvas altas perennifolias (25%). Hay varias especies endémicas y cuasiendémicas de esta área como *Asplenium solmsii*, *Ctenitis chiapensis* (helecho), *Juniperus standleyi* (conífera), *Zamia soconuscensis* (cícada), *Quercus durantifolia* (encino), *Pseudoeurycea brunnata*, *P. goebeli* (salamandras) y *Abronia smithi* (lagartija), entre muchas otras.

REGIÓN NEOTROPICAL.

La Región Neotropical se extiende desde el límite norte de Patagonia, pasando por los Andes, las cuencas del Amazonas y el Orinoco, el Caribe y Mesoamérica. Sin embargo, muchos grupos típicamente neotropicales tienen una distribución que se extiende hasta el suroeste de EUA y sur de Florida. Entre los grupos predominantes están los mezquites (*Prosopis*, género pantropical con especies de tres secciones estrictamente americanas), cuya distribución se extiende ampliamente en todo el medio árido, subhúmedo y húmedo del Neotrópico, desde el norte de Argentina hasta Arizona; los cuajotes y copales (*Bursera*), que se distribuyen alrededor de todo el Caribe y por la vertiente del Pacífico desde Baja California y suroeste de EUA hasta el Golfo de Guayaquil en Ecuador, y los pochotes (*Ceiba*). Diversas epífitas del género *Tillandsia* (*Bromeliaceae*) se distribuyen en las montañas de Mesoamérica y Sudamérica. Esta región la integran las siguientes provincias:

PROVINCIA DE BAJA CALIFORNIA.

Esta provincia comprende todas las tierras con predominio de los climas muy áridos de la Península de Baja California, excluyendo las sierras más altas del

noroeste y el extremo sureste, al sur de la Sierra de la Laguna; abarca áreas biológicamente importantes, como el Desierto del Vizcaíno y la Sierra de La Laguna. Debido a que 97% de sus tierras no reciben más de 500 mm de precipitación anual total, la mayor parte de la vegetación de esta área está cubierta por variantes del matorral xerófilo (95%). Para algunos autores (v. gr. Morrone 2005), el patrón más común de la distribución de las especies en la península no permite diferenciar de forma contundente una provincia de Baja California separada de la del Cabo. Muchas especies se distribuyen a todo lo largo de la península, como *Crotalus enyo* (víbora de cascabel). Sin embargo, aquí mantenemos la existencia de esta provincia, con base en la distribución de algunas especies como *Cheilanthes brandegeei*, *C. peninsularis* var. *peninsularis* (helechos), *Prosopis palmeri* (mezquite), *Quercus ajoensis*, *Q. peninsularis* (encinos) y *Thamnophis hammondi* (serpiente), entre otras.

PROVINCIA DEL CABO.

En esta provincia dominan los climas muy áridos (65%) y áridos (19%); en 85% de esta área no llueve más de 500 mm al año, por lo que su vegetación está compuesta principalmente por matorrales xerófilos (44%) y selvas bajas caducifolias (44%); los bosques de coníferas y encinos son menos importantes en extensión (6%), pero contienen gran cantidad de especies endémicas del área debido a su aislamiento de las otras cordilleras desde el Mioceno. Esta provincia, relativamente pequeña, contiene varias especies microendémicas, incluso de solo alguna de las vertientes de la Sierra de La Laguna. Sus especies endémicas pertenecen a los grupos más diversos, como *Pinus cembroides* var. *lagunae* (pino piñonero), *Bursera cerasifolia* (copal), *Quercus brandegeei*, *Q. devia* (encinos), *Crotalus ruber lucasensis* (víbora de cascabel), *Sceloporus hunsakeri* (lagartija), *Campylorhynchus brunneicapillus affinis* (pájaro matraquero), *Hylocharis xantusii* (colibrí), *Pipilo maculatus magnirostris* (ave); algunas de ellas están sujetas a protección especial. Hay cerca de 680 especies endémicas de la Península de Baja California, muchas de ellas compartidas entre las provincias de Baja California y el Cabo, e incluso la de California, pero una cantidad considerable es endémica solo de la del Cabo.

PROVINCIA DE SONORA.

Está dominada por selvas bajas espinosas y por diversos matorrales xerófilos que se extienden por toda la llanura costera de Sonora hasta los desiertos del

suroeste de Arizona (delta del Río Colorado y cuencas del Gila y del Yuma). Los tipos de vegetación dominante son matorrales xerófilos (62%), selvas bajas caducifolias (18%) y espinosas (10%). Esta provincia contiene cerca de 20 géneros endémicos y más de 650 especies endémicas, entre las que se encuentran *Bursera fragilis* (cuajote), *Coryphantha gracilis*, *C. pseudoechinus*, *C. sulcata* (cactáceas), *Prosopis velutina* (mezquite), *Rana yavapaiensis* (rana), *Crotalus cerastes*, *C. tigris* (víboras de cascabel), *Phrynosoma mcallii*, *P. solare* y *Urosaurus ornatus lateralis*, entre otras. Sin embargo, la especie más característica de esta provincia, tanto en la fisonomía de su vegetación, como en su identidad biogeográfica es el sahuaro, *Carnegiea gigantea* (la cactácea columnar más típica del área).

PROVINCIA DEL ALTIPLANO NORTE (DESIERTO CHIHUAHUENSE).

Dominan los climas áridos y muy áridos; 95% de la superficie total recibe menos de 500 mm de precipitación anual total, lo cual ha favorecido el desarrollo de matorrales xerófilos (63%) y pastizales (28%), como vegetación predominante de esta provincia. Entre los taxones típicos del altiplano Chihuahuense están *Cheilanthes pringlei* var. *moncloviensis*, *Notholaena greggii* (helechos), *Pinus remota* (pino), *Parthenium argenteum* (el guayule), *Coryphantha recurvata* y el peyote, *Lophophora williamsii* (cactáceas), *Urosaurus ornatus caeruleus*, *U. ornatus schmidti* (lagartijas), *Peromyscus eremicus eremicus* (ratón). Varias especies extienden su distribución a las áreas vecinas de Texas y Arizona, como *Cheilanthes horridula*, *C. villosa*, mientras otras atraviesan el norte de la Sierra Madre Occidental hasta alcanzar la provincia de Sonora, como *Ephedra trifurca* (conífera) y *Sceloporus anahuacus clarki* (lagartija).

PROVINCIA DEL ALTIPLANO SUR (TIERRAS ÁRIDAS ZACATECAS - MEZQUITAL).

Aquí dominan los climas semiáridos; 68% de esta área capta menos de 500 mm de precipitación anual total y 32% recibe entre 500 y 1 000 mm de lluvia. Por ello, la vegetación dominante está compuesta por matorrales xerófilos (57%) y pastizales (23%). Al igual que las otras provincias del medio árido, la del Altiplano sur alberga gran cantidad de taxones endémicos como *Pellaea ribae* (helecho), *Juniperus deppeana* var. *zacatecensis* (conífera), *Coryphantha macromeris runyonii*, *C. nickelsiae* (cactáceas) y *Sceloporus torquatus melanogaster* (lagartija).

PROVINCIA DEL PACÍFICO.

Esta área se extiende desde el Río Piaxtla hasta Chiapas. Se trata de una franja angosta de planicie costera, cuyo límite superior promedio se ubica en los 400 m de altitud, donde la vegetación de las montañas es predominantemente tropical. En esta provincia predominan los climas cálidos subhúmedos (74%), con lluvias de verano que alcanzan entre 500 y 1 500 mm al año; la vegetación típica son selvas caducifolias (60%) y su ecotono con bosques de encinos y pinos, donde dominan los climas semicálidos subhúmedos con lluvias de verano. Esta provincia está sustentada por la distribución de diferentes especies de copales como *Bursera excelsa*. Algunas especies restringen su distribución al norte de Cabo Corrientes (Eje Neovolcánico), como *Asplenium arcanum* (helecho), *Quercus praineana* (encino), *Thamnophis valida valida* (serpiente) y *Urosaurus bicarinatus tuberculatus* (lagartija); otras especies son más características del sur de la costa del Pacífico y penetran a la cuenca del Balsas como *Cheilanthes lozanoi* var. *lozanoi* (helecho), *Thamnophis valida isabellae* (serpiente) y *Urosaurus bicarinatus anonymorphus*. Muchas otras especies son endémicas de algunas cuencas costeras del Pacífico, como las de los ríos Armería-Coahuayana, Papagayo o Tehuantepec.

PROVINCIA DEL BALSAS.

Es un área extensa confinada por el Eje Neovolcánico y la Sierra Madre del Sur, elevaciones que producen un doble efecto de sombra lluviosa. Por ello, los climas predominantes son semiáridos y subhúmedos en dos terceras partes de su área y, en consecuencia, la vegetación más ampliamente distribuida es la selva baja caducifolia (72%) y su ecotono con los bosques de encinos (23%); se trata de una región hidrológica amplia donde confluyen aguas que escurren desde todos los volcanes principales del eje neovolcánico, desde el Nevado de Colima hasta el Pico de Orizaba, pasando por el Nevado de Toluca y la Sierra Nevada (Izta-Popo). Hay gran cantidad de endemismos que dan identidad a esta área como una provincia, como *Notholaena lemmonii* var. *australis* (helecho), *Bursera discolor*, *B. longipes*, *B. submoniliformis* (copales), *Coryphantha bummama* (cactácea). El género *Bursera* muestra gran cantidad de endemismos en estos dos sectores. Hay especies endémicas del Balsas oriental: *Bursera bolivarii*, *B. mirandae*, *B. vejar-vazquezii*, *B. xochipalensis*, y otras del Balsas occidental: *Bursera coyucensis*, *B. crenata*, *B. fragrantissima*, *B. infernidialis*, *B. paradoxa*, *B. sarukhanii*, *B. trifoliolata*, *B. trimera* y *B. velutina*. Además, presenta gran

cantidad de taxones microendémicos, sobre todo del Cañón del Zopilote, como *Bursera bonetii* y *B. chemapodicta*.

PROVINCIA TAMAULIPECA.

Esta provincia está ubicada en el extremo norte de la costa del Golfo de México. La vegetación dominante la constituyen los matorrales xerófilos y las selvas espinosas (91%). Es una provincia que se extiende hacia la planicie costera de Texas, en EUA. Entre las especies endémicas, típicas de sus selvas espinosas, están *Coryphantha clavata clavata*, *C. clavata stipitata* (cactáceas), *Prosopis reptans* var. *cinerascens*, *P. tamaulipana* (mezquites), *Sceloporus serrifer cyanogenis* y *S. variabilis marmoratus* (lagartijas), entre otras.

PROVINCIA DEL GOLFO DE MÉXICO.

Esta provincia se extiende desde la cuenca del Río San Fernando hacia el sur, hasta el Río Candelaria, donde empieza la Península de Yucatán. Debido a su elevado nivel de humedad —90% de esta área recibe más de 1 000 mm de lluvia anual y cerca de la mitad más de 2 000—, las selvas altas y medianas perennifolias (57%) dominan el paisaje de esta provincia, aunque en un estado muy perturbado, así como la vegetación hidrófila asociada con las lagunas costeras (8%). La mayor parte de las especies de esta provincia tienen distribución amplia en las selvas perennifolias del Golfo de México y el Caribe (v. gr. *Bursera simaruba* y *Pleopeltis fallax*). Sin embargo, hay algunos taxones típicos de esta provincia, como *Sceloporus serrifer pliopus*, *S. variabilis variabilis* (lagartijas). Otras especies restringen su distribución al sur de la costa del Golfo de México, como *Eleutherodactylus alfredi* (salamandra), *Hyla ebraccata*, *H. underwoodi underwoodi* (ranas) y otras a partir de Los Tuxtlas.

PROVINCIA YUCATECA.

Es una provincia relativamente seca; a pesar de que el aire que corre sobre ella contiene grandes cantidades de humedad, no produce nubes ni precipitación en la misma proporción, sino hasta elevarse en tierras de relieve más complejo, en Chiapas. Su extremo noroeste muestra una pequeña franja costera con clima semiárido, aunque la mayor parte del área tiene un clima tropical subhúmedo (95%). Por eso, la vegetación predominante en su mayoría está compuesta por selvas bajas caducifolias (85%). Entre las especies endémicas de la provincia

Yucateca se encuentran *Encyclia nematocaulon* (orquídea), *Sceloporus cozumelae* (lagartija), *Peromyscus yucatanicus yucatanicus* (ratón).

PROVINCIA DEL PETÉN.

Se ubica hacia el sureste de la Península de Yucatán, donde hay mayor cantidad de lluvias, lo que permite que la vegetación dominante esté constituida por selvas altas perennifolias (72%) y en menor grado por selvas espinosas (13%). *Peromyscus yucatanicus badius* es un ratón típico del Petén.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE.

A partir de lectura da respuesta a las siguientes preguntas:

1. ¿Por qué se considera a México como un país megadiverso?
2. ¿Qué son las especies endémicas?
3. ¿Cómo se explica la aparición de especies endémicas?
4. ¿Qué aspectos hacen que México sea el tercer país del mundo con el mayor índice Nacional de Biodiversidad?
5. ¿Cuáles son los nueve estados que se consideran de alto endemismo?

6. A partir de la lectura, menciona el nombre común o científico de 5 especies endémicas de nuestro país.

7. ¿Qué estado ocupa el cuarto lugar en cuanto a diversidad de vertebrados?

8. ¿Qué estudia la biogeografía?

9. Menciona las 6 regiones biogeográficas, según la clasificación de Phillip Lutley Sclater.

10. Menciona las regiones biogeográficas que le corresponden a nuestro país, de acuerdo con el sistema Sclater.

11. ¿Existe alguna relación entre el patrón altitudinal y la riqueza y abundancia de especies? Explica brevemente.

CON BASE EN LA LECTURA ANTERIOR, COMPLETA LA TABLA SIGUIENTE:

	REGIONES	PROVINCIAS	TIPO DE CLIMA	ESPECIES ENDEMICAS
REGIONALIZACIÓN BIOGEOGRÁFICA DE MÉXICO				

AUTOEVALUACIÓN.

Instrucciones: encierra con un círculo la opción correcta:

1. Los endemismos se pueden explicar como:
 - a) el resultado de la evolución conjunta de varios linajes que fueron afectados por los mismos eventos de fragmentación de sus distribuciones.
 - b) el resultado de la evolución conjunta de un solo linaje que fue afectado por los eventos de fragmentación de sus distribuciones.
 - c) el resultado de la evolución conjunta de varios linajes que fueron afectados por diferentes eventos de fragmentación de sus distribuciones.
 - d) el resultado de la evolución conjunta de varios linajes que fueron no afectados por los mismos eventos de fragmentación de sus distribuciones.
2. Una vez fragmentadas las poblaciones, el intercambio genético se interrumpe y, a lo largo de muchos miles de años de tal aislamiento, se generan especies nuevas, es decir, se presenta un proceso de especiación:
 - a) alopátrica
 - b) simpátrica
 - c) invasora
 - d) exótica
3. En todas las entidades federativas de la República, se han registrado especies endémicas de vertebrados, excepto en:
 - a) Zacatecas
 - b) Tlaxcala
 - c) Campeche
 - d) León
 - e) Chihuahua

A) a, b y c B) a, d y e C) c, d y e D) a, c y e
4. Los estados de la República Mexicana más importantes en cuanto a su riqueza de especies son Oaxaca, Chiapas, Veracruz y Guerrero

- a. Oaxaca
 - b. Chiapas
 - c. Veracruz
 - d. León
 - e. Guerrero
- A) a, b, d y e B) a, b, c y d C) b, c, d y e D) a, c, d y e
5. Se encarga de estudiar los patrones de distribución de los seres vivos en función de la evolución de la Tierra y la diversificación de los taxones.
- a) Ecología
 - b) Biogeografía
 - c) Biología
 - d) Geografía
6. México queda en el límite entre las regiones _____ y _____; es decir, en dos grandes "zonas", una Norte y otra Sur:
- a) Oriental y paleártica
 - b) Neártica y paleártica
 - c) Neotropical y oriental
 - d) Neártica y neotropical
7. Son provincias de la región Neártica:
- a) Isla Guadalupe, Baja California y Oaxaca
 - b) Sonora, Tamaulipeca y Yucateca
 - c) Isla Guadalupe, Sonora y Oaxaca
 - d) Sonora, Baja California y Oaxaca
8. Son provincias de la región Neotropical:
- a) Isla Guadalupe, Baja California y Oaxaca
 - b) Sonora, Tamaulipeca y Yucateca
 - c) Isla Guadalupe, Sonora y Oaxaca
 - d) Sonora, Baja California y Oaxaca

Respuestas: 1. a; 2. a; 3. A; 4. B; 5. d; 6. d; 7. b; 8. b

BIBLIOGRAFÍA:

Cardona, Ll. 2007. Biodiversidad. Océano, Barcelona

Espinosa, D., S. Ocegueda et al. 2008. El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural, en Capital natural de México, vol. I : Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México, pp. 33-65.

Figuras:

Figura 1. Tomada de https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcS_qauPcKL6adHbY4Y8g2rGF91grQ6j_hCFnFoua7i277B0r9hNIQ

Figura 2. <http://legacy.pacoelchato.com/cqs/imagenes/g404801.jpg>

Figura 3.

http://www.animalesextincion.es/images/0709131204_Teporingo_1.jpg

Figura 4. https://3.bp.blogspot.com/-oRSw-OZRbCs/WIiNVDjI5mI/AAAAAAAAEIo/mUrOKx96_4AnCF_CohydwAPWBhctnEV9ACLcB/s1600/03Fig5.jpg

Tema II. Biodiversidad de México

Subtema: Factores que afectan la Biodiversidad

Aprendizaje: Relaciona los factores naturales y antropogénicos con la pérdida de Biodiversidad en México.

Conceptos básicos: Factores naturales: Cataclismos (terremotos, tsunamis, actividad volcánica, epidemias), Factores antropogénicos: pérdida de hábitats, especies invasoras, sobreexplotación de los recursos naturales, contaminación, cambio climático.

¿QUÉ FACTORES INFLUYEN EN LA PÉRDIDA DE BIODIVERSIDAD?

La "biodiversidad" se refiere a todas las formas en que la vida se manifiesta en la Tierra, es decir, desde la variación genética en individuos y poblaciones, hasta los ecosistemas y biomas (Challenger, et al 2009).

En la biodiversidad el cambio es la norma y este se presenta de manera natural en un ámbito de espacio-temporal muy amplio (Challenger, et al 2009). Un ejemplo, sobre cambios naturales podrían ser el cambio en la composición florística debido a la caída de árboles de dosel, ocasionado por un factor natural como es el fuerte viento en época de "nortes" en una selva tropical al suroeste de México (Martinez-Ramos, 1994). Otro ejemplo, puede ser el efecto de la actividad volcánica. Se tienen registros que el volcán Parícutín, ubicado en el estado de Michoacán, inició su actividad en el año 1943 y culminó en 1952, depositando a lo largo de estos nueve años, lava, cenizas y otros materiales a sus alrededores afectando el suelo, la vegetación y la fauna.

En el país y en muchas partes de la tierra, a partir de los últimos milenios, pero sobre todo durante los siglos XIX y XX (de manera aguda a partir de 1950), la presencia humana se ha convertido en otro factor de cambio al que le denominamos antropogénico, es decir, cambios ocasionados por la intervención del hombre, en donde el problema de raíz es el crecimiento poblacional y como consecuencia el incremento en la demanda de recursos naturales y servicios ambientales, para su supervivencia amenazando continuamente a la biodiversidad. (Challenger, et al 2009)

El cambio causado por factores antropogénicos tiene algunas semejanzas con los factores naturales, pero tiene diferencias importantes. Lo que más los distingue

en la actualidad, no es solamente la magnitud si no la tasa en la que ocurren. El problema aumenta cuando los factores naturales y antropogénicos frecuentemente actúan de manera sinérgica.

Actualmente, se reconoce que los principales factores antropogénicos que amenazan a la biodiversidad, tanto en México como en el mundo son:

- a) *Pérdida de hábitat*: que tiene lugar con los cambios en el uso de la tierra, en particular la conversión de ecosistemas naturales en tierras de cultivo. Hasta ahora, se han convertido en campos de cultivo entre el 20 y el 50% del área total de más de la mitad de los catorce biomas terrestres del planeta (Fig. 41)



Figura 41. Orangután de Borneo, en Indonesia, han perdió su hábitat por la deforestación para las plantaciones de palma.

- b) *Fragmentación del hábitat*: aun cuando un ecosistema natural no sea destruido por completo, puede dividirse en pequeños trozos rodeados por regiones dedicadas a las actividades humanas que son incompatibles con la supervivencia de muchas especies (Fig. 42). La fragmentación puede resultar en poblaciones demasiado pequeñas para sobrevivir. A largo plazo, uno de los efectos más importantes de la fragmentación son los cambios genéticos de las poblaciones que han quedado aisladas.



Figura 42 Área de bosque fragmentado por deforestación en el Amazonia.

Tomada: <https://bit.ly/2MiXfHQ>

c) *Especies invasoras*: 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 (Fig. 43).



Figura 43. Pez león, la especie invasora que amenaza el Caribe, Golfo de México y el Atlántico Occidental
Tomada: <https://bit.ly/1EIDRx6>

d) *Explotación de los recursos naturales*: se refiere a la extracción de individuos de una población a una tasa mayor a la de su reproducción (Fig. 44). El rápido crecimiento poblacional, la existencia de fuertes intereses económicos y la ignorancia, han provocado el uso irracional de los recursos. Tal es el caso de la explotación de los recursos maderables de bosques y selvas que ofrece importantes beneficios económicos a las personas que los administran. Las poblaciones que crecen de forma rápida en los países menos desarrollados aumentan la demanda de productos animales, pues el hambre y la pobreza impulsan a la gente a recolectar todo lo que pueda venderse o comerse.



Figura 44. Explotación pesquera
Tomada: <https://bit.ly/2FKxdfx>

e) *Contaminación ambiental*: es la acumulación de sustancias y de materiales orgánicos e inorgánicos y de otros agentes como la radiaciones y el ruido, que alteran la calidad del medio. Las fuentes de contaminación pueden ser naturales o antropogénicas. Este deterioro causa daños a la salud humana, pero también tiene efectos nocivos en las especies silvestres que habitan los ecosistemas; por tal razón; cuando existe contaminación el recurso deja de ser útil. Los contaminantes se clasifican en biológicos, químicos o físicos. Los biológicos son microorganismos, como bacterias, hongos o protozoarios, que contaminan el agua (Fig. 45). Los contaminantes químicos pueden ser del tipo orgánicos como los hidrocarburos; o inorgánicos como el CO_2 . Por último, los contaminantes físicos se relacionan con las formas de energía que sobrepasan niveles normales, por ejemplo la radioactividad y el ruido. Estos contaminantes pueden afectar la atmósfera, el agua y el suelo.



Figura 45. Contaminación del agua.
Tomada: <https://bit.ly/2BqSLIm>

f) *Cambio climático*: el uso de combustibles fósiles, junto con la deforestación, ha aumentado de forma considerable, los niveles de dióxido de carbono en la atmósfera, lo que ha generado un aumento en la temperatura global modificando el clima (Fig. 46). Esto puede afectar la abundancia y distribución de las especies en los ecosistemas terrestres y acuáticos de todo el planeta, poner en riesgo el hábitat de especies nativas y amenazadas, y ocasionar su disminución o extinción.



Figura 46. Cambio climático. Largos períodos de sequía o de intensa lluvia. Tomada: <https://bit.ly/2FEq1T1>

Prácticamente todos los ecosistemas de la Tierra han experimentado una transformación radical fruto de la mano del hombre, y continúan transformándose ecosistemas para usos agrícolas, entre otros.

La pérdida actual de biodiversidad y los cambios derivados en el medio ambiente se producen a una velocidad hasta ahora desconocida en la historia de la humanidad, y no hay indicios de que este proceso se esté ralentizando. Muchas poblaciones de plantas y animales han declinado en número, extensión geográfica o ambas variables.

La extinción de especies forma parte del curso natural de la historia de la Tierra, sin embargo, la actividad del hombre ha acelerado el ritmo de extinción al menos cien veces respecto al ritmo natural, reduce la productividad de los ecosistemas y de esta manera disminuye la "canasta" de bienes y servicios que nos ofrece y de la cual sacamos provecho constantemente. Ello desestabiliza los ecosistemas y debilita su capacidad para hacer frente a los cambios naturales como inundaciones, sequías y huracanes.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Instrucción: Lee los siguientes textos y contesta lo que se te indica.

1. En los ecosistemas naturales es ley que unas especies sean el alimento de otras. Prueba de ello son los salmones y los osos en los ríos de Alaska, las cebras y los leones en las sabanas africanas y las orugas de las mariposas y las aves en muchos lugares del mundo. Después de muchas generaciones, algunas especies presentan una sincronización en sus relojes biológicos para explotar a sus presas en momentos importantes de sus ciclos de vida. Por ejemplo, para muchas aves, las orugas salen de sus huevos precisamente en el tiempo en que más alimento requieren para sus crías.

El mosquero real vive en Veracruz y en la Península de Yucatán. Se alimenta de insectos en general, sin embargo cuando son polluelos nacen, su dieta se basa en orugas. Durante la década de los ochentas se observó que entre mediados de abril y mayo, el mosquero real (*Onychorhynchus coronatus*) inicia su período de reproducción. Para inicios de junio, el número de polluelos recién nacidos en los nidos estaba en su pico máximo, por esas mismas fechas se presentaba también la mayor salida de orugas de sus huevos (Fig. 47) ya que en este período la temperatura ambiental era favorable para ellas.

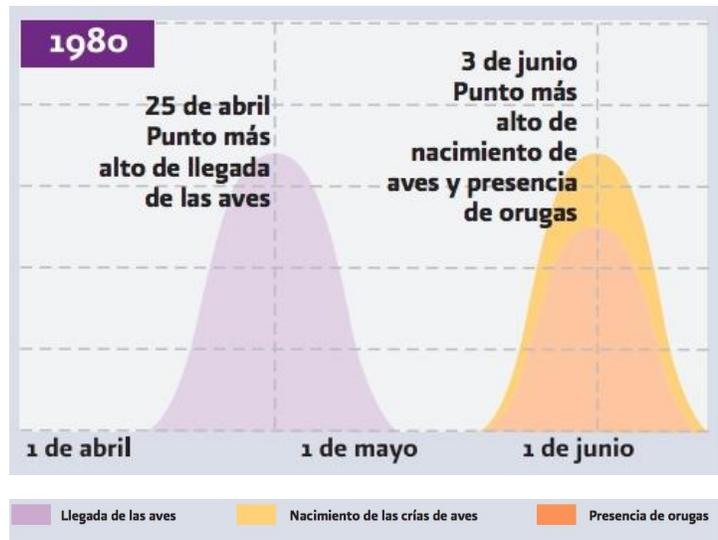
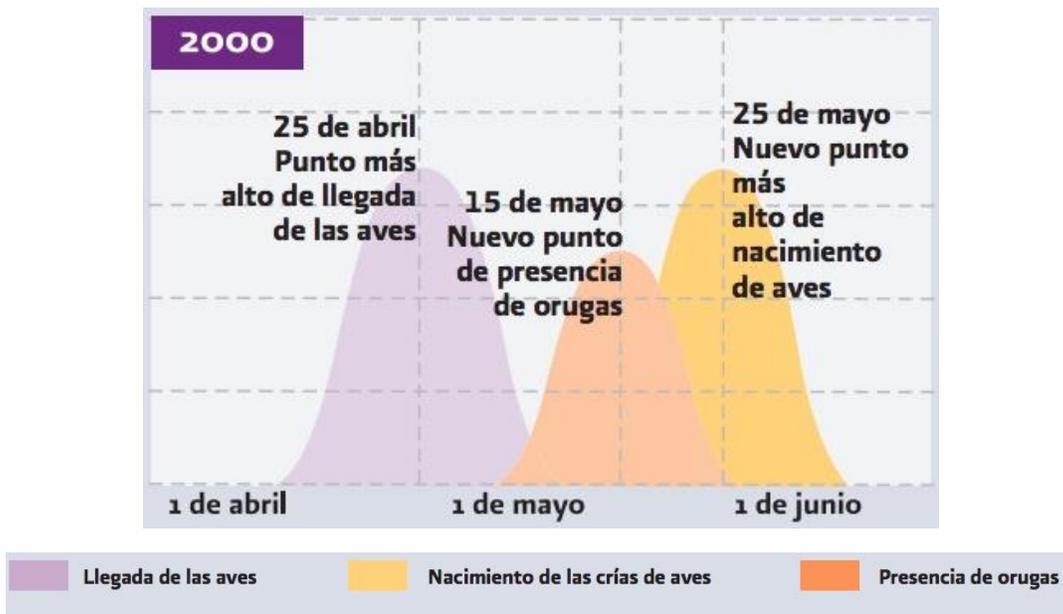


Figura 47. Registro de 1980 en el que se muestra el periodo en el que nacen y llegan las aves del mosquero real, así como la presencia de orugas.

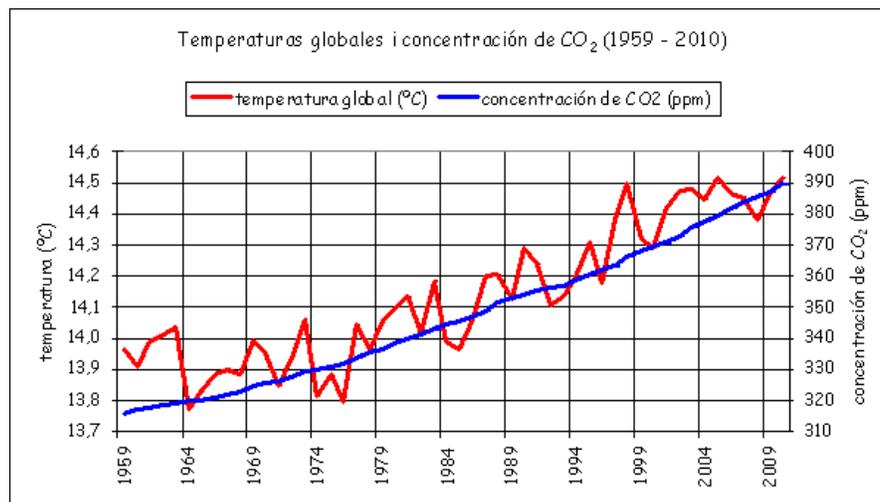
Ahora observa la siguiente gráfica y contesta lo siguiente:



En el 2000...

- a) ¿En qué mes se presenta el punto más alto de nacimiento de orugas?
- b) ¿En qué mes se presenta el punto más alto de nacimiento de aves?
- c) ¿Existe un desfase entre el nacimiento de las aves y el nacimiento de las orugas? Explica tu respuesta.
- d) ¿Qué factor físico ambiental pudo haber cambiado para que ocurriera este desfase?

En la siguiente gráfica se muestra el aumento de temperatura global junto con la concentración de CO_2 en la atmósfera, con base en esta información contesta lo siguiente:



- e) ¿Cuántos grados aumentó la temperatura global de 1980 al 2000?
- f) ¿Cuántas ppm incrementó la concentración de CO_2 de 1980 al 2000?

g) ¿Qué relación puede tener el aumento de CO_2 en la atmósfera con el aumento de temperatura?

h) ¿Qué tipo de actividades influyen en el aumento CO_2 en la atmósfera y en la temperatura global?

i) ¿El CO_2 podría considerarse como un contaminante? ¿Por qué?

j) Con base en los datos anteriores. Da una explicación de por qué las orugas salieron de sus huevos antes de lo que se tenía registrado en 1980.

k) ¿El aumento de la temperatura y de CO_2 pueden poner en peligro a los polluelos del morquero real?. Explica por qué.

2. El pez león (*Pterois antennata*) es originario de los mares de África y Asia, pero hoy es una especie invasora en el Caribe. A principios de los años ochenta fue introducido -aparentemente por descuido de acuaristas- al Océano Atlántico (costa Este de los Estados Unidos de América). Después de 30 años, la población de este pez ya cubrió gran parte de la costa Este de Estados Unidos, Las Bahamas, el Mar Caribe y el Golfo de México y es considerado por las legislaciones ambientales de diferentes países como

invasor. En México, fue detectado a inicios de 2009 en el Mar Caribe, en arrecifes coralinos de Cozumel y a finales de 2009 fue capturado en el Sureste del Golfo de México, frente a las costas de Yucatán. El pez león vive en aguas cálidas, en zonas rocosas y arrecifes de coral, se alimenta de peces, camarones y crustáceos. Las hembras pueden tener de 2,000 a 15,000 huevos, los cuales nacerán en aproximadamente dos días y por si fuera poco no cuentan con un depredador.

- a) ¿Cuál será la razón por la cual el pez león a tenido tanto éxito y se ha expandido desde Estados Unidos hasta el Golfo de México?

 - b) En los arrecifes de coral, los peces se alimenta de algas, esto ayuda a mantener al límite el crecimiento de estas comunidades, a este actividad se le denomina pastoreo. Sin este pastoreo, las algas, podrían ocupar espacios que los corales necesitarán para desarrollarse, es decir, hay una competencia por el sustrato entre los corales y las algas. ¿Qué efecto tendría sobre los corales la disminución de la población de peces por la depredación del pez león?
3. Campeche es el estado más deforestado de toda la Península de Yucatán, con 54 mil 761 hectáreas de selva tropical perdida, o sea 22% del total deforestado a nivel nacional. Ese territorio, junto al de Quintana Roo, Yucatán y Chiapas suman 150 mil hectáreas deforestadas, que es casi el total de lo que mide la Ciudad de México. Las causas principales, son el cambio de uso de suelo para actividades agrícolas, forraje para el ganado, otros monocultivos y en menor medida está la infraestructura de complejos turísticos. Esta pérdida de hábitat pone en riesgo al felino mas grande de América, el Jaguar (*Panthera onca*) pues queda aislado en espacios relativamente pequeños para su especie, reduciendo a nivel poblacional su variabilidad genética.

- a) ¿Cómo puede influir la deforestación de las selvas tropicales en el cambio climático? Explica.
- b) ¿De qué otra manera puede afectar al jaguar la disminución de organismos como mamíferos, reptiles, aves y peces que también se ven afectados por esta reducción de espacios?

AUTOEVALUACIÓN

Instrucción. Coloca en el paréntesis la respuesta correcta

17. Se considera la principal causa de la pérdida de biodiversidad:.....()
- K) Cambio climático.
 - L) Crecimiento poblacional. (respuesta correcta)
 - M) Contaminación acuática.
 - N) Especies invasoras.
18. Especie exótica cuya introducción en un hábitat distinto al suyo causa o puede causar daño económico, ambiental o daños a la salud humana:.....()
- A) Especie invasora. (respuesta correcta)
 - B) Especie endémica.
 - C) Especie nativa.
 - D) Especie conquistadora.
19. Es el efecto del excesivo uso de combustibles fósiles, generando entre otros contaminantes, la acumulación de CO_2 en la atmósfera que afectan las condiciones físicas del ecosistema.....()
- A) Contaminación atmosférica.
 - B) Calentamiento global.
 - C) Cambio climático. (respuesta correcta)
 - D) Huracanes y tornados

20. Factores naturales que puede contribuir a la pérdida de biodiversidad.....()
- A) Contaminación del suelo y especies invasoras.
 - B) Erupción volcánica y sismos. (respuesta correcta)
 - C) Erupción volcánica y cambio climático.
 - D) Contaminación del suelo y huracanes.

Respuestas: 1 (b) 2 (a) 3 (c) 4 (b)

BIBLIOGRAFÍA

- Ceballos, G., C. Chávez, H. Zara y C. Manterola. (2005) Ecología y conservación del jaguar en el región de Calakmu. CONABIO. Biodiversitas 62:1-7.
- Challenger A., Dirzo R., (2009). Factores de cambio y estado de la biodiversidad, en Capital natural de México, vol. II: Estado de Conservación y tendencias de cambio. CONABIO, México, pp.37-73
- Luna Plascencia, R., Castañón Barrientos A. y Raz-Guzmán A. (2011). La biodiversidad en México: su conservación y las colecciones biológicas. Ciencias 101, enero-marzo, 36-43. [En línea].
- Martínez-Meyer E., Sosa-Escalante J., y Álvarez Fernando (2014). El estudio de la biodiversidad en México: ¿una ruta con dirección? Revista Mexicana de Biodiversidad. Supl. 85: S1-S9.
- Martínez-Ramos, M. (1994) Regeneración natural y diversidad de especies arboreas en selvas húmedas. Boletín de la Sociedad Botánica de México 54:179-224.
- Millenium Ecosystem Assessment. 2005. www.millenniumassessment.org
- Molina-Freñar F. (2015). Riqueza incomparable. Antología de Biología ¿Cómo ves?. pág. 12-15.
- Pompa S., Martínez L. y Equihua C. (2015). Los beneficios gratuitos de la naturaleza. Antología de Biología ¿Cómo ves?. pág. 217-219.

Tema III. Biodiversidad de México

Subtema: Conservación in situ y ex situ

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

Conceptos básicos: Conservación, Áreas Naturales Protegidas, Corredores biológicos, Reintroducción de especies, Translocación de especies, Biorremediación, UMAs, Ordenamiento ecológico, Banco de germoplasma, Jardín botánico.

CONSERVACIÓN IN SITU Y EX SITU

Frenar y revertir el contundente proceso de deterioro de la biodiversidad en todos sus niveles de organización (genética, específica y ecosistémica) es uno de los mayores retos que enfrenta el mundo actual, y México no es la excepción. Poco a poco se comienza a reconocer no sólo el valor intrínseco que tiene la diversidad biológica en sí, sino su importancia en el mantenimiento de los sistemas necesarios para la vida y la biosfera, incluyendo una diversidad de servicios ecológicos para el bienestar humano que son parte del capital natural de los países (Myers 1996; Daily 1997; Dasgupta 2009). Es por ello que se requieren de estrategias que garanticen su conservación. En este sentido, la conservación es una disciplina dedicada a la preservación, rescate, mantención, estudio y utilización del patrimonio que representa la biodiversidad. La conservación puede realizarse en dos modalidades: **in situ** y **ex situ**. Estas dos modalidades son complementarias y permiten garantizar la conservación del patrimonio genético de las especies y sus poblaciones, en el mediano y largo plazo.

¿Cuáles son las diferencias entre la conservación *ex situ* e *in situ*?

La conservación *in situ* "es la conservación, mantención y recuperación de poblaciones viables en sistemas dinámicos y evolutivos del hábitat original o, en el caso de especies cultivadas, en el entorno en que hayan desarrollado sus características". La conservación *ex situ* se define como "la conservación de muestras genéticamente representativas de las especies o cultivos, que se mantienen viables a través del tiempo, fuera de sus hábitats naturales o lugares

de cultivo, en ambientes controlados y con el apoyo de tecnologías adecuadas" (Frankel y Soulé 1992).

Conservación *ex situ*

Un objetivo central de la conservación *ex situ* es reducir el riesgo de extinción de especies o poblaciones, en algunos casos con el propósito de restablecer poblaciones nuevas en el hábitat natural. La conservación *ex situ* es valiosa para realizar estudios sobre distintos aspectos de la biología o conducta de las especies, el desarrollo de vacunas para prevenir enfermedades tanto en poblaciones silvestres como en individuo para reintroducirlos al medio silvestre. El Convenio sobre la Diversidad Biológica identifica claramente que la biodiversidad está mejor conservada *in situ*, y como es lógico, esto significa que *ex situ* debe aplicarse como apoyo al imperativo de la conservación *in situ*. Cabe señalar que cuando las amenazas a las especies en su propio hábitat o al hábitat mismo son considerables, las posibilidades de que persistan a largo plazo son remotas, de ahí que sea importante evaluar la necesidad de iniciar un programa de conservación *ex situ*.

En general, los esfuerzos para la conservación *ex situ* se han desarrollado en dos vertientes independientes entre sí: **la flora y la fauna**. La primera incluye los jardines botánicos, los recursos genéticos forestales (semilleros, plantaciones y bancos de semillas) y recientemente los laboratorios de cultivo de tejidos. La segunda la han desarrollado sobre todo zoológicos, acuarios y criaderos, y en menor grado bancos de semen, óvulos y embriones. Por otro lado, existen grupos de organismos que, por su biología particular, requieren un tipo especial de infraestructura y técnicas para su conservación. Es el caso de levaduras marinas, microalgas, cepas de hongos, cianobacterias, dinoflagelados marinos, líquenes y briofitas, entre otros.

Cabe mencionar que la conservación *ex situ* tiene problemas intrínsecos, como la pérdida de variabilidad genética debida al efecto fundador que invariablemente se asocia a las poblaciones en cautiverio, al igual que una reducida capacidad de adaptación al medio silvestre conforme las generaciones permanecen en cautiverio

Conservación *in situ*

La conservación *in situ* es el único método práctico actualmente disponible para conservar una gran variedad de ecosistemas, especies y genes actualmente vulnerables, amenazados o en peligro. Además de permitir la conservación de especies diferentes y la coevolución de los sistemas biológicos, la conservación *in situ* de los recursos genéticos puede ser compatible con su manejo para el sostenimiento de los bienes que satisfacen los requerimientos cotidianos de las poblaciones locales, como los alimentos, el forraje y las medicinas, y para cosechar madera, leña y combustibles.

La conservación *in situ* de una especie debe considerar la genética y dinámica de las poblaciones, sus aspectos ecológicos, reproductivos y su fisiología. Por ningún motivo, se debe aplicar algún método que implique selección natural, ni positiva ni negativa. La selección provoca serios efectos que derivan en erosión genética y se modifican los patrones de la estructura genética de las especies. La selección se aplica cuando se procede a la utilización de las especies, jamás cuando el objetivo es la conservación.

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. 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.

En términos generales, es muy importante que una estrategia de conservación *in situ*, se pueda insertar en los planes regionales de desarrollo y uso sustentable de los recursos naturales, para generar intereses comunes entre la conservación de la naturaleza y su utilización

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

ACTIVIDAD 1

Instrucciones. Considerando la información del texto anterior contesta las siguientes preguntas.

1. En el texto se menciona el concepto de patrimonio genético, ¿a qué se refiere éste? Argumenta tu respuesta.
2. ¿Cuál es la valía de la conservación *ex situ*?
3. La conservación *in situ* y *ex situ* forman parte de un plan global, en este sentido, ¿en qué momento se emplea la *ex situ*? Argumente tu respuesta.
4. En el texto se menciona "...tiene problemas intrínsecos, como la pérdida de variabilidad genética debida al efecto fundador..." ¿En qué consiste el efecto fundador? ¿cómo resolver este problema de la conservación *ex situ*?
5. La conservación *in situ* no sólo se limita a especies ¿qué otros niveles de la biodiversidad conserva? ¿por qué?
6. ¿Cuál es la valía de la conservación *in situ*?
7. En el texto se menciona el concepto de erosión genética, ¿cuál es la relación de éste con la conservación *in situ*? Explica.

ACTIVIDAD 2

Instrucciones. A partir del texto completa la siguiente tabla comparativa.

Modalidades	Definición	Tipos	Ventajas	Desventajas
<i>In situ</i>				

<i>Ex situ</i>				

Actividad 3

Instrucciones. Realiza una investigación bibliográfica para cada uno de los siguientes tipos de conservación *in situ* y *ex situ*: jardín botánico, banco de semillas, acuario, área natural protegida, unidad de manejo para la conservación de la vida silvestre y ordenamiento ecológico. Debes mencionar un ejemplo en nuestro país y contestar las siguientes preguntas para cada uno de ellos.

- a) ¿Cuáles son las principales acciones de conservación que realiza?
- b) ¿Cuál son las ventajas que ofrece?
- c) ¿Cuáles son las desventajas que enfrenta?
- d) ¿Cuáles son exclusivas para la flora y cuáles para la fauna? ¿cuáles son consideradas estrategias de conservación mixtas?

AUTOEVALUACIÓN

Instrucciones: elige la opción correcta:

21. Es la conservación es la conservación, mantención y recuperación de poblaciones viables en sistemas dinámicos y evolutivos del hábitat original:()
 O) Ex situ

- P) In situ (respuesta correcta)
- Q) In vitro
- R) In vitalis

22. Tipo de conservación en la que el efecto fundador juega un rol importante en su implementación:()

- A) Ex situ (respuesta correcta)
- B) In situ
- C) In vitro
- D) In vitalis

23. Representa un tipo de la conservación *ex situ* :.....()

- A) Área natural protegida
- B) Parque nacional
- C) Reserva de la biosfera
- D) Banco de semillas (respuesta correcta)

24. Representa un tipo de la conservación *in situ*:()

- A) Área natural protegida (respuesta correcta)
- B) Acuario
- C) Cultivo de tejidos
- D) Zoológico

25. Tipo de conservación en el que el desarrollo sustentable se considera uno de sus ejes rectores:()

- A) Ex situ
- B) In situ (respuesta correcta)
- C) In vitro
- D) In vitalis

Respuestas:

1 (B), 2 (A), 3 (D), 4 (A) , 5 (B)

BIBLIOGRAFÍA:

Pezoa, A. (2001). Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Coquimbo. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile. Recuperado de www.biouls.cl/Irojo/Manuscrito/Capitulo%2018%20Conservacion.PDF

Lascuráin, M., et al. (2009). Conservación de especies ex situ, en Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio, México, pp. 517-544. Recuperado de <https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/edoConservacion.html>

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. Conabio, México, pp. 245-302. Recuperado de <https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/edoConservacion.html>

Tema II. Biodiversidad de México

Subtema: Importancia de la biodiversidad

Aprendizaje: Comprende el valor de la biodiversidad y propone acciones para el mejoramiento de su entorno.

Conceptos básicos:

¿POR QUÉ ES IMPORTANTE LA BIODIVERSIDAD?

La biodiversidad comprende al conjunto de sistemas vivos que habitan nuestro planeta, sus variedades genéticas, razas y subespecies, ya sean silvestres o cultivadas. También se incluyen en este concepto el conjunto de ecosistemas, hábitats acuáticos y terrestres de nuestro planeta. La biodiversidad es el producto de 4600 millones de años de evolución planetaria en una historia natural irreproducible. Esto resalta la cualidad única de todas las formas biológicas y las interacciones entre ellas. Su importancia es tan grande que la cumbre medioambiental de 1992 celebrada en Río de Janeiro le dedicó uno de los convenios internacionales más trascendentales, el Convenio sobre la Diversidad Biológica. El propósito general del Convenio es promover medidas que conduzcan a un futuro sostenible.

Este tratado tiene como objetivos:

- La conservación de la diversidad biológica;
- La utilización sostenible de todos sus componentes.
- La participación justa y equitativa en los beneficios derivados del manejo sostenible de los recursos biológicos y sus servicios ambientales.

¿Por qué es importante la conservación de la biodiversidad?

La biodiversidad debe conservarse y protegerse por motivos éticos y científicos (WWF, 2010). Tradicionalmente y en diversos documentos se le atribuye a la biodiversidad un valor utilitario, económico, cultural, espiritual, científico, estético, además de señalar sus valores evolutivos, funcionales, entre otros muchos posibles. La humanidad depende por entero de la biodiversidad y sus servicios ambientales (Costanza, R. et al, 1997).

¿Cuáles son los valores de la biodiversidad?

Valores utilitarios y económicos

Las civilizaciones dependen por entero de los recursos biológicos. Aproximadamente el 40% de la economía global reside en la biodiversidad y los servicios ambientales de los ecosistemas. Los productos obtenidos de los sistemas biológicos alimentan a la industria agrícola, ganadera, pesquera, cosmética, farmacéutica, construcción, hortícola y turística. De la biodiversidad se obtienen recursos como la madera, los vegetales y animales comestibles, incluidos los peces y el marisco, aceites esenciales, principios activos empleados en medicamentos, plantas ornamentales, hongos comestibles, entre otros muchos (Dorado, A. 2012).

Algunos especialistas plantean la necesidad de hacer una valoración monetaria de los ecosistemas y la diversidad biológica, entre otros argumentos, porque existe la idea de que es necesario expresar en términos monetarios los valores de la biodiversidad para poder ser comunicado a los tomadores de decisiones de gobiernos y empresas, también porque al asignarse un valor económico cuantificable se puede cotizar y regular por el libre mercado, y porque se piensa que al asignar dicho valor económico las personas en general tendrán un mayor aprecio e intención de conservación (Costanza *et al*, 1997).

Aunque se han hecho diversas estimaciones para tratar de calcular el valor monetario de la biodiversidad y los servicios ambientales, resulta obvio que existen una enorme complejidad para asignar dicho valor a la diversidad, puesto que hay aspectos de ella que simplemente son inconmensurables, como los aspectos culturales, funcionales, científicos y estéticos.

Valores éticos

Se fundamentan en el derecho que tienen todos los seres vivos a existir. Aunque tradicionalmente se ha considerado a los demás seres vivos desde una perspectiva meramente utilitaria y al servicio del hombre, actualmente hemos avanzado en el reconocimiento de su "derecho a vivir". Existen un gran número de movimientos proteccionistas, la lucha contra incendios forestales, la

descalificación a la cacería legal e ilegal, que son ejemplos de esta valoración de la vida. El ser humano, como una especie más, no debe de amenazar la supervivencia de las demás especies con las que comparte el planeta Tierra.

Valores estéticos

Los seres vivos son una fuente permanente de belleza; tanto si los observamos separadamente como dentro de un paisaje. Históricamente, en todas las civilizaciones, la biodiversidad ha causado contemplación, asombro y apreciación, del mismo modo, ha sido fuente de inspiración de grandes obras artísticas. Y en la actualidad sigue siendo así, los principales atractivos turísticos en nuestro país y en el mundo están ubicados en sitios de gran atractivo paisajístico, que depende de la biodiversidad local.

Valores culturales

Como consecuencia de la diversidad biológica, México posee un rico mosaico cultural que se hace patente por el hecho de que en el país se hablan numerosas lenguas indígenas que, dependiendo de los criterios de clasificación, van de 59 a 291 (Conabio, 2017). La relación entre las culturas de nuestro país y la biodiversidad es muy estrecha, y se manifiesta tanto en sus modos de producción, los recursos que emplean, el conocimiento tradicional y su cosmovisión (SEMARNAT, 2013).

Parte de esta relación se manifiesta en las especies de plantas domesticadas, las cuales se estiman en alrededor de 118, lo que representa al 15.4% de las especies que se consumen como alimento a nivel mundial. Adicionalmente, un gran número de plantas silvestres y domesticadas son empleadas en rituales religiosos y fiestas tradicionales, como es el caso de algunas bromelias, orquídeas, la flor de cempoalxóchitl, el copal y la cresta de gallo.

Valores científicos

El valor científico de la biodiversidad se relaciona con los múltiples conocimientos que podrían resultar de su estudio, ya que la pérdida de especies de plantas y animales disminuye la posibilidad de comprender muchos fenómenos

biológicos (cita). La conservación de la biodiversidad es crucial para generar conocimiento sobre los procesos evolutivos, las relaciones de parentesco entre las especies, las interacciones intra e interespecíficas y la relación con el ambiente, la distribución de las especies y la relación con el ambiente, el conocimiento de los procesos metabólicos, los patrones hereditarios y los mecanismos de regulación genética, entre otros. Asimismo, si no comprendemos el funcionamiento de los ecosistemas naturales, nos será muy difícil hacer un uso adecuado de los recursos naturales y manejar los ecosistemas artificiales (agrícolas, ganaderos o plantaciones forestales) (Costanza, R. et al, 1997).

Servicios ambientales.

Los servicios ambientales o ecosistémicos son los beneficios intangibles que los diferentes ecosistemas proporcionan a las sociedades humanas como producto de los procesos intrínsecos de los mismos. Los servicios ambientales son "las condiciones y los procesos a través de los cuales los ecosistemas naturales y las especies que los forman, mantienen y satisfacen la vida del ser humano" (Camacho, 2012). El concepto de servicios ambientales implica una serie de atributos funcionales de los ecosistemas naturales que pueden beneficiar a los humanos de manera demostrable, lo cual refleja tanto las funciones del ecosistema así como los procesos ecológicos (Myers, 1996). Los ecosistemas



Figura tomada de:

<https://www.flickr.com/photos/semarnat/15302138490>

humanidad.

continuarán brindando estos servicios siempre y cuando se mantengan las condiciones que les permitan funcionar adecuadamente (Balvanera, 2011). La pérdida de biodiversidad, la interrupción en las tramas tróficas, la pérdida de interacciones bióticas la fragmentación y la destrucción de hábitats a la larga provocarán una pérdida de estos servicios, o una disminución del beneficio, con consecuencias terribles para la

Polinización, uno de los principales servicios ambientales

Ahora bien, es necesario distinguir entre servicios y bienes ambientales. Mientras que los bienes ambientales son aquellos productos tangibles obtenidos de los sistemas biológicos, como frutos, madera, principios activos, sustancias de uso industrial, etc., los servicios ambientales se refieren a beneficios intangibles e indirectos, como la regulación climática y la retención de los suelos (Camacho, 2012).

Las funciones o procesos que ocurren en los ecosistemas, producto de las interacciones entre sus componentes, se clasifican tradicionalmente en cuatro categorías distintas (De Groot *et al.*, 2002), las cuales son:

- Funciones de regulación: Relacionadas con la capacidad de los ecosistemas para regular procesos ecológicos.
- Funciones de hábitat: Relacionadas a los espacios que los ecosistemas ofrecen como refugio de los sistemas biológicos.
- Funciones de producción: Relacionadas a la productividad primaria y secundaria de los ecosistemas, así como al flujo de energía y el reciclado de nutrientes.
- Funciones de información. Relacionadas a los mecanismos hereditarios y de transmisión de información genética.

Conservación de la biodiversidad

El estado de la biodiversidad del país en la actualidad es alarmante debido al impacto por las actividades humanas en particular de los últimos dos siglos. Algunos factores como cambios en la cobertura y el uso del suelo, la sobreexplotación de organismos, la introducción de especies exóticas, el cambio climático y la contaminación constituyen un riesgo para la riqueza biológica del país. Los pronósticos no son favorables, por lo que se requieren de acciones urgentes que a corto, mediano y largo plazo permitan la conservación de la biodiversidad nacional.

En contraste, en las últimas décadas se han desarrollado planes de conservación biológica que integran diversas estrategias como programas de reforestación,

restauración y conservación de suelos, plantaciones de especies nativas, fomento de sistemas agroforestales, programas de manejo de recursos naturales, establecimiento de áreas naturales protegidas, el ecoturismo y programas de pago por servicios ambientales, las unidades de manejo de vida silvestre, entre otras.

La conservación de la biodiversidad tiene diversos ejes de acción, pero se pueden considerar dos grandes vertientes: la conservación *in situ* y *ex situ*:

Conservación *in situ*

Dentro de los objetivos de la conservación *in situ* se encuentra la preservación de ecosistemas prioritarios, la preservación de especies en alguna categoría de riesgo y el aprovechamiento sustentable de los recursos bióticos y los servicios ambientales que proveen. Es así que se han creado los llamados instrumentos de política ambiental.

Algunos instrumentos de política ambiental *in situ* son:

Áreas Naturales Protegidas (ANP). Las áreas naturales protegidas son: "*lugares que preservan los ambientes naturales representativos de las diferentes regiones biogeográficas y ecológicas, así como los ecosistemas frágiles, para asegurar el equilibrio y la continuidad de los procesos ecológicos y evolutivos y la conservación y el aprovechamiento sustentable de la biodiversidad y de los servicios ambientales, de los cuales dependemos y formamos parte los seres humanos*". Actualmente en nuestro país existen con 182 áreas naturales de carácter federal que representan 90,839,521.55 hectáreas (CONANP, 2018).

Pago por servicios ambientales (PSA). Se trata de la remuneración económica a comunidades y particulares para el mantenimiento de los ecosistemas, especies y procesos naturales que permiten que los servicios ambientales continúen en beneficio de la población en general. Esta remuneración proviene de diferentes sectores y para ello se debe de calcular el valor monetario de dichos servicios (CONAFOR, 2012).

Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA). Las Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre son espacios de promoción de esquemas alternativos de producción compatibles con la conservación de la vida silvestre. Para su funcionamiento, las UMAs deben de contar con un plan de manejo, aprobado por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), en donde se describen y programan las actividades de manejo (CONABIO, 2018).

Conservación ex situ

La conservación *ex situ* consiste en el mantenimiento de algunos componentes de la biodiversidad fuera de sus hábitats, ya sea en almacenamiento, colecciones biológicas especializadas reproducción y manejo de especies en cautiverio. Este tipo de conservación tiene por objetivo la supervivencia de especies y poblaciones silvestres y recursos genéticos. Algunas de las políticas de conservación *ex situ* son:

Bancos de germoplasma: Son lugares que están destinados a la conservación de recursos genéticos de cultivos o de especies silvestres. Los bancos de germoplasma son reservorios de la diversidad genética vegetal, donde se almacenan semillas a muy bajas temperaturas, o bien, rizomas, bulbos u otra estructura que sirva para la propagación asexual.

Jardines botánicos: Son importantes espacios que albergan ejemplares vivos y colecciones de semillas y esporas en los cuales se mantienen y reproducen especies de plantas nativas, se realizan actividades de educación ambiental y se genera conocimiento a través de la investigación científica. Son fundamentales para la conservación puesto que permiten, entre otros aspectos, acercar a la población a la biodiversidad y generar una cultura de la conservación (SEMARNAT, 2013).

Zoológicos: Son espacios que han cambiado en cuanto a su objetivo inicial, pasando de ser meras colecciones públicas o privadas de fauna silvestre, a centros de conservación y educación ambiental para la población. Similar a los

jardines botánicos pero con animales, los zoológicos permiten la reproducción y mantenimiento de animales silvestres, se realizan actividades de educación ambiental e investigación.

Producción de plantas en viveros y en laboratorios: Los viveros y los laboratorios de cultivos de tejidos son fundamentales para la reproducción de plantas silvestres. Los ejemplares reproducidos pueden ser reintroducidos a sus ecosistemas de origen, pueden ser comercializados legalmente a particulares y gobiernos o bien pueden ser importantes centros turísticos y de educación ambiental. Muchos operan bajo el esquema de Unidades de Manejo de Vida Silvestre (UMA's), por lo que las plantas cuentan con números de registro ante SEMARNAT. Esta actividad es fundamental para combatir el tráfico ilegal de especies silvestres extraídas de sus ambientes naturales (SEMARNAT, 2013).

Acuarios: Los acuarios son los equivalentes a los zoológicos en animales y otros organismos acuáticos. Son fundamentales para la conservación de peces dulceacuícolas, cuyos hábitats se encuentran sumamente afectados por la actividad humana. Además de servir como centros de conservación, los acuarios sirven como importantes centros de producción de peces comestibles y comerciales, además de exhibiciones y centros de educación ambiental.

El valor inconmensurable de la biodiversidad mexicana exige la puesta en marcha de acciones a realizar tanto por personas de la sociedad civil, organizaciones no gubernamentales y los distintos niveles de gobierno. La conservación de la biodiversidad es un interés común de toda la humanidad y tiene una importancia crítica para satisfacer sus necesidades básicas de las generaciones presentes y venideras. Ante la actual crisis ambiental, es necesario cuestionarse sobre nuestro estilo de vida y actuar de forma conjunta por el bienestar de nuestra especie y el planeta.

ACTIVIDADES

1. Investiga sobre los siguientes procesos, elabora una pequeña reseña e indaga sobre un caso concreto donde se observe dichos procesos y clasifícalos con base a sus características

Proceso	Características	Ejemplo	Clasificación con base en el sistema de De Groot (2002)
Retención de suelos			
Polinización			
Control natural de insectos plaga			
Procesado de residuos			
Criaderos naturales			

2. Realiza una investigación sobre los humedales naturales. Indaga sobre los tipos de humedales, sus características estructurales, distribución en nuestro país y especies representativas, así como los bienes y servicios ambientales que ahí se producen.

3. Lee el artículo "Belleza extravagante y funcionalidad: lombrices de tierra" de Diana Ortiz Gamino* y Ángel I. Ortiz Ceballos* (en línea: <http://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium/Documentos/14167.pdf>) y responde a las siguientes preguntas:

A. ¿A qué se refiere el texto al decir "Las lombrices de tierra pertenecen a los llamados ingenieros del ecosistema"?

B. ¿Qué funciones cumplen las lombrices de tierra en los ecosistemas?

C. ¿Cuántas especies de lombrices habitan en nuestro país? ¿Por qué es importante la diversidad de especies de lombrices?

D. Las lombrices y sus procesos ¿podrían considerarse como un bien o como un servicio ambiental? Razona y explica tu respuesta.

4. Investiga sobre la Reserva de la Biósfera "el Cielo", indaga sobre los ecosistemas, especies endémicas y amenazadas presentes, y las acciones de conservación que se realizan en este lugar.

AUTOEVALUACIÓN

Subraya la respuesta que consideres correcta.

1. Son ejemplos de servicios ambientales.
 - A. Polinización, madera, resinas
 - B. Plantas medicinales, retención de suelos, producción de biomasa.
 - C. Retención de suelos, conservación de ríos, fijación de carbono
 - D. Fijación de carbono, producción de miel, materias primas

2. Se refiere al conjunto de valores de la biodiversidad relacionados a las tradiciones y costumbres, cosmovisión y actos religiosos de los pueblos.
 - A. Éticos
 - B. Culturales
 - C. Científicos
 - D. Estéticos

3. ¿Cuál es la finalidad actual de los zoológicos?
 - A. Coleccionar animales para que los habitantes de las ciudades los conozca.
 - B. Reproducción para su posterior reintegración a los ecosistemas.
 - C. Servir como un espacio de investigación y educación ambiental.
 - D. Producción de animales para comercialización e intercambio con otras colecciones.

4. ¿Por qué son importantes, biológicamente hablando, las áreas naturales protegidas?
 - A. Permiten conservar el valor paisajístico de la zona.
 - B. Permiten conservar la biodiversidad representativa de la región.
 - C. Son importantes atractivos turísticos.
 - D. Contienen una importante cantidad de recursos naturales que son potencialmente explotables.

5. Se definen como espacios de producción, aprovechamiento, educación ambiental e investigación que permiten la conservación de una porción de la biodiversidad, de forma extensiva o intensiva.

- A. Jardines Botánicos
- B. Unidades de Manejo de Vida Silvestre
- C. Áreas Naturales Protegidas
- D. Bancos de Germoplasma

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

BIBLIOGRAFÍA:

Balvanera, P, H. Cotler. 2011. Los servicios ecosistémicos. CONABIO. Biodiversitas, 94:7-11

Boyd J, Banzhaf J. (2007). *What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units*. Ecological Economics 63: 616-626.

Camacho Valdez V, Ruiz Luna A. (2012). *Marco conceptual y clasificación de los servicios ecosistémicos*. Revista Bio Ciencias. 1(4) 2: 3-15.

CONABIO. (2017). *Capital Natural de México. Evaluación del conocimiento y tendencias de cambio, perspectivas de sustentabilidad, capacidades humanas e institucionales*. México. CONABIO.

CONABIO. (2018). *Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre*. En línea <https://www.biodiversidad.gob.mx/usos/UMAs.html> Consultado el 27 de noviembre de 2018.

CONAFOR. (2012). *El pago por servicios ambientales como ambientales como instrumento de conservación*.

CONANP. (2018). *Áreas protegidas decretadas, en línea* http://cepanaf.edomex.gob.mx/areas_naturales_protegidas. Consultado en noviembre de 2018).

Costanza R, d'Arge R, De Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B. (1997). *The value of the world's ecosystem services and natural capital*. *Nature* 387: 253-260.

De Groot RS, Wilson MA, Boumans RMJ. (2002). *A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services*. *Ecological Economics* 41: 393-408.

Dorado, A. (2012). *¿Qué es la biodiversidad? Un texto para para entender su importancia, su valor y los beneficios que nos aporta*. Madrid. Fundación Biodiversidad Fortuny.

Semarnat. (2013). *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave y de Desempeño Ambiental*. Edición 2012. México.

ANEXOS