



BIOLOGÍA II

UNIDAD II

Compiladores

María Alejandra Alvarado Zink

Paulina Romero Hernández

Teresa Matías Ortega

Guadalupe Ana María Vázquez Torre

ANTOLOGÍA



ANTOLOGÍA
BIOLOGÍA II
UNIDAD II

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES



BIOLOGÍA II

UNIDAD II

ANTOLOGÍA

Compiladores:

María Alejandra Alvarado Zink

Paulina Romero Hernández

Teresa Matías Ortega

Guadalupe Ana María Vázquez Torre

Antología. Biología II. Unidad II

Primera edición: Octubre de 2021.

D.R. © Compiladores:

María Alejandra Alvarado Zink

Paulina Romero Hernández

Teresa Matías Ortega

Guadalupe Ana María Vázquez Torre

Diseño de la Colección: D.R. © Mario Palomera Torres

Foto de portada: D.R. © Avinash Kumar/unsplash.com

ISBN: 978-607-30-5250-4

ISBN de la Colección: 978-607-30-5239-9

D.R. © UNAM 2021, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Ciudad Universitaria, alcaldía Coyoacán, C.P. 04510, CDMX.

COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES

Insurgentes Sur y Circuito Escolar, Ciudad Universitaria,

México, C.P. 04510, CDMX.

www.cch.unam.mx

Esta edición y sus características son propiedad
de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio,
sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.

Hecho en México - *Made in México.*

ÁREA CIENCIAS EXPERIMENTALES

Índice

Presentación 9

UNIDAD II

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

Tema 1: Estructura y procesos en el ecosistema

Subtema: Niveles de organización ecológica 14

Subtema: Componentes bióticos y abióticos 19

Subtema: Relaciones intra-interespecíficas 29

Subtema: Niveles tróficos y flujo de energía 38

Tema 2: Biodiversidad y conservación biológica

Subtema: Concepto de biodiversidad 48

Subtema: Impacto de la actividad humana en el ambiente	59
Subtema: Desarrollo sustentable	69

Presentación

Una antología es una selección de textos que se utiliza para la instrumentación didáctica y el logro de los aprendizajes indicados en el Programa de estudio de una asignatura o alguna de sus unidades; en este caso, se presenta la Antología para Biología II Unidad II del programa de estudios vigente.

Esta antología pretende cumplir diversas funciones tales como:

- a) Convertirse en una fuente de referencias para profesores y alumnos.
- b) En momentos donde las clases presenciales no se puedan desarrollar de manera adecuada, este documento puede servir de reservorio de apoyo a los temas del programa.
- c) Material de apoyo para Asesorías y para el examen extraordinario de Biología II.

La antología que se presenta está constituida por materiales de las revistas *Ciencias*, *¿Cómo ves?* y *Biodiversitas* (de la CONABIO), así como algunos otros artículos cuidadosamente elegidos.

La antología cubre todos los aprendizajes de la Unidad II de Biología II. Para su uso el documento está integrado

para cada aprendizaje de dos partes: un cuadro con todas las especificaciones y el texto.

El cuadro de especificaciones contiene:

- Aprendizajes
- Tema y subtema
- Ficha bibliográfica del texto
- Sinopsis
- Justificación del texto
- Conceptos clave
- Sugerencias de actividades de aprendizaje

UNIDAD II

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

Tema 1:

Estructura y procesos en el ecosistema

Propósitos: Al finalizar, el alumno: Describirá la estructura y funcionamiento del ecosistema, a partir de las interacciones que se presentan entre sus componentes, para que reflexione sobre el efecto que el desarrollo humano ha causado en la biodiversidad y las alternativas del manejo sustentable en la conservación biológica.

Subtema: Niveles de organización ecológica

Aprendizaje (s)

El alumno Identifica los niveles de población, comunidad, ecosistema, bioma y biosfera en la organización ecológica.

Ficha bibliográfica del texto o material

Alvarado, A. (2011). Diario de un museo. Escuadrones voladores en UNIVERSUM. En *¿Cómo ves?* UNAM. Año 14, no. 157: 33.

Momento de uso recomendado

Apertura.

Sinopsis:

Existen 1.5 millones de especies conocidas de insectos, de las cuales se considera que hay 300,000 especies en México. De los insectos conocidos como libélulas, existen en México 5,547 especies registradas.

Durante el vuelo, las libélulas atrapan a sus presas con sus

seis patas en las que tienen espinas y forman una especie de red para la captura; ente los insectos que atrapan destacan los mosquitos, moscas, abejas, avispas y otros insectos voladores.

En Universum, Museo de las Ciencias de la UNAM, las libélulas pueden observarse desde mediados hasta finales de la temporada de lluvias. Los lugares de “observación de las libélulas” son dos: la Cantera Oriente (lugar cercano al metro Ciudad Universitaria) y el Jardín Botánico Exterior. Cabe señalar que ambos espacios son parte de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel y en ambos existen reservorios de agua lo que permite el desarrollo de 19 distintas especies de libélulas.

Entre sus servicios ambientales debe destacarse el papel de las libélulas como predadores de diversos tipos de organismos tales como insectos voladores en general y es decir que las libélulas pueden ser consumidores de 2º o 3º orden o mayor, ya sea en su estado adulto o cuando son ninfas acuáticas.

Justificación

La presencia de una población estacional, las libélulas que están localizadas en las zonas con reservas de agua de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel.

Este pequeño documento da elementos para hablar de muchos temas de la unidad tales como especie, población, comunidad, factores bióticos y abióticos y relaciones intra e interespecíficas.

Conceptos clave

Libélulas, especies, Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, ninfas, insectos.

Sugerencias de actividades de aprendizaje

Instrucciones:

a) Con base en la siguiente lectura, responde individualmente las siguientes preguntas, a manera de introducción:

- ¿En qué Reserva Ecológica de la Ciudad de México, se pueden apreciar las libélulas?
- ¿Cuál es la hora del día en que podemos apreciar mejor a las libélulas?
- ¿Cómo atrapan las libélulas a sus presas?
- ¿En qué temporadas del año, pueden apreciarse mejor las libélulas?
- ¿Cuál es el servicio ambiental de las libélulas?

b) Conforme has adquirido información acerca de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, a continuación, elabora un MAPA MENTAL ILUSTRADO en el que incluyas los siguientes conceptos:

- Población de ninfas (que representan el estado larvario de las libélulas).
- Comunidad del ecosistema acuático (conjunto de poblaciones como las ninfas, las larvas de mosquitos, los peces,

los renacuajos, los sapos, etcétera) que existe en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, tanto en la Cantera Oriente como en el Jardín Botánico exterior.

- Ecosistema acuático donde se expresan los factores físicos y químicos que influyen sobre el agua (irradiación solar, temperatura, presión atmosférica, clima, pH del agua, etcétera) así como los factores biológicos (conjunto de poblaciones como las ninfas, las larvas de mosquitos, los peces, los renacuajos, los sapos, etcétera).
- Bioma es un conjunto ecológico de gran uniformidad presente sobre una superficie considerable. En el caso de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, es un área protegida que se encuentra en el Campus central de la Universidad Nacional Autónoma de México, que está situada en los terrenos urbanos de la Ciudad de México. Se caracteriza por su biodiversidad, asentada sobre el pedregal de origen volcánico que se produjo con la explosión del Xitle que es un volcán (localizado en las faldas del Ajusco y con una altura sobre el nivel del mar de 3100 metros); la explosión que produjo la piedra al enfriarse el material incandescente que arrojó el volcán (año 300 después de Cristo) dejó esta piedra cristalizada.

Para completar tu mapa, te sugerimos investigues ¿cuál es la flora y fauna de este singular bioma, crecido sobre la piedra de origen volcánico que se llama Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel?

diario de
un museo

Escuadrones voladores en *Universum*

Alejandra Alvarado Zink

Las áreas externas de la mayoría de los museos de ciencia cuentan con zonas verdes donde los visitantes pueden gozar de la vegetación y de la fauna que habita o descansa ahí. Generalmente el tipo de fauna que puede observarse son animales de hábitos diurnos como algunas aves, mamíferos e insectos. Pero, debido a la gran diversidad de especies, los insectos son el grupo animal que nuestros visitantes pueden observar con mayor frecuencia.

Se conocen 1.5 millones de especies de insectos, pero se calcula que podría haber hasta 30 millones. En México se tienen registradas alrededor de 300 000 especies, clasificadas en 34 grandes grupos.

En *Universum* tenemos muchos tipos de insectos pero uno de los grupos que este año ha llamado más la atención de nuestros visitantes es el de las libélulas. Mundialmente hay 5 547 especies registradas, de las cuales alrededor



de 349 existen en México. Varias veces me ha llamado la atención ver a familias y grupos de jóvenes reunidos en las áreas verdes disfrutando del espectáculo de los escuadrones de libélulas que patrullan los cielos de *Universum*. En las observaciones que hemos hecho con los diferentes grupos de libélulas que nos frecuentan hemos podido apre-

ciar que éstas prefieren ciertas áreas, que visitan en grupos de entre cinco y 10 insectos. Su vuelo puede apreciarse mejor entre medio día y las tres de la tarde, cuando se dedican principalmente a cazar insectos al vuelo. Atrapan a sus presas con una red que forman con las patas. Cada una de sus seis patas tiene espinas que sobresalen. Al juntarlas se forma la red.

Algunos de nuestros visitantes han comentado que les parece extraño ver tantas libélulas en *Universum*. Es más común verlas cerca de los canales de Xochimilco o de otros cuerpos de agua de la ciudad. Lo que mucha gente no sabe es que *Universum* se encuentra muy cerca de dos cuerpos de agua donde se desarrollan estas libélulas y otras especies de organismos acuáticos y semiacuáticos. Uno de ellos está en la Cantera Oriente, localizada a un costado de la estación del Metro Universidad, y el otro está en el Jardín Botánico, ubicado en el circuito exterior de Ciudad Universitaria. Ambos lugares forman parte de la Reserva Ecológica El Pedregal de San Ángel (REPSA) y se caracterizan por tener agua corriente

donde se desarrollan 19 especies de libélulas.

Las libélulas pasan la mayor parte de su ciclo de vida en el agua. Generalmente las hembras depositan los huevos entre la vegetación acuática. Las ninfas (insectos recién nacidos) viven dentro del agua y no se parecen a las libélulas adultas, ya que su cuerpo es más regordete, presentan una protuberancia en forma de joroba y carecen de alas.

Al igual que las mariposas, las libélulas pasan por el proceso de metamorfosis para convertirse en adultos. Algunas ninfas pasan hasta cinco años en ese estado antes de convertirse en adultas. La mayoría de las especies de libélulas en estado adulto llega a vivir sólo un par de semanas; otras alcanzan los seis meses, dependiendo de las condiciones ambientales.

En *Universum* las libélulas son más comunes a mediados y finales de la temporada de lluvias. Durante ese periodo nos brindan un excelente servicio como exterminadores de mosquitos, cuya presencia durante esta época también llega a ser muy común. En biología a este tipo de interacción se le conoce como *servicios ambientales*.

Además de mosquitos, las libélulas se alimentan de moscas, abejas, avispas y otros pequeños insectos voladores. Las ninfas llegan a alimentarse también de renacuajos y peces pequeños y en algunas ocasiones pueden salir del agua para atrapar alguna otra presa.

La próxima vez que visites *Universum*, además de recorrer las salas, planea tu visita para poder disfrutar y recorrer las áreas verdes que rodean el museo.

Universum

Universum, Museo de las Ciencias pertenece a la Dirección General de Divulgación de la Ciencia de la UNAM. Se encuentra ubicado en la Zona Cultural de Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, en el D.F. El horario de atención al público es de las 9:00 a las 18:00 horas de lunes a viernes, y de 10:00 a 18:00 horas, sábados, domingos y días festivos. Informes: 54 24 06 94, www.universum.unam.mx

Subtema: Componentes bióticos y abióticos

Aprendizaje (s)

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

Ficha bibliográfica del texto o material

Gutiérrez-Quevedo, M.G. y Dávalos. L. ¡Alerta! ¡Nuestro oxígeno se agota! En: *Biodiversitas*, CONABIO. No. 127, 2016: 12-16.

Momento de uso recomendado

Desarrollo.

Sinopsis

Con el aumento de la población mundial, entre las décadas de 1980-2000 se disparó notablemente el nivel de gases de efecto invernadero a nivel mundial. Uno de estos principales gases es el bióxido de carbono. La difusión de oxígeno en

el agua se ve afectada por el aumento de la temperatura. A mayor temperatura menor difusión de oxígeno, por lo que el calentamiento global dificulta la vida de los organismos que viven en las profundidades del mar. El fitoplancton está compuesto por algas, bacterias y cianobacterias; éstas últimas representan a los ancestros o sistemas vivos que fueron de los más antiguos del planeta y además también pioneras, en el desarrollo de la fotosíntesis que produce sustancias orgánicas por medio de la captación de la energía solar y el bióxido de carbono. En el proceso se libera el oxígeno diatómico (oxígeno que conocemos, O_2) que se desprendió hacia la atmósfera y en ella se transformó parte de ese O_2 en oxígeno triatómico u ozono O_3 que forma la capa protectora de la tierra contra la acción de la luz ultravioleta. El ozono permitió la salida de la vida (que originalmente era solo acuática) hacia la litosfera que es la parte superficial del planeta y allí se desarrolló enormemente.

Finalmente, cabe resaltar que el plancton también juega un papel central en la regulación de la humedad y el clima no tan solo de las zonas costeras, sino de todo el planeta.

Justificación

El presente artículo nos habla de las relaciones en una zona de la biósfera que es la zona marina, lugar donde se originó la vida. Detalla con precisión, la composición y funcionamiento del plancton (fitoplancton, zooplancton y bacterioplancton), que están tan ligados al destino de la humanidad,

su desaparición representaría una catástrofe para todos los sistemas vivos. Las redes alimenticias se están afectando y se mineraliza la materia orgánica en el lecho acuático, modificando las condiciones ambientales. El texto permite dar a los estudiantes un panorama sobre cómo se están interrelacionando los factores bióticos y abióticos, pero además como las acciones del hombre pueden afectar a ambos, lo cual no sólo nos da información del tema actual, sino que nos empieza a sentar las bases para pasar a siguiente unidad del programa.

Conceptos clave

Plancton, zooplacton, cambio climático global, plástico, cianobacterias.

Sugerencias de actividades de aprendizaje

Instrucciones:

1. Con base en la imagen que aparece en las páginas 12 y 13 del artículo:
 - a) Elabora una lista de los factores bióticos y abióticos que se encuentran en la imagen.
 - b) Describe con tus propias palabras el flujo de energía en el ecosistema acuático. No olvides mencionar cuál es la fuente inicial de energía y quién se alimenta de quién.
2. Escribe en tu cuaderno las siguientes preguntas y respóndelas de acuerdo con la información de la lectura.

- a) ¿A qué se deben los cambios de temperatura en las aguas oceánicas?
 - b) ¿De qué forma afectan los cambios de temperatura a los océanos?
 - c) ¿Cuál es la temperatura óptima para el desarrollo de la vida en la superficie de la Tierra?
 - d) ¿Qué actividades humanas son el origen del calentamiento o cambio climático global en la Tierra?
 - e) ¿Por qué es importante el plancton en el planeta Tierra?
 - f) De acuerdo con la lectura explica con tus propias palabras por qué el plancton es el mejor indicador de la salud de la humanidad.
3. Elabora un mapa mental que explique por qué el incremento del CO₂ está alterando los niveles del pH (acidez) de los océanos.
 4. Coloca del lado izquierdo una de las palabras marcadas en negritas y hazlo coincidir con la definición que aparece del lado derecho.

Trófico, Plancton, Zooplancton, Organismos fotosintéticos procarióticos o eucarióticos, Bacterioplancton.

	<p>Bacterias que cumplen un papel fundamental en la remineralización de la materia orgánica en la columna de agua, reciclando todos los nutrientes necesarios para el funcionamiento de los seres vivos.</p>
--	--

	Relación que se refiere a la sucesión de relaciones entre los organismos vivos que se nutren unos de otros en un orden determinado.
	Está conformado por diferentes especies de animales heterótrofos, desde protozoarios a grandes metazoarios.

5. Investiga las características de los siguientes organismos y de acuerdo con ellos clasifícalos en el reino correspondiente.

Organismo	Características	Reino
Bacterioplancton		
Organismos fotosintéticos procaríotes		
Organismos fotosintéticos eucariotes		
Zooplancton		



**¡ALERTA!
NUESTRO OXÍGENO SE AGOTA**

MA. GUADALUPE GUTIÉRREZ-QUEVEDO¹ Y LAURA DAVALOS-LIND²

En la actualidad sabemos que nuestro planeta día a día padece la contaminación y nuestros recursos se ven afectados por ella, sin embargo no nos tomamos el tiempo de reflexionar sobre las repercusiones que le causamos a la Tierra y menos a los mares y océanos.

Muy poco se habla de cómo los cambios de temperatura afectan a nuestros océanos, los cuales causan una importante reducción del oxígeno en el agua provocando desequilibrios en todo el ecosistema marino.

Cuando se eleva la temperatura del océano, disminuye el oxígeno y la circulación del agua se reduce y esto impide que el oxígeno alcance las aguas más profundas. Los cambios de temperatura en los océanos y mares se deben a la presencia en la atmósfera de CO₂; además, las emisiones de algunos refrigerantes, propelentes y fungicidas afectan y disminuyen la capa de ozono y alimentan el desbalance de los gases causantes del efecto invernadero.

Como es sabido, la temperatura promedio sobre la superficie de la Tierra alcanza unos 16°C, lo que es propicio para el desarrollo de la vida en el planeta. No obstante, como consecuencia de la quema de combustibles fósiles y de otras actividades humanas asociadas al proceso de industrialización, la concen-

tración de estos gases en la atmósfera ha aumentado de forma considerable en los últimos años y ha provocado que esta última retenga más calor de lo debido, y es el origen de lo que hoy conocemos como calentamiento o cambio climático global. La principal causa de esta alarmante situación es el aumento en la población mundial que reclama recursos para continuar el ritmo de vida y el desarrollo tecnológico que hemos alcanzado en la actualidad.

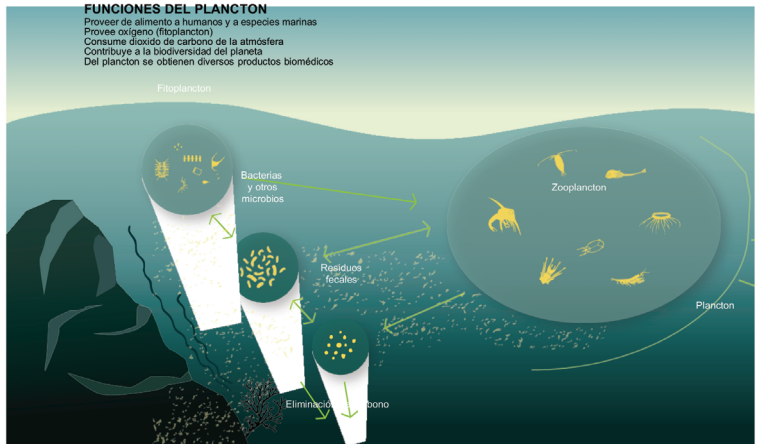
Las emisiones de gases de efecto invernadero en los últimos años se han triplicado con respecto al índice de las tres décadas anteriores, entre 1980 y 2000.

El plancton desempeña un papel clave ya que es responsable de la producción de más de la mitad de todo el oxígeno de nuestro planeta y de la configuración del clima: produce 270 millones de toneladas de oxígeno al año y secuestra, a cambio, 2,000 millones de toneladas de dióxido de carbono (CO₂) durante ese mismo tiempo (Oshima, 2008).

Sin embargo, este proceso de transformación podría verse alterado por el impacto del cambio global sobre el sistema marino. Las variaciones en los ciclos de carbono y nitrógeno, así como en el reciclaje de nutrientes, pueden tener efectos en el nivel del funcionamiento de la biosfera

**INTERRELACIÓN TRÓFICA DEL ECOSISTEMA ACUÁTICO
FUNCIONES DEL PLANCTON**

Proveer de alimento a humanos y a especies marinas
Provee oxígeno (fitoplancton)
Consumen dióxido de carbono de la atmósfera
Contribuye a la biodiversidad del planeta
Del plancton se obtienen diversos productos biomédicos



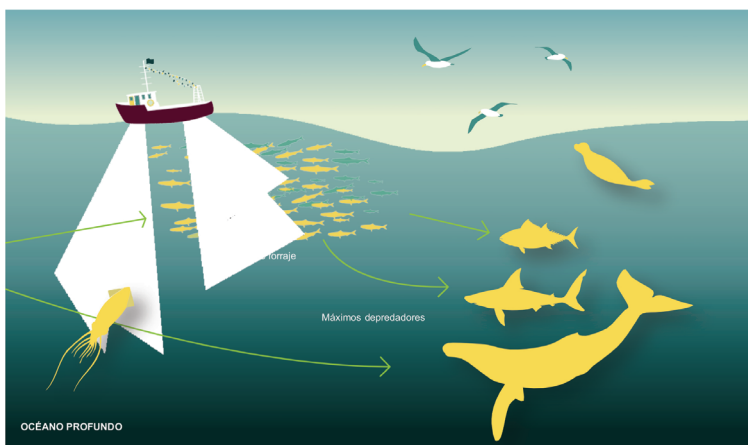
El plancton es importante también en el nivel trófico, ya que es el punto de partida de la cadena alimentaria. El término trófico se refiere a la sucesión de relaciones entre los organismos vivos que se nutren unos de otros en un orden determinado. De hecho, gracias a estos microorganismos, se calcula que los océanos absorben un tercio de las emisiones globales de CO₂. El estudio de la dinámica del plancton ha generado grandes cúmulos de conocimiento sobre el funcionamiento del océano y la vida en la tierra.

Etimológicamente, plancton tiene su origen en el vocablo griego *planktos*, que significa “a la deriva” o “errante”. El plancton está compuesto por tres grandes grupos de distinta naturaleza. El primer grupo lo integran pequeñas algas procarióticas o eucarióticas que poseen clorofila y otros pigmentos accesorios, similares a los de las plantas terrestres, que les permiten transformar la energía lumínica del sol en energía química necesaria para llevar a cabo sus funciones vitales. Este grupo es conocido como fitoplancton (del griego *phyton*, que significa planta) y es, por tanto, el componente autotrófico o generador de alimento.

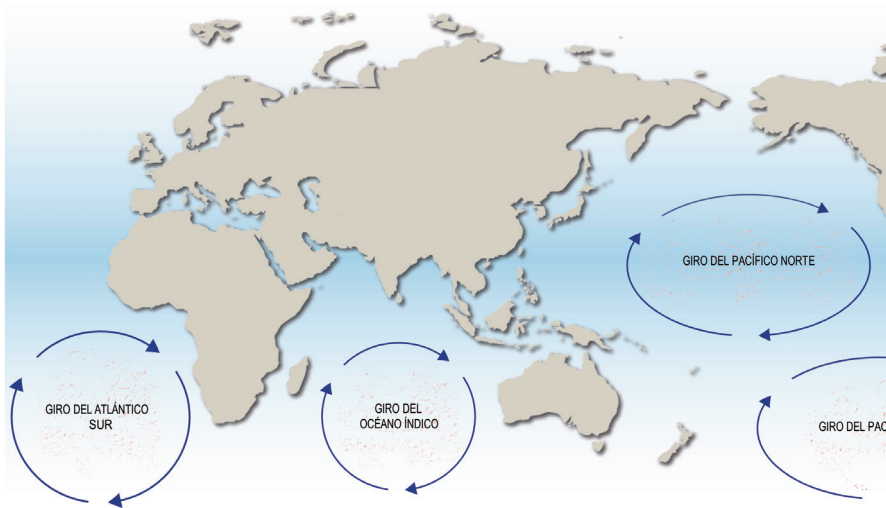
El segundo constituyente primordial del plancton es el zooplancton, que está conformado por diferentes especies de animales, desde protozoarios a

grandes metazoarios. Son organismos heterótrofos, es decir, no fabrican su propio alimento y consumen especies del fitoplancton, desechos o detritos en las aguas oceánicas y a especies del tercer grupo del plancton conocido como bacterioplancton. Este último grupo está compuesto por bacterias que cumplen un papel fundamental en la remineralización de la materia orgánica en la columna de agua, ya que reciclan todos los nutrientes necesarios para el funcionamiento de los seres vivos.

Los animales del zooplancton poseen estructuras como cilios, flagelos o filamentos que les permiten el movimiento, aunque están siempre a la merced de las corrientes; algunos utilizan estas adaptaciones especiales para esconderse de los depredadores en áreas del océano donde los niveles de oxígeno son muy bajos y casi nada puede sobrevivir. El zooplancton se dirige a lo profundo, a la zona sin oxígeno, durante el día y regresa a las aguas superficiales por la noche, cuando hay oxígeno y alimentos ricos. Sin embargo, puede tener problemas si estas zonas bajas en oxígeno se expanden hacia las aguas poco profundas debido al cambio climático, ya que estaría confinado a una estrecha franja de agua durante la noche haciéndolo vulnerable ante sus principales depredadores, los peces.

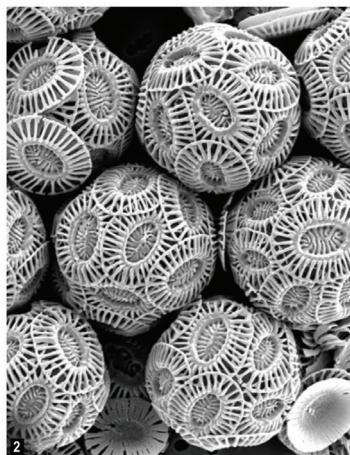
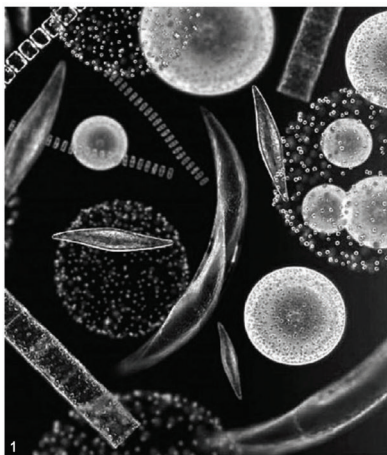


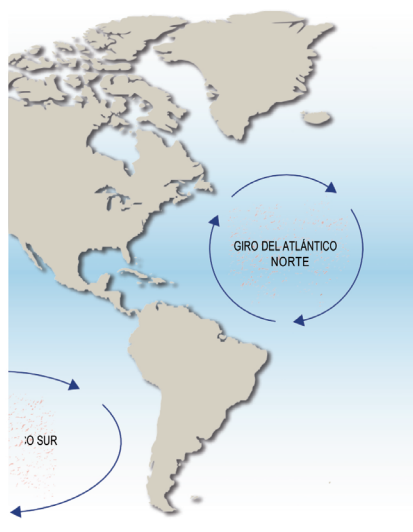
El incremento de la contaminación por CO₂ generada por el hombre está alterando los niveles del pH (acidez) de los océanos.



Mapamundi con la representación de las corrientes oceánicas.

1. Conjunto de diatomeas, que son indicadores de las condiciones ambientales y la calidad del agua.
2. Algas coccolitoforales, que presentan esqueletos compuestos de carbonatos. Estas algas convierten el carbono inorgánico disuelto en el agua del mar en carbono orgánico mediante la fotosíntesis





Si existiera un drástico descenso de la población de estos animales, habría un impacto que se haría sentir hasta los últimos escalones de la cadena alimenticia.

El plancton no sólo se ve afectado por el incremento en las concentraciones de gases de invernadero, como el CO₂, sino también por desechos de hidrocarburos y basura sintética. Esta situación se ha tornado sumamente crítica debido a la existencia de grandes parches de plásticos que, por acción de las corrientes, se han establecido en las regiones subtropicales de los océanos. De hecho, el plancton está siendo desplazado por la basura: por cada tres kilos de plástico apenas hay uno de plancton, sin contar el efecto de sombra que impide que la luz pueda penetrar y facilitar que el fitoplancton lleve a cabo la fotosíntesis.

El problema mayor con este tipo de contaminantes no biodegradables es que sólo se desintegran con la exposición prolongada a la luz ultravioleta del sol y al movimiento del oleaje, lo que genera miles de pedacitos más pequeños. En este largo proceso se libera un gran número de compuestos químicos de alto poder cancerígeno que entran en los primeros eslabones de la cadena trófica y finalmente llegan a los depredado-

res de alto orden, donde está incluida la raza humana. Muchas aves marinas se alimentan selectivamente de estas partículas, pues las confunden con pequeños crustáceos. Otras mueren con sus estómagos llenos de tapas de botellas, encendedores y de objetos plásticos que flotan en las aguas oceánicas.

Los florecimientos de fitoplancton (las diminutas plantas pueden alimentarse de nutrientes de la escorrentía procedente de granjas y pastos) pueden provocar una falta de oxígeno en el agua. “La descomposición de estas multitudes de fitoplancton elimina el oxígeno del agua del mar creando zonas pobres en oxígeno llamadas ‘zonas muertas’ donde los peces no pueden vivir”, informa Carly Buchwald, investigadora de la Woods Hole Oceanographic Institution.

Carlos Duarte, investigador del Consejo Superior de Investigaciones Científicas de España, comenta que “la importancia de los microorganismos es desconocida por el público”. Si las cianobacterias permitieron la consolidación de la vida y de la evolución, el plancton continúa configurando no sólo el sistema climático, sino el tiempo meteorológico de la vida diaria. El océano ha tenido siempre un papel clave en la regulación del CO₂ en la atmósfera, y gracias a ello siempre ha habido una cierta estabilización. “Pero los cambios de hoy en las emisiones están poniendo en aprietos al océano en su actividad reguladora.” La actividad del plancton marino regula incluso la formación de las nubes, al aportar a la atmósfera las partículas necesarias para la condensación del agua. Las nubes pueden enfriar o calentar el clima según su naturaleza, pero en el balance final, lo enfrían.

Un estudio publicado en 2007 en la revista científica *Nature* halló que el incremento de la contaminación por CO₂ generada por el hombre está alterando los niveles del pH (acidez) de los océanos. Se cree que este cambio en la química tenga efectos adversos en todo el ecosistema. El agua más ácida del océano inhibe en los organismos marinos —desde el plancton, moluscos y corales— la habilidad para formar su caparazón de forma adecuada. La merma y precaria salud de las poblaciones de plancton son malas noticias para las otras criaturas del océano que están por encima de la cadena trófica.

Ya estamos en la segunda década de nuestro siglo XXI y aún no hemos resuelto problemas como la producción excesiva de desperdicios, la contaminación de los océanos y mares, la falta de interés para la protección y la conservación de los recursos naturales. La responsabilidad es de todos y hay que exigimos un cambio en nuestros hábitos y perspectivas acerca de los océanos y de nuestro planeta en general.

Organismos pertenecientes al grupo del zooplancton. Son parte importante como alimento para algunos peces y maníferos marinos, incluso como indicadores de la calidad del agua. En estado adulto algunos grupos son de importancia pesquera.

1. Grupo de larvas de camarón y copépodos.
2. Copépodo calanoides.
3. Krill.
4. Artemia salina.

“¿Por qué no ayudé con una solución a mis desperdicios?” “¿Si todos ayudamos a conservar, prevalecerán nuestros mares?” “¿Por qué cada día que pasa nos cuesta más trabajo respirar?” “¿Por qué ya no podemos ver el mar cada mañana?”, son preguntas que quizá dentro de cincuenta años queden de sobra. Todo es cuestión de pensar cuáles fueron las consecuencias de nuestras decisiones durante estos primeros años del siglo. No esperemos que la ayuda provenga de los gobiernos y empresarios; como ciudadanos, tomemos las decisiones necesarias para disminuir el efecto de nuestra presencia dominante en el planeta.

Debemos recordar siempre que la salud del plancton en nuestros océanos y la de todos los ecosistemas que de él se derivan es el mejor indicador para medir la salud de la raza humana; sin él, el futuro de la raza humana estaría perdido.

Bibliografía

- Oshima, T. 2008. La actividad humana altera la capacidad del plancton para regular la biosfera. *El mundo*. es. Madrid, España
- Soto, E. 2011. El mar se ahoga. *El mundo*. es. Baleares, España.
- Leite, E. 2012. La acumulación de basura plástica está alterando la vida en el océano. *Tendencias del Agua* on-line, España.
- Salas, J. 2012. La basura tóxica se sirve fría en su mesa. *Publico.es*, Madrid, España.
- Silva-Herrera, J. 2012. “Isla basura” en el océano Pacífico será otro continente. Vida de hoy: ecología. *El Tiempo.com*, Bogotá, Colombia.

¹Laboratorio de Limnología y Manejo de Cuencas, Centro de Investigaciones Tropicales, Universidad Veracruzana. mariage_gtzq@yahoo.es
²Laboratorio de Limnología y Manejo de Cuencas, Centro de Investigaciones Tropicales, Universidad Veracruzana, CRASR, Baylor University.



Subtema: Relaciones intra-interespecíficas

Aprendizaje (s)

El alumno identifica las relaciones intra e interespecíficas que se pueden dar en los ecosistemas.

Ficha bibliográfica del texto o material

Rodríguez M., D., A. Aguirre, P. A. González, F. López y J.G. García. (2013). Interacciones ecológicas en un humedal en restauración. En: Biodiversitas, CONABIO. 106:11-16.

Momento de uso recomendado

Apertura.

Sinopsis

El documento inicia al explicar el concepto de humedal, donde la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza propone que los humedales son las extensiones de marismas, pantanos, turberas o superficies cubiertas con mangles y su estrecha relación con el agua, principal factor

que determina la flora y la fauna que en ellos habitan. Dentro de los humedales se señalan los humedales de Veracruz como es el de La Mancha en el centro de Veracruz cercade Laguna Verde, donde abundan diferentes asociaciones vegetales, que cuando florecense presentan escenarios ecológicos se desarrolla una miríada de interacciones biológicas entre las flores y sus visitantes polinizadores, en este caso las interacciones son de tipo mutualista como la mencionada polinización, donde ambos interactuantes se benefician y/o la antagonista donde solamente uno de los interactuantes se beneficia.

Otro aspecto que destacar en el documento es que en el humedal de La Mancha se están llevando a cabo diversas actividades de recuperación, al eliminar en este sitio de gran biodiversidad la presencia del pasto alemán, una especie introducida de África. Estos procesos merecen ser estudiados a corto y mediano plazo para poder extrapolar estas prácticas de recuperación a otros sitios degradados o destruidos, como ocurrió con el humedal de La Mancha.

Justificación

Este documento es importante para que los alumnos refuercen el aprendizaje siguiente: el alumno identifica las relaciones intra e interespecíficas que se pueden dar en los ecosistemas, en este caso, las interacciones ecológicas en un humedal en recuperación, que se conoce como humedal La Mancha en el Estado de Veracruz, éste ofrece un cúmulo de conocimientos relacionados con la temática: estructura y procesos en el

ecosistema y es interesante con base a que poco se habla de estos lugares por lo tanto, es recomendable que se aborde como una actividad de cierre.

Conceptos clave

Interacciones ecológicas, mangles, humedal, restauración, población, comunidad, ecosistema.

Sugerencias de actividades de aprendizaje

Instrucciones:

- a) Realizar la lectura del artículo “Interacciones ecológicas en un humedal en restauración” (tarea extraclase).
- b) Se discutirá por equipo los conceptos principales.
- c) Con base en la lectura se construirá un glosario, al buscar el significado de las palabras clave de esta lectura.
- d) Resolverán por equipo el siguiente cuestionario:
 1. Los ríos en Veracruz tienen una gran influencia de inundación para que se formen los humedales ¿cuáles son los ríos y en qué región de ese Estado se encuentran?
 2. ¿En los humedales habitan diferentes asociaciones vegetales como la marina litoral en este caso dominada por...?
 3. ¿En los humedales de México existen seis tipos de mangle cuáles son los más comunes?
 4. El humedal de La Mancha está en proceso de recuperación, ¿qué se hace para que se mejore ecológicamente?

5. El humedal de La Mancha es una comunidad vegetal constituida principalmente por especies herbáceas, ¿cuáles son las que destacan?
6. ¿En este humedal habitan dos especies con el mayor número de individuos por unidad de área, el platanito y la papa de agua, ¿qué fauna es atraída por estas dos especies en tiempo de floración?
7. ¿En que partes de la flor se encuentran los órganos reproductivos femeninos y masculinos?
8. ¿Cuáles son los atributos morfológicos y fisiológicos que tienen las flores del platanito para atraer a sus polinizadores?
9. ¿Qué tipo de interacciones ecológicas están asociadas con la polinización en el humedal de La Mancha?
10. Otras interacciones que se llevan a cabo en este humedal asociado con los polinizadores de la papa de agua, las visitan varias especies de arañas imitando el color de las flores de la papa y cuando arriban los polinizadores los capturan, esto, tiene consecuencias negativas en la polinización de estas plantas, ¿por qué? Expliquen.



Citar como:

Rodríguez Morales, D., A. Aguirre Jaimes, P. A. González Vanegas, F. López Barrera y J. G. García Franco. 2013. Interacciones ecológicas en un humedal en restauración. CONABIO. Biodiversitas, 106:11-16

BioDIVERSITAS

INTERACCIONES ECOLÓGICAS en un humedal en restauración

DULCE RODRÍGUEZ MORALES¹, ARMANDO AGUIRRE JAIMES²,
PAOLA A. GONZÁLEZ VANEGAS³, FABIOLA LÓPEZ BARRERA³ Y JOSÉ G. GARCÍA FRANCO³



¿Qué son los humedales?

Cuando se habla de humedales lo primero que viene a la mente son los manglares, sistemas naturales dominados por agua con mangles que presentan raíces espectaculares que sobresalen de la superficie del agua, semejando grandes zancos. Existen diferentes tipos de humedales y, a pesar de la variedad de sus atributos en todo el mundo, la característica unificadora es su estrecha relación con el agua, principal factor que determina la flora y la fauna que en ellos habitan. La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) propone que los humedales son "las extensiones de marismas, pantanos, turberas o superficies cubiertas de agua, ya sea de régimen natural o artificial, permanente o temporal, estancada o corriente, dulce, salobre o salada, incluyendo las extensiones de aguas marinas, cuya profundidad en marea baja no excede los seis metros". Los humedales en México no sólo se encuentran cerca de la

costa, también están presentes en sistemas acuáticos dentro del continente, como los lagos de Chapala y Pátzcuaro, o en áreas con influencia antrópica, como son las chinampas de Xochimilco. Su extensión potencial no alcanza el 1% (entre 0.7 y 1.2 millones de hectáreas) del territorio nacional.

Los humedales veracruzanos

En el estado de Veracruz, los humedales se encuentran en las tierras bajas inundables con una gran influencia de los ríos, como el Coatzacoalcos en el sur, el Papaloapan en el centro, y el Pánuco y Tecolutla en el norte, y también en las zonas con influencia de marea. Esta amplitud de distribución da lugar a un gradiente de inundación y salinidad en los humedales, lo que genera gran variabilidad ambiental y hace que la entidad sea rica en tipos de humedales, que a su vez aportan una gran diversidad de flora y fauna. En los humedales se presentan diferentes

Visitante floral en una flor masculina de la papa de agua en el humedal de La Mancha. Fotos: © Armando Aguirre

asociaciones vegetales, como la marina litoral dominada por mangles, popales, tulares, carrizales, vegetación flotante y sumergida, y bosques de galería (vegetación en las márgenes de los ríos). La flora de los humedales es muy diversa: se conocen alrededor de 78 familias de plantas con flores (angiospermas), de las cuales 24 son acuáticas estrictas para México, con 46 géneros y aproximadamente 122 especies. De la flora acuática y subacuática no hay datos precisos, pero se calculan alrededor de 49 familias (199 géneros). En el mundo existen 54 especies de mangle, y en México tenemos seis, de las cuales las más comunes son el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), blanco (*Laguncularia racemosa*), negro (*Avicennia germinans*) y el botoncillo (*Conocarpus erectus*). Otro aspecto a destacar de los humedales en México es la diversidad de formas de vida, es decir, árboles, arbustos y hierbas. En la vegetación flotante la mayoría de las especies de plantas son hierbas, como el lirio acuático sudamericano (*Eichhornia crassipes*), la lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) o la cosmopolita lentejilla (*Lemna aequinoctialis*). Por otro lado, la vegetación enraizada flotante se caracteriza por sus raíces que están ancladas al suelo del humedal y, en cambio, sus hojas y flores (o inflorescencias) están expuestas en la superficie del agua; las más comunes son *Nymphaea ampla* y *Nymphaoides indica*. En

América del Sur existe una especie de lirio de agua (*Victoria amazonica*) que tiene las hojas tan grandes y robustas que son capaces de soportar el peso de aves y pequeños mamíferos.

El humedal de La Mancha

En el centro de Veracruz, cerca de la nucleoelectrícula Laguna Verde, se encuentran varios cuerpos de agua, entre ellos el humedal de La Mancha, ubicado dentro de la reserva natural CICOLMA o La Mancha perteneciente al Instituto de Ecología, A.C. (INECOL). Actualmente este humedal está en proceso de recuperación, una vez eliminada la presencia del pasto alemán (*Echinochloa pyramidalis*), una especie introducida de África. En este sitio la vegetación está representada principalmente por popales, tulares y carrizales, en un cuerpo de agua con poca corriente; es una comunidad vegetal constituida principalmente por especies herbáceas, entre las que destacan la papa de agua (*Sagittaria lancifolia*), el chíchicastle (*Laportea mexicana*), el guaco (*Mikania micrantha*), el platanito (*Pontederia sagittata*) y el tule (*Typha domingensis*).

Dos de estas especies, la papa de agua (*Sagittaria lancifolia*, Alismataceae) y el platanito (*Pontederia sagittata*, Pontederiaceae), contribuyen de manera muy importante en la biodiversidad del humedal de La Mancha.

El humedal de La Mancha en proceso de recuperación desde el año 2007 después de la eliminación del pasto exótico. Actualmente podemos encontrar una gran diversidad de plantas acuáticas, semiacuáticas y en los alrededores árboles de gran tamaño.





Existen visitantes florales que no precisamente tienen una función de polinizadores, como es el caso de los escarabajos que se alimentan del polen de las flores. Aunque también muchas especies de plantas tienen como polinizadores a los escarabajos (cantarofilia).

El platanito *Pontederia sagittata* es una planta típica de papales y tularés presente en la planicie costera del Golfo de México, la cual dependiendo de la región recibe varios nombres comunes: platanito, cucharita o lirio de agua. Esta planta crece formando grandes parches de hojas verdes e inflorescencias color lila, que son muy parecidas al conocido lirio acuático (*Eichhornia crassipes*). Las flores de *P. sagittata* son pequeñas (aproximadamente 1 cm de diámetro) y la inflorescencia puede contener hasta 400 de ellas. Cada mañana abren en una inflorescencia entre 15-60 flores, desplegando sus atributos que atraen a sus visitantes. Al final del día, se marchitan y, si fueron fecundadas, cada una formará un fruto con una sola semilla. Todas las flores de la inflorescencia pasan el mismo proceso cada día por aproximadamente una semana, y toma una semana más para que desarrollen los frutos. Para el observador común, todas las flores del platanito parecen iguales; sin embargo, posee uno de los sistemas de reproducción más raros y complejos entre las plantas con flores, ya que en esta especie los órganos reproductivos femeninos (estigmas) y los masculinos (estambres) se diferencian en su longitud de manera recíproca (largos, medianos y cortos) en tres formas florales (morfos). Además de las diferencias en la longitud de los estambres, los morfos florales también varían en el tamaño de los granos de polen y la cantidad que producen. De tal forma que el polen debe migrar dependiendo del morfo floral para que se logre la polinización. Este sistema, denominado tristilia (por los diferentes largos de los tubos que soportan el estigma), previene la autopolinización y se ha encontrado únicamente en seis familias de plantas.

Es un buen ejemplo de las historias “de amor” y “desamor” que tienen las plantas, mencionadas en detalle en los números 64 y 95 de *Biodiversitas*. Además de su especializado sistema de apareamiento, las flores del platanito presentan características del síndrome floral melitofílico, es decir, un conjunto de atributos morfológicos (colores, formas, guías de néctar, etc.) y fisiológicos (volumen de néctar, tipos de azúcares, etc.) que potencialmente atraen abejas.

La otra especie de planta que nos ocupa es la papa de agua (*Sagittaria lancifolia*). También es una hierba y, a diferencia del platanito, tiene flores masculinas y femeninas en la misma inflorescencia, lo cual se denomina monicisismo, aunque a lo largo de su distribución puede cambiar en respuesta a condiciones de estrés ambiental, de acuerdo con la opinión de del doctor Mauricio Quesada Avendaño del Centro de Investigaciones en Ecosistemas de la UNAM. En la naturaleza sólo entre 6 y 10% de las angiospermas presentan los sexos separados, mientras que la gran mayoría tiene los dos sexos en la misma flor (flores hermafroditas o perfectas). Sus flores son de color blanco, de aproximadamente 2 cm de diámetro, dispuestas en una inflorescencia, donde las flores femeninas están en la parte basal y las masculinas en la parte apical. Las flores abren por la mañana y sólo viven unas cuantas horas.

Ambas especies de plantas florecen todo el año, aunque se presentan pulsos masivos de floración en determinados momentos. En este escenario ecológico de historias de “amor” y “desamor” de dos integrantes del humedal de La Mancha es donde se desarrolla una miríada de interacciones biológicas.

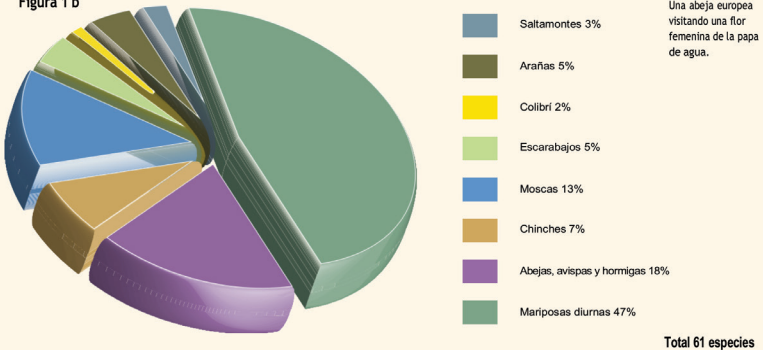
tanito los polinizadores potenciales son una especie de mosca (*Lycastrihyncha* sp.) y una de abeja (*Florigus condignus*), mientras que para la papa de agua el visitante más frecuente y uno de los polinizadores potenciales es la abeja europea (*Apis mellifera*), aunque un gran número de otras abejas más pequeñas e incluso avispas podrían estar fertilizando sus flores. El grupo más diverso de visitantes son las mariposas, las cuales consumen el néctar de las flores de la papa de agua y el platanito; a pesar de ser un grupo diverso, éstas difícilmente podrían actuar como polinizadores ya que sus largas lenguas succionan el néctar y evitan tocar el estigma y los estambres.

Otros insectos obtienen beneficios adicionales; por ejemplo, existen diferentes especies de herbívoros, como los saltamontes y algunas especies de escarabajos, que consumen las hojas, pero en el caso de la papa de agua comen principalmente los pétalos de las flores. Si este daño es muy intenso puede tener consecuencias negativas para las plantas, ya que al modificar su forma y tamaño podría disminuir la frecuencia de visitantes florales con consecuencias negativas en la polinización.

Por otro lado, podemos encontrar interacciones más complejas. Asociadas a las flores de la papa de agua existen varias especies de arañas que imitan el color de los pétalos; se encuentran sobre las flores a la espera de que algún visitante floral haga su arribo para capturarlo. Si la frecuencia de las arañas es muy alta y su capacidad de captura de presas fuese de igual magnitud, es de esperarse consecuencias negativas en la polinización de estas plantas.



Figura 1 b



En resumen, conforme avanzan las actividades de recuperación en este sitio de gran biodiversidad en la costa de Veracruz, se están llevando a cabo numerosos procesos tanto ecológicos como evolutivos, y posiblemente se están “inventando” nuevas interacciones a la luz de los cambios ambientales locales y globales, debido a la fragmentación y pérdida de hábitats. Estos procesos merecen ser estudiados a corto y mediano plazo para poder extrapolar estas prácticas de recuperación a otros sitios degradados o destruidos, como ocurrió con el humedal de La Mancha.

Bibliografía

Barrett, S., y J. Shore. 2008. “New Insights on Heterostyly: Comparative Biology, Ecology and Genetics”, en V. Frankling-Tong (Ed.), *Self-incompatibility in Flowering Plants: Evolution, Diversity and Mechanisms*. Berlín, Springer-Verlag, pp. 3-32.

Challenger, A., y J. Soberón. 2008. “Los ecosistemas terrestres”, en *Capital natural de México*, vol. 1: *Conocimiento actual de la biodiversidad*. México, CONABIO, pp. 87-108.

Glover, D. y S. Barrett. 1983. “Trimorphic Incompatibility in Mexican Populations of *Pontederia sagittata* Presl. (Pontederiaceae)”, en *New Phytologist* 95: 439-455.

Lara-Lara, J.R., et al. 2008. “Los ecosistemas costeros, insulares y epicontinentales”, en *Capital natural de México*, vol. 1: *Conocimiento actual de la biodiversidad*. México, CONABIO, pp. 109-134.

Moreno-Casasola, P. y D. Infante-Mata. 2010. *Veracruz. Tierra de ciénagas y pantanos*. Xalapa, Gobierno del Estado de Veracruz.

Moreno-Casasola, P., E. Cejudo-Espinosa, A. Capistrán-Barradas, D. Infante-Mata, H. López-Rosas, G. Castillo-Campos, J. Pale-Pale y A. Campos-Cascared. 2010. “Composición florística, diversidad y ecología de humedales herbáceos emergentes en la planicie costera central de Veracruz, México”, en *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 87: 29-50.

Novelo, R. A. 1978. “La vegetación de la Estación Biológica El Morro de La Mancha, Veracruz”, en *Biotica* 3(1): 9-23.

Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. México, Limusa.

Escarabajo visitando flores de platanito.

¹ Facultad de Biología, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; dulce.rodriguez.morales89@gmail.com
² Red de Interacciones Multitróficas, Instituto de Ecología A.C. armando.aguirre@inecol.edu.mx
³ Red de Ecología Funcional, Instituto de Ecología, A.C.; pagvanegas@gmail.com; fabiola.lopez@inecol.edu.mx; jose.garcia.franco@inecol.edu.mx



Subtema: Niveles tróficos y flujo de energía

Aprendizaje (s)

El alumno describe el flujo de energía y ciclos de la materia (carbono, nitrógeno, fósforo, azufre y agua) como procesos básicos en el funcionamiento del ecosistema.

Ficha bibliográfica del texto o material

Balvanera, P. y Cotler, H. (2011). Los servicios ecosistémicos. En *Biodiversitas*, CONABIO. 94, 2011: 7-11.

Momento de uso recomendado

Apertura o desarrollo.

Sinopsis

Los seres humanos obtenemos numerosos beneficios de los sistemas naturales que nos rodean, pero nosotros hemos transformado algunos de ellos (en beneficio particular de nuestra especie) en sistemas de producción intensiva de bienes como es el caso de los bosques, las selvas y los pastizales

naturales que ahora funcionan como sistemas agropecuarios para la producción de alimentos.

El uso que damos a los agroecosistemas cambia la elevada contribución de los bosques o selvas (que también son considerados como bosques lluviosos, de neblina o bosques siempre verdes, que se encuentran geográficamente entre el Trópico de Cáncer o de Capricornio y el Ecuador) a la regulación del clima o a evitar la erosión del suelo.

En la búsqueda por satisfacer las necesidades humanas, por el contrario, hemos minado la capacidad que tienen los sistemas naturales para mejorar la calidad de nuestras vidas, es decir vamos obteniendo unos beneficios a cambio de otros.

Es decir, privilegiamos las medidas a corto plazo por las que podían darnos los recursos naturales a mediano y largo plazo.

Justificación

La inclusión de este artículo responde a la necesidad de que los estudiantes comprendan que los diversos ecosistemas de la biosfera, tanto acuáticos como terrestres, prestan una función al equilibrio natural del planeta; dicho equilibrio no siempre ha sido respetado por el hombre, sobre todo en los últimos siglos.

Se requiere una revisión introspectiva y crítica de la actividad humana y su repercusión sobre el equilibrio natural de la biosfera.

Los servicios de ecosistemas son de provisión, de regulación y culturales. El artículo permite a los estudiantes obser-

var los niveles tróficos y el flujo de la energía a la vez que se observan los servicios ecosistémicos.

Conceptos clave

Servicios ecosistémicos, sistemas de producción intensiva, productores primarios, biodiversidad.

Sugerencias de actividades de aprendizaje

Instrucciones:

Primera actividad

- a) Después de leer el artículo, discute con tus compañeros de equipo la relación que existe entre las columnas del Cuadro 1 (Servicios ecosistémicos, beneficios que rindan a las poblaciones humanas y procesos ecosistémicos asociados a estos servicios).
- b) De la columna situada a la izquierda del cuadro, identifiquen los ocho renglones referentes a los servicios y asócielos con los ocho renglones de la última columna a la derecha que se refieren a los tipos de ecosistema que brindan ese servicio.
- c) Cuando hayan terminado la asociación de columnas, discutan la relación que existe entre ellos.

Segunda actividad

- a) Conforme a la lista que se coloca a continuación y basándonos en los ocho servicios ecosistémicos enlistados,

se debe asociar por equipo los ecosistemas que brindan el servicio. Con base en la resolución de esta relación de columnas, cada equipo deberá investigar adicionalmente acerca de uno de los ocho rubros señalados y dar un seminario a sus compañeros. Los temas de los seminarios por equipo no deben repetirse.

- Agua (calidad)
- Regulación de la biodiversidad
- Regulación de plagas, de vectores de enfermedad y de la polinización
- Regulación de la erosión
- Regulación del clima
- Regulación de la calidad del aire
- Regulación de la respuesta a eventos naturales extremos
- Servicios culturales



CONABIO Citar como:



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



LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

PATRICIA BALVANERA¹ Y HELENA COTLER²

Los seres humanos obtenemos numerosos beneficios de los sistemas naturales que nos rodean. Hemos transformado algunos de ellos en sistemas de producción intensiva de bienes; por ejemplo, bosques, selvas y pastizales naturales han sido convertidos en sistemas agropecuarios para la producción de alimentos. Estos cambios modifican la capacidad que tienen los ecosistemas para brindarnos otros beneficios de los cuales no siempre nos percatamos; hemos intercambiado la elevada contribución de los bosques a la regulación del clima o al control de la erosión por contribuciones distintas que hacen los sistemas agropecuarios. Pero en la búsqueda de satisfacer nuestras necesidades hemos minado la capacidad que tienen los sistemas naturales para mejorar la calidad de nuestras vidas. El balance es complejo: hemos privilegiado la posibilidad de obtener ciertos tipos de beneficios a costa de otros; hemos favorecido los satisfactores a corto plazo a costa de aquellos a mediano y largo plazos; hemos puesto énfasis en la obtención de bienes en nuestro entorno inmediato a costa de zonas alejadas de nosotros, donde no nos percatamos de las consecuencias. Esta situación es común en todo el planeta. Sin embargo, en México se presenta un caso particular en el que se combinan, por un lado, la elevada diversidad biológica y cultural de nuestro país, y por otro, un profundo deterioro de los sistemas que albergan esta biodiversidad, con consecuencias negativas para la población humana.

El ecosistema es la unidad funcional básica de la naturaleza donde interactúan componentes bióticos (plantas, animales, microorganismos) y abióticos (energía, agua, suelos, nutrientes, atmósfera) y entendemos a las sociedades humanas como sistemas complejos que interactúan de forma dinámica con esos ecosistemas, siendo el ser humano una de las especies que habitan en ellos. Con el término "servicios ecosistémicos" abarcamos todos los beneficios que las poblaciones humanas obtenemos de los ecosistemas (Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Island Press, Washington, D.C.).

Existen varias formas de clasificar los servicios ecosistémicos. La más común (promovida por el Millennium Ecosystem Assessment) los divide en bienes y servicios, para destacar la diferencia entre lo que consumimos, que es tangible, y aquello que nos beneficia de manera menos tangible. Sin embargo, esta clasificación no permite un vínculo explícito entre la forma en que se proporcionan los servicios y la forma en que la sociedad se ve favorecida.

Los servicios ecosistémicos más fácilmente reconocibles son los de provisión; se trata de bienes tangibles, también llamados recursos naturales o bienes (Cuadro 1). En esta categoría están incluidos los alimentos, el agua, la madera, las fibras. Estos servicios proporcionan el sustento básico de la vida humana, y los esfuerzos por asegurar su provisión guían las actividades productivas y económicas.

Otros servicios igualmente fundamentales para el bienestar humano, aunque mucho menos fáciles de reconocer, son los de regulación. En este caso se incluyen procesos ecosistémicos complejos mediante los cuales se regulan las condiciones del ambiente en el que los seres humanos realizan sus actividades productivas. En esta categoría se incluyen la regulación climática, la regulación de los vectores de enfermedades y la regulación de la erosión de los suelos, entre otros.

Los ecosistemas brindan también beneficios que dependen de las percepciones colectivas de los humanos acerca de los ecosistemas y de sus componentes. En este caso se habla de servicios culturales, los cuales pueden ser materiales o no materiales, tangibles o intangibles cuyos beneficios pueden ser espirituales, recreativos o educativos.

Los servicios de sustento son los procesos ecológicos básicos que aseguran el funcionamiento adecuado de los ecosistemas y el flujo de servicios de provisión, de regulación y culturales (Cuadro 1). Entre éstos se encuentran la productividad primaria, que es la conversión de energía lumínica en tejido vegetal, y el mantenimiento de la biodiversidad.

La interacción dinámica entre las sociedades humanas y los ecosistemas determina el tipo de servicios ecosistémicos que se proporcionan. Las condiciones culturales, económicas y políticas de las sociedades definen el tipo de decisiones que se toman para manejar los ecosistemas y así promover o afectar (de forma consciente y premeditada o de forma involuntaria) los distintos servicios. A su vez, el flujo de servicios ecosistémicos determina el bienestar humano y, por lo tanto, las condiciones de las sociedades humanas; la falta, escasez o distribución desigual de estos servicios pueden ocasionar conflictos sociales o políticos (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

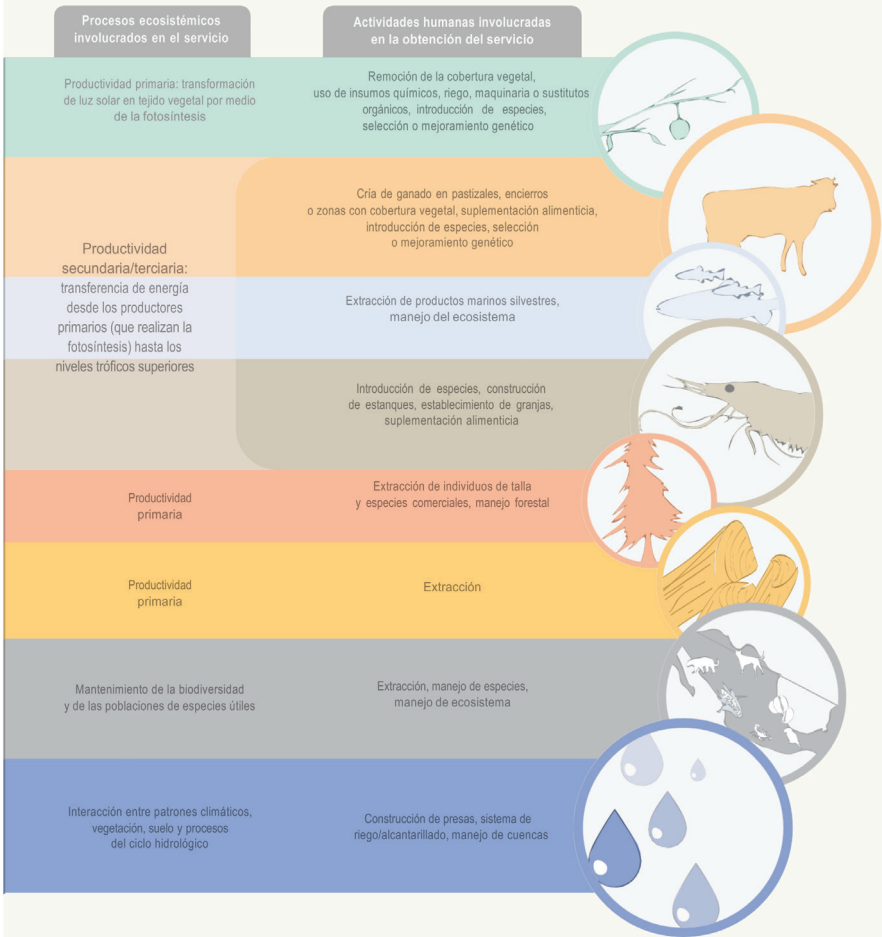
¹ UNAM, Centro de Investigaciones en Ecosistemas.

² pbalvanera@cicco.unam.mx

² Instituto Nacional de Ecología. hcotler@ine.gob.mx

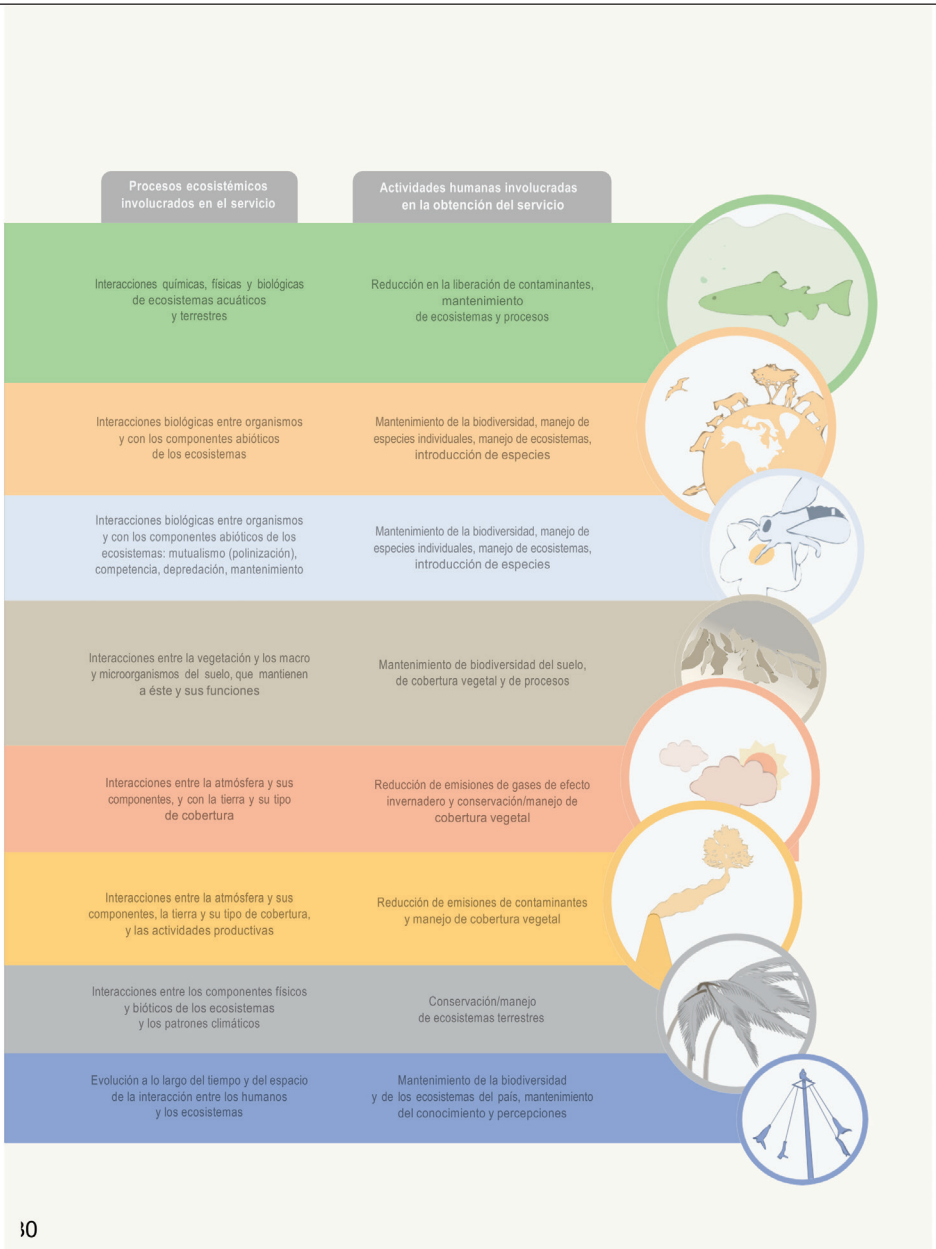
Cuadro 1. Servicios ecosistémicos, beneficios que brindan a las poblaciones humanas y procesos ecosistémicos asociados a estos servicios

SERVICIO	Importancia para el bienestar humano	Tipo de ecosistema que brinda el servicio
Alimentos derivados de la agricultura	Sustento básico económicos	Campo agrícola
Alimentos derivados de la ganadería		Pastizal, encierros, campo agrícola (complementos alimenticios), matorrales, selvas y bosques
Alimentos derivados de la pesca		Océanos, ecosistemas costeros (e.g. lagunas) y ecosistemas acuáticos continentales
Alimentos derivados de la acuicultura		Cuerpos de agua naturales y artificiales
Madera	Material de construcción y bienestar económico	Bosques y selvas
Leña	Fuente de energía	Bosques, selvas, matorrales, manglares, desiertos
Recursos diversos	Usos múltiples (e.g. alimentos, medicinas, materiales de construcción), recursos económicos, importancia cultural (presente o futura)	Todos los ecosistemas del país
Agua (cantidad)	Sustento básico, actividades productivas (agricultura, industria), funcionamiento de los ecosistemas	Ecosistemas terrestres y acuáticos, continentales, océanos y atmósfera



SERVICIO	Importancia para el bienestar humano	Tipo de ecosistema que brinda el servicio
Agua (calidad)	Regulación de concentraciones de contaminantes y organismos nocivos para la salud humana y de del ecosistema	Ecosistemas terrestres y acuáticos, continentales, océanos y atmósfera
Regulación de a biodiversidad	Regulación de casi todos los servicios ecosistémicos	Todos los ecosistemas del país
Regulación de plagas, de vectores de enfermedades y de la polinización	Regulación de los polinizadores; producción de algunos cultivos comerciales; regulación de plagas y vectores de enfermedades; control biológico de organismos nocivos	Todos los ecosistemas del país
Regulación de la erosión	Mantenimiento del suelo y sus servicios de moderación del ciclo hidrológico, soporte físico para las plantas, retención y disponibilidad de nutrientes, procesamiento de desechos y materia orgánica muerta, mantenimiento de la fertilidad del suelo y regulación de los ciclos de nutrientes	Ecosistemas terrestres del país
Regulación del clima	Mantenimiento de condiciones climáticas adecuadas para la vida humana, sus actividades productivas y la vida en general	Atmósfera y todos los ecosistemas terrestres, acuáticos y marinos
Regulación de la calidad del aire	Regulación de concentraciones de contaminantes nocivos para la salud y para la visibilidad	Atmósfera y todos los ecosistemas terrestres, acuáticos y marinos
Regulación de la respuesta a eventos naturales extremos	Regulación de la respuesta de los sistemas naturales al embate de eventos naturales extremos y sus consecuencias sobre la población humana	Atmósfera y todos los ecosistemas terrestres
Servicios culturales	Seguridad, belleza, espiritualidad, recreación cultural y social para las poblaciones	Todos los ecosistemas del país

Fuentes: Balvanera y Prabhu (2004); Beattie *et al.* (2005); Bravo de Guenni *et al.* (2005); Bruijnzeel (2004); Buchmann y Nabham (1996); Cassman *et al.* (2005); Daily *et al.* (1997); De Groot *et al.* (2005); Díaz *et al.* (2005); Falkenmark (2003); Folke *et al.* (2002); House *et al.* (2005); IEA (2002); Lavelle *et al.* (2005); Lovelock (1979); Panayatou y Ashton (1992); Pauly *et al.* (2005); Sampson *et al.* (2005); Shvidenko *et al.* (2005); Vörösmarty *et al.* (2005); Wood *et al.* (2005).



Tema 2:

Biodiversidad y conservación biológica

Subtema: Concepto de biodiversidad

Aprendizaje (s)

El alumno identifica el concepto de biodiversidad y su importancia para la conservación biológica.

Ficha bibliográfica del texto o material

Pujol, L. L. (2007). Biodiversidad y su importancia para la sustentabilidad. En: *Revista Ecología y biodiversidad*. UAIS-EBIO-4000-001. Univ. Abierta Interamericana. En: <http://www.sustentabilidad.uai.edu.ar/pdf/ecobio/UAIS-EBIO-400-001%20-%20Biodiversidad%20y%20sustentabilidad.pdf>

Momento de uso recomendado

Desarrollo.

Sinopsis

En este artículo el lector encuentra el concepto de biodiversidad, además señala el impacto de la actividad humana en el ambiente como la destrucción de hábitats que conllevan

a la disminución o pérdida de la biodiversidad en todo el planeta y como alternativa señala que la medida más segura es preservar la mayor cantidad posible de esta biodiversidad ya que todos los seres vivos que poblamos este planeta dependemos de los servicios ambientales que nos brinda y que es el motor económico mundial.

Dentro de la definición de biodiversidad se hacen mención tres niveles: la diversidad de cada especie; la diversidad entre especies; la diversidad entre ecosistemas, así como la interacción entre dichos niveles.

Otros aspectos importantes que se destacan en este artículo son los indicadores biológicos para medir la biodiversidad tales como: abundancia, la variación y la distribución, que pueden ser estimados para diferentes niveles.

También se menciona que utilizando diferentes indicadores biológicos se puede llegar a localizar el nivel de degradación de los ecosistemas y obtener un panorama más amplio del estado de la biodiversidad, estos índices de estudio se aplicaron en tres ecosistemas separados que miden las tendencias en las poblaciones terrestres, marinas y de agua dulce, los cuales reflejan que los recursos están siendo utilizados a una velocidad mucho mayor a la que pueden ser regenerados por el planeta. Los datos que proporcionan permiten visualizar que la pérdida de hábitats naturales mediada por la acción del hombre, como el cultivo y el pastoreo, son una de las principales causas de la disminución de la biodiversidad, y el deterioro en los ecosistemas tanto terrestres, marinos y de

agua dulce, siendo los ecosistemas terrestres los más afectados.

Se señala que afectando los servicios que proveen los ecosistemas, el bienestar humano se ve directamente perjudicado, por lo que preservar la mayor cantidad de biodiversidad es la medida más segura y urgente para mantener la estabilidad de los ecosistemas mediante un “desarrollo sustentable”, y esto sólo se puede lograr estableciendo un equilibrio entre el ambiente, la economía y la sociedad.

Justificación

La lectura de este artículo es importante para el alumno y se sugiere como una actividad de apertura, para comprender el aprendizaje: El alumno identifica el concepto de biodiversidad y su importancia para la conservación biológica, ya que se describe el concepto de biodiversidad de los ecosistemas terrestres, marinos y de agua dulce, señalando la importancia de los servicios ambientales que nos brindan y la necesidad urgente de un desarrollo sustentable.

Con ello se pretende que el alumno tome conciencia de lo que representa la biodiversidad para la sobrevivencia de la especie humana, abonando a los aprendizajes actitudinales de la unidad.

Sugerencias de actividades de aprendizaje

Instrucciones:

- a) Leer con detenimiento el artículo y subrayar los conceptos importantes.

- b) Elaborar un glosario de términos.
- c) Discutir los conceptos seleccionados con sus compañeros de equipo.
- d) Elaborar un mapa mental, colocando en el centro la biodiversidad y elegir un ecosistema específico que les interese, colocar los servicios ambientales que les brinda la biodiversidad de este ecosistema.
- e) Señalar sus propuestas sustentables para contribuir en la conservación de la biodiversidad para las futuras generaciones humanas y los demás sistemas biológicos.
- f) Con sus propuestas sustentables y sus mapas mentales elaborar un periódico mural grupal, para colocarlo en alguna de las mamparas del Colegio, con el fin de mostrarla a todo el plantel y si se puede solicitar que su propuesta sea puesta en la gaceta para que llegue a más compañeros o tomar fotografías para el Facebook de la escuela.



Universidad Abierta Interamericana
Centro de Altos Estudios Globales



Biodiversidad y su importancia para la sustentabilidad.

Luciana Pujol Lereis

Ref.
Ecología y biodiversidad
UAIS-EBIO-400-001

Noviembre 2007

Abstract

La pérdida de hábitats naturales mediada por la acción del hombre es una de las principales causas de la disminución en la biodiversidad en todo el planeta. Preservar la mayor cantidad de biodiversidad posible es la medida más segura para mantener la estabilidad de los ecosistemas de los cuales obtenemos los servicios esenciales para nuestro desarrollo humano. Actualmente se utilizan diferentes indicadores biológicos para medir la biodiversidad y el nivel de su degradación/recuperación a fin de tener información estadística que colabore en la toma de decisiones. La biodiversidad posee un valor económico intrínseco por el simple hecho de que afecta al funcionamiento de los ecosistemas, y por lo tanto a los servicios que obtenemos de éstos, que son la materia prima del motor económico mundial.

Mano que te da de comer no has de morder.

Introducción.

La mayoría de las personas entiende intuitivamente a la biodiversidad simplemente como el número de especies en una región dada. Este concepto erróneo, o podría decirse incompleto, no es el adecuado para poder entender la dinámica de los ecosistemas. Por lo tanto vamos a presentar una definición consensuada del término. La biodiversidad se define, según el Convenio de Biodiversidad (CBD, 1992), como

“la variabilidad entre organismos vivos provenientes de cualquier fuente.”

Este concepto incluye:

- la diversidad **dentro de cada especie**, refiriéndose a la variabilidad genética entre individuos de una misma especie
- la diversidad **entre especies**, que puede ser entendida como el número y la variedad de especies

- y la diversidad **entre ecosistemas**, o sea, los diferentes tipos de ecosistemas, sean estos naturales, semi-naturales o artificiales.

A su vez, se puede pensar a la biodiversidad como un **concepto dinámico**, con lo cual se tendrían en cuenta los cambios de los organismos vivos de un lugar a otro y con el paso del tiempo. De esta manera, ya se estarán dando cuenta lo complejo que resulta estudiar la biodiversidad, teniendo en cuenta sus diferentes niveles, la interacción entre dichos niveles, y todo ello variando con el tiempo.

Indicadores de Biodiversidad.

Se utilizan diferentes indicadores biológicos para medir la biodiversidad, resultando evidente la necesidad de combinar la información obtenida de cada uno de ellos para poder aproximarse a una medida coherente. Entre dichos indicadores se encuentran la abundancia, la variación y la distribución, que pueden ser estimados para diferentes niveles. En la Tabla 1 (adaptada de MEA) se muestra la importancia de dichos factores para distintos niveles.

Nivel	Importancia de la variabilidad	Importancia de la cantidad y distribución
Genes	Aportan variación para la producción y la adaptabilidad a cambios ambientales, patógenos y otros.	Resistencia y adaptabilidad local.
Especies	Son los reservorios de variación adaptativa.	La co-ocurrencia de especies posibilita la interacción entre comunidades y ecosistemas.
Poblaciones	Diferentes poblaciones retienen adaptaciones locales.	Aprovisionamiento y regulación local de servicios, provisiones, agua.
Ecosistemas	Diferentes ecosistemas pueden proveer diferentes servicios.	La cantidad y calidad de los servicios proveídos dependen de su distribución y localización.

Tabla 1. Importancia de la variabilidad, la cantidad y la distribución a nivel de genes, especies, poblaciones y ecosistemas.

Los estimadores de biodiversidad nombrados, que pueden estudiarse para los diferentes niveles, son utilizados en general en estudios ecológicos para estimar la biodiversidad de un número reducido de especies en un área determinada, que puede o no ser representativa del ecosistema al cual pertenece. A su vez, la información proveniente de dichos estudios puede ser integrada para obtener un panorama más amplio del estado de la biodiversidad. En este sentido, el WWF (World Wildlife Fund) ha elaborado indicadores de biodiversidad mundial, que fueron presentados en el “Living Planet Report” (LPR) del año 2006; el “Living Planet Index”, o Índice del Planeta Viviente, y el “Ecological Footprint”, que estimaría la huella dejada por el hombre en los ecosistemas.

Living Planet Index

El “Living Planet Index” mide las tendencias de la biodiversidad mundial con el paso de los años, reflejando de esta manera el estado de los ecosistemas del Planeta. Se calculó haciendo un promedio entre tres índices separados que miden las tendencias en las poblaciones de especies terrestres, marinas y de agua dulce. En la Figura 1 se observa como va cambiando el índice con el paso del tiempo, registrándose una caída de aproximadamente un 30 por ciento desde 1970 hasta 2003.

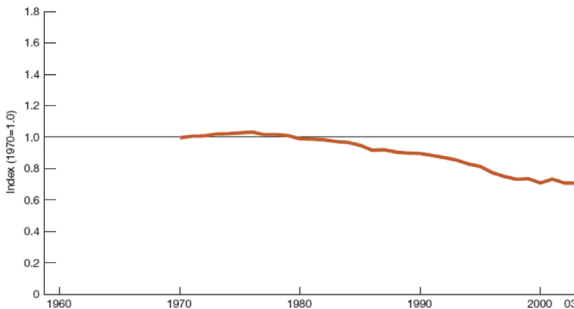


Figura 1. Living Planet Index, 1970-2003.

Ecological Footprint

El “Ecological Footprint” mide la demanda de la humanidad sobre la biósfera. Se basa en la cantidad de territorio biológicamente productivo, tanto terrestre como marino, que es necesario para satisfacer nuestra demanda de recursos, y para absorber los desechos que producimos en consecuencia. Como se observa en la Figura 2, a mediados de los años 80 el “Ecological Footprint” superó la biocapacidad de la Tierra, o sea, el territorio biológicamente productivo disponible. Ya para el 2003, dicha capacidad se ha superado en un 25 %, lo que refleja que los recursos están siendo utilizados a una velocidad mayor a la que pueden ser regenerados por el Planeta.

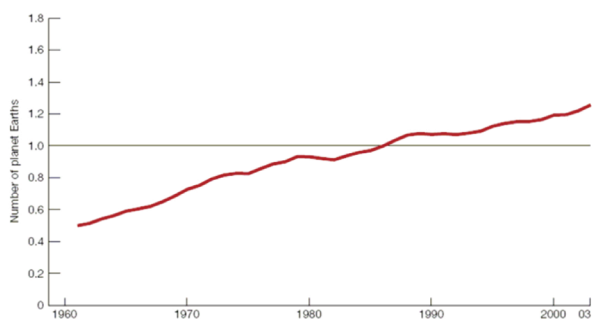


Figura 2. Ecological Footprint, 1961-2003.

La pérdida de biodiversidad producida por la actividad antrópica.

El “Living Planet Index” muestra una importante disminución de la biodiversidad (Figura 1). Esta pérdida de biodiversidad es mayor para los ecosistemas terrestres que para los marinos y de agua dulce, como se observa en la Figura 3, que compara por separado cada uno de los índices con el promedio.

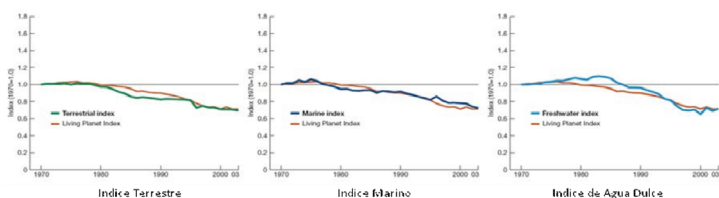


Figura 3. Índices Terrestre, Marino y de Agua Dulce comparados con el “Living Planet Index”, que se calcula como promedio de los primeros tres. Puede observarse para todos que hay una disminución neta en la biodiversidad de 1970 a 2003, viéndose más perjudicadas las especies terrestres la mayor parte del tiempo.

La pérdida de hábitats naturales mediada por la acción del hombre es una de las principales causas de la disminución en la biodiversidad. Ya antes de 1950, los ecosistemas con tierras idóneas para el desarrollo de actividades humanas sufrieron una importante transformación, que continuó a ritmo constante hasta, por lo menos, fines del siglo pasado (Figura 4, adaptada de MEA). Esta transformación implicó un aumento de las tierras dedicadas al cultivo y al pastoreo, y una disminución de los hábitats naturales.

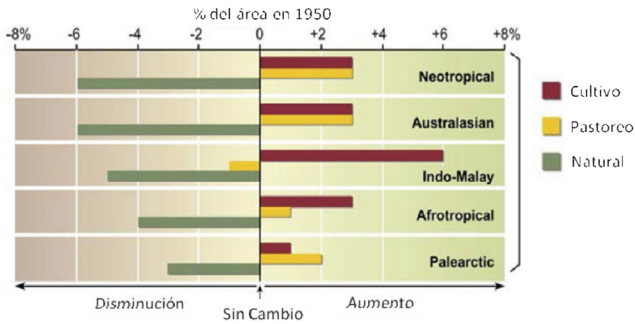


Figura 4. Porcentaje de cambio en el área de tierra en condiciones naturales o bajo cultivo y pastoreo desde 1950 hasta 1990, para los distintos reinos biogeográficos (no se incluyeron Oceanía y la Antártida por falta de datos).

Importancia de la biodiversidad para la sustentabilidad.

Ahora que tenemos una mejor idea de lo que es la biodiversidad y de las dramáticas alteraciones que se producen por la actividad antrópica, podemos entender el por qué de su relevancia. Resulta difícil concederle un valor a la biodiversidad sin ser subjetivos, sobre todo para aquellos que la consideramos importante *per se*. Para poder entender mejor esta problemática, veamos como se divide el valor de la biodiversidad según Begon et al. (1999).

Este valor posee tres componentes principales que son:

- (a) el **valor económico directo** de los recursos que son consumidos,
- (b) el **valor económico indirecto** que aportan los recursos sin necesidad de ser consumidos
- (c) el **valor ético**, este último es el más subjetivo y, desgraciadamente, el de menor peso a la hora de argumentar a favor de la conservación de la biodiversidad.

Los valores económicos, tanto el directo como el indirecto, son los que podrían ayudar a influir en la toma de decisiones políticas.

La biodiversidad posee un valor económico por el simple hecho de que afecta al funcionamiento de los ecosistemas (Loreau et al. 2001), y por lo tanto a los servicios que obtenemos de éstos, que son la materia prima del motor económico mundial (ver Figura 5, adaptada de MEA).

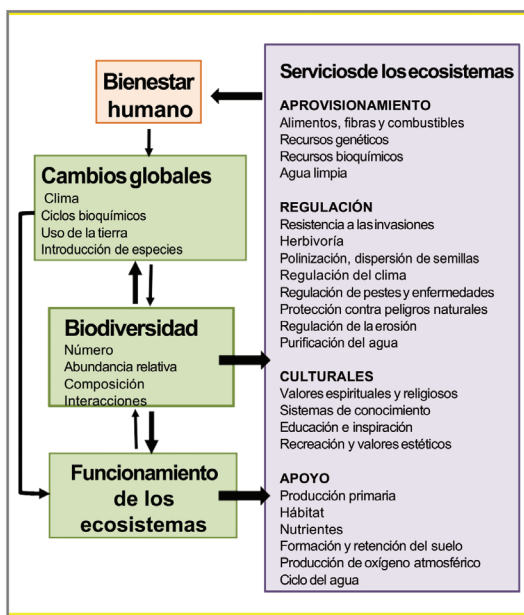


Figura 5. Los servicios de los ecosistemas y su interrelación con otros factores.

Nos damos cuenta por un simple razonamiento lineal que afectando los servicios que proveen los ecosistemas, el bienestar humano se ve directamente perjudicado.

En la actualidad, los cambios en el ambiente y la fragmentación de los territorios producidos por la actividad antrópica modifican considerablemente la dinámica de los procesos que se llevan a cabo en los ecosistemas. Bajo estas condiciones, la biodiversidad funciona como un “amortiguador” en contra de posibles alteraciones.

Esto se debe a que especies que resultan redundantes en un determinado momento, pueden pasar a cumplir un rol principal luego de un cambio en el sistema (Loreau et al., 2001).

En este sentido, Ives y Carpenter (2007) sostienen que un grupo de especies de todo el “pool” que posee un ecosistema es el responsable de mantener la estabilidad ante diferentes perturbaciones. Y que dependiendo de la perturbación, serán diferentes especies las que cumplirán roles clave.

Los autores concluyen entonces que al no poder predecir dichas especies debido a la falta de estudios puntuales en cada ecosistema, sumado a la ignorancia sobre los posibles cambios que puedan ocurrir; **preservar la mayor cantidad de biodiversidad posible es la medida más segura para mantener la estabilidad de los ecosistemas de los cuales obtenemos los servicios esenciales para nuestro desarrollo humano.**

Reflexión final

La biodiversidad es un concepto complejo que debe entenderse en su totalidad para poder asignársele el valor que le corresponde, y de esa manera lograr concientizar a los diferentes actores de la sociedad. Debido a las fuertes presiones antropocéntricas, la pérdida de biodiversidad se ha acelerado notablemente, como lo reflejan los índices globales presentados en el “Living Planet Report”.

Como vimos arriba, los ecosistemas son de suma importancia para nuestra subsistencia, y debemos ayudar a mantener su estabilidad para poder seguir beneficiándonos de sus servicios. Un desarrollo sustentable sólo se puede lograr estableciendo un equilibrio lo más estable posible entre el ambiente, la economía y la sociedad.

Referencias

- Begon M., J.L. Harper, and C.R. Townsend (1999).** Ecología: Individuos, Poblaciones y Comunidades. Ediciones Omega, S.A. Barcelona.
- Ives A., and S. Carpenter (2007).** Stability and diversity of ecosystems. *Science* 317:58-62.
- Living Planet Report (2006).** WWF, Zoological Society of London & Global Footprint Network (<http://www.panda.org/>).
- Loreau M., Naeem S., Inchausti P., Bengtsson J., Grime J. P., Hector A., Hooper D. U., Huston M. A., Raffaelli D., Schmid B., Tilman D., and Wardle D. A., (2001).** Biodiversity and ecosystem functioning: current knowledge and future challenges. *Science*, 294: 804-808.
- Millenium Ecosystem Assessment (2005).** Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis. World Resource Institute, Washington, DC.

Subtema: Impacto de la actividad humana en el ambiente

Aprendizaje (s)

El alumno identifica el impacto de la actividad humana en el ambiente, en aspectos como: contaminación, erosión, cambio climático y pérdida de especies.

Ficha bibliográfica del texto o material

Arellano, F. y Andrade, J.L. (2016). Aspiradoras verdes: captura de carbono en bosques tropicales. En: *Biodiversitas*, CONABIO. 125: 1-7.

Momento de uso recomendado

Apertura o desarrollo.

Sinopsis

Las aspiradoras funcionan mediante un sistema que les permite succionar el aire junto con el polvo; así, las plantas

pueden considerarse “aspiradoras verdes” pues absorben el dióxido de carbono presente en el aire para crecer. Sitios con muchas plantas, como los bosques, pueden absorber grandes cantidades de bióxido de carbono siendo los bosques tropicales los que tienen la mayor absorción.

La atmósfera se ensucia porque cuando usamos un automóvil consumimos electricidad, generamos y quemamos basura se emiten hacia ella diferentes sustancias. Dejar que la suciedad persista en una casa o en la atmósfera implica riesgos para el bienestar de las personas y del ambiente. Ensuciar menos la atmósfera implica un cambio gradual en nuestro estilo de vida; mientras realizamos ese cambio podemos aumentar el uso de las aspiradoras verdes.

Los bosques tropicales pueden ayudar a remover de la atmósfera aquello de lo que más la hemos ensuciado: el bióxido de carbono, el cual no es “malo” en sí mismo, de hecho, es necesario para la existencia de la vida en el planeta. Sin embargo, desde la Revolución Industrial al presente la concentración de bióxido de carbono en la atmósfera se ha incrementado de forma alarmante.

Justificación

Este artículo se agregó a esta antología ya que el efecto de captación de dióxido de carbono es un arma de notable contra el cambio climático global; se ha notado que entre los biomas naturales que lo realizan destacan los bosques tropicales o bosques siempre verdes y los manglares.

Este tipo de bosques se localizan geográficamente en la zona intertropical, entre el Trópico deCáncer y el Trópico de Capricornio. Por su ubicación en el planeta, México juega un papel muyimportante en la conservación, manejo y protección de los biomas que aún conserva de este tipo. Tenemos la obligación de contribuir a la lucha contra los efectos del Calentamiento Climático Global.

Conceptos clave

Dióxido de carbono, atmósfera sucia, cambio de uso del suelo, calentamiento global y sistemas agroforestales.

Sugerencias de actividades de aprendizaje

Instrucciones:

- a) Realizar la lectura del texto aspiradoras verdes.
- b) Contestar el siguiente cuestionario (actividad individual):
 - ¿Qué es la atmósfera sucia?
 - ¿Cómo los bosques tropicales pueden ayudar a remover la atmósfera?
 - ¿Cuáles son las actividades humanas que más “ensucian” la atmósfera de CO₂?
 - ¿Por qué los bosques boreales, templados y tropicales no pueden “aspirar” CO₂ durante ciertos periodos?
 - ¿Qué es el Protocolo de Kioto?
- c) Basándote en las respuestas anteriores y en pequeños grupos colaborativos realicen un pequeño video con un celular para explicar los conceptos principales de la lectura.



CONABIO

Citar como:

Arellano Martín, F., J.L. Andrade. 2016. Aspiradoras verdes: captura de carbono en bosques tropicales. CONABIO. Biodiversitas, 125:1-7

NÚM. 125 MARZO-ABRIL DE 2016

ISSN: 1870-1760

BioDIVERSITAS

BOLETÍN BIMESTRAL DE LA COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD

ASPIRADORAS VERDES

Seguramente estás familiarizado con la aspiradora, aquel invento que revolucionó la limpieza doméstica y que hoy es común en el aseo de muchas casas y automóviles. Las aspiradoras funcionan mediante un sistema que les permite succionar el aire junto con el polvo; así, las plantas pueden considerarse "aspiradoras verdes", pues absorben el dióxido de carbono (CO_2) presente en el aire para crecer. Sitios con muchas plantas, como los bosques, pueden absorber grandes cantidades de CO_2 , siendo los tropicales los que tienen la mayor absorción.

ASPIRADORAS VERDES: captura de carbono en bosques tropicales

FERNANDO ARELLANO MARTÍN
Y JOSÉ LUIS ANDRADE*

Los bosques tropicales se localizan en la franja del planeta conocida como *zona intertropical* (que comprende desde el Trópico de Cáncer hasta el Trópico de Capricornio pasando por el Ecuador). Se caracterizan por tener una vegetación exuberante (principalmente en la época de lluvias) y albergar una amplia biodiversidad. Ejemplos de bosques tropicales son las selvas (húmedas y secas) y los bosques de manglar. La mayoría de los bosques tropicales tienen árboles que crecen la mayor parte del año, a diferencia de otros bosques, como los templados y los boreales.

Una atmósfera “sucía”

Una casa se ensucia por las acciones de sus habitantes y la atmósfera se “ensucia” porque cuando usamos un automóvil, consumimos electricidad, generamos y quemamos basura o destruimos un árbol se emiten hacia ella diferentes sustancias. Dejar que la suciedad persista en una casa o en la atmósfera implica riesgos para el bienestar de las personas y del ambiente.^{1, 2, 3} Se dice que una casa limpia no es aquella que más se asea, sino aquella que menos se ensucia. Ensuciar menos la atmósfera implica un cambio gradual en nuestro estilo de vida; mientras realizamos ese cambio podemos aumentar el uso de las aspiradoras verdes.

Los bosques tropicales pueden ayudar a remover de la atmósfera aquello de lo que más la hemos ensuciado: el CO₂, el cual no es “malo” en sí mismo, de hecho es necesario para la existencia de la vida en el planeta. El CO₂ participa activamente en el *efecto invernadero*, fenómeno en el que junto con otros gases de la atmósfera (Tabla 1) retienen parte del calor que la superficie terrestre emite cuando se calienta por acción de los rayos solares, lo cual permite que la temperatura de la Tierra sea favorable para los organismos.⁷ Sin embargo, desde la Revolución Industrial al presente la concentración de CO₂ en la atmósfera se ha incrementado alarmantemente (Tabla 1).

Las actividades humanas que más “ensucian” la atmósfera con CO₂ son: la *quema de combustibles fósiles* y el *cambio en el uso del suelo*. La primera consiste en la generación de energía por la incineración de combustibles fósiles como el petróleo y sus derivados (gasolina, diésel, etc.), carbón mineral o gas natural. Por otra parte, el cambio en el uso del suelo consiste en el deterioro de los ecosistemas para establecer áreas agropecuarias o urbanas. En 2012 en el ámbito mundial ambas actividades emitieron a la atmósfera aproximadamente 39 mil millones de toneladas de CO₂, la quema de combustibles fósiles contribuyó con 91% y el cambio en el uso del suelo con el 9% restante.⁸

El aumento en la concentración de CO₂ en la atmósfera significa una mayor retención de calor, esto eleva la temperatura del planeta (*calentamiento global*, entendido éste como el aumento en la temperatura promedio del planeta ocasionado por una elevada concentración de gases de efecto invernadero, principalmente CO₂) y desencadena una modificación del clima a nivel mundial. Las emisiones de CO₂ generadas por las actividades humanas están *acelerando* el cambio climático, aunque es cierto que a lo largo de su historia la Tierra ha experimentado *varios cambios climáticos*, la preocupación con el actual es la velocidad a la que está ocurriendo.⁹ Éste es uno de los problemas ambientales más graves de la actualidad, pues no sabemos con certeza qué ocurrirá ni estamos preparados para enfrentar lo que vendrá.

Bosques tropicales al rescate

Pero ¿cómo pueden los bosques tropicales ayudarnos a “aminorar” el cambio climático y sus consecuencias? Una forma es la reducción de su deforestación y degradación, pues los bosques tropicales cuentan con la “maquinaria” que permite la “limpieza” de la atmósfera del exceso de CO₂. Para comprender cómo las aspiradoras verdes realizan la

limpieza, es necesario que analicemos la *dinámica del carbono* en los bosques tropicales.

En los bosques tropicales, y en todos los ecosistemas, el carbono se mueve principalmente por dos procesos: el primero es la *fotosíntesis*, en la que plantas, algas y algunas bacterias absorben el CO₂ y la luz para fabricar azúcares. El segundo proceso es la *respiración*, la cual es análoga a la quema de combustibles fósiles, pues los azúcares fabricados en la fotosíntesis son el “combustible” que se “quema” al interior de las plantas y de todos los organismos para proveerles la energía que necesitan para crecer y sobrevivir; al ser “quemados” los azúcares se libera CO₂ a la atmósfera.

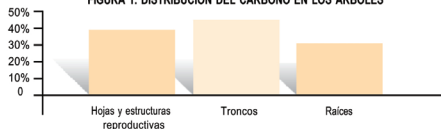
Tabla 1 Principales gases de efecto invernadero (GEI)	Concentración atmosférica	
	Periodo preindustrial ¹	Reciente
Dióxido de carbono (CO ₂)	280 ppm	397 ppm ²
Metano (CH ₄)	715 ppb	1893/1762 ppb ³
Óxidos de nitrógeno (NO _x)	270 ppb	328/324 ppb ³

Nota: las unidades son partes por millón (ppm) y partes por billón (ppb). La primera equivale a una molécula de GEI (gases de efecto invernadero) por cada millón de moléculas de aire; la segunda equivale a una molécula de GEI por cada billón de moléculas de aire.
¹ Datos del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), 2007.
² Concentración anual promedio en 2014. Datos de la administración Oceanográfica y Atmosférica de Estados Unidos (NOAA, por sus siglas en inglés), 2015.
³ Concentración anual promedio en 2012. El primer valor representa la concentración en el hemisferio norte y el segundo, la concentración en el hemisferio sur. Datos del Experimento Global Avanzado de Gases Atmosféricos (AGAGE, por sus siglas en inglés), 2014.⁴



Fotos: © Fulvio Eccardi

FIGURA 1. DISTRIBUCIÓN DEL CARBONO EN LOS ÁRBOLES



Distribución del carbono destinado a la producción de biomasa entre sus principales componentes.
 Nota: Del total, 34% se destina a la producción de hojas y estructuras reproductivas (flores, frutos y semillas), 39% a la producción de tejido leñoso en troncos y ramas, y 27% a la producción de raíces.
 Elaboración propia a partir de datos de Itahiri et al., 2011.¹¹

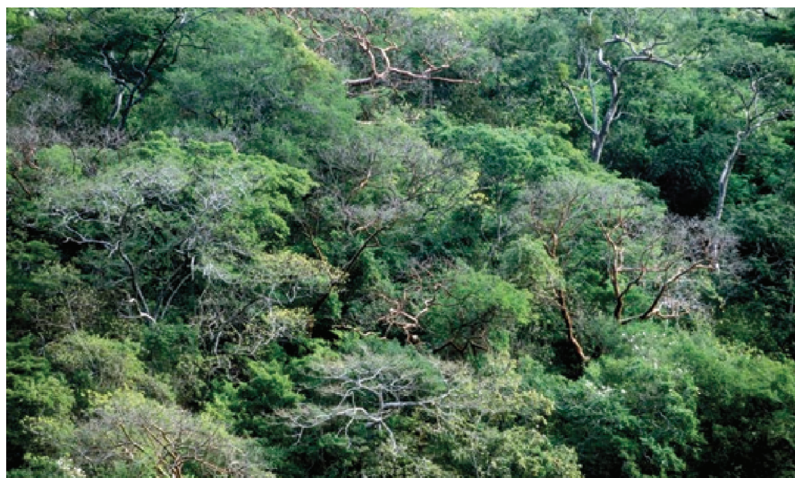
Gracias a la fotosíntesis, el átomo de carbono (C) del CO₂ se incorpora a los tejidos vegetales y forma parte de múltiples compuestos (exudados radicuales, néctares, taninos, alcaloides, aceites esenciales, etc.), así como de las diversas partes del cuerpo de los árboles: hojas, troncos, flores, frutos, semillas y raíces. Los árboles “reparten” el carbono que absorben por la fotosíntesis a las distintas partes de su cuerpo dependiendo de sus necesidades; las “porciones” son casi iguales, aunque una cantidad ligeramente mayor se asigna a los troncos^{10, 11} (Figura 1).

El carbono destinado a los troncos puede permanecer almacenado en ellos por décadas o siglos. Por su parte, el carbono asignado a la producción de hojas, flores, frutos y semillas puede ser “fácilmente devuelto” a la atmósfera en forma de CO₂, ya que al morir estos tejidos son descompuestos por microorganismos (bacterias y hongos) que se alimentan de los azúcares y compuestos contenidos en ellos.

En algunos bosques boreales, templados y tropicales varias especies de árboles pierden sus hojas durante una temporada del año, lo que impide que “aspiren” CO₂ durante ese periodo. En cambio, una gran parte de los bosques tropicales poseen árboles que mantienen sus hojas todo el año (por ejemplo, los manglares), lo que les permite continuar creciendo y no tener un lapso sin “aspirar” CO₂. Es por esto que el tipo de bosques con el mayor almacén de carbono son los tropicales, los cuales contienen 55% de todo el carbono almacenado en los bosques del mundo, siendo los árboles y el suelo sus principales almacenes¹² (Tabla 2).

Tabla 2 Tipos de bosques	Cantidad de carbono almacenado por compartimento				Total
	Suelo	Biomasa	Madera muerta	Mantillo	
Boreales	175	54	16	27	272
Templados	57	47	3	12	119
Tropicales	151	262	54	4	471

Nota: todas las unidades están en miles de millones de toneladas de carbono. Elaboración propia a partir de datos de Pan et al., 2011.¹²



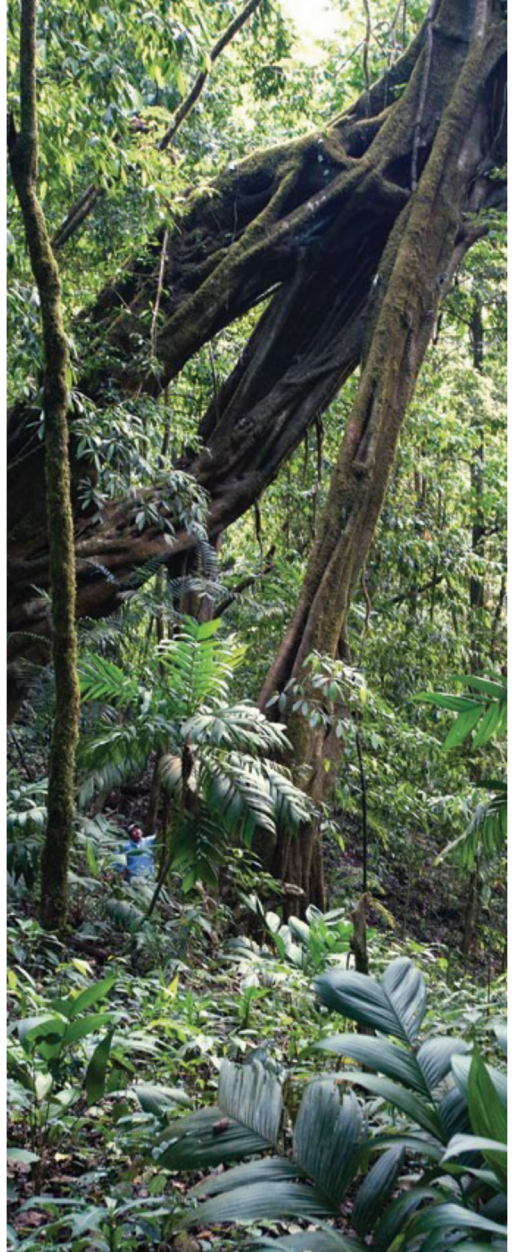
El suelo puede ser el principal almacén de carbono de un bosque cuando la cantidad de materia muerta (en su mayoría hojarasca) que se genera es mayor que la velocidad a la que los microorganismos la descomponen. Entre los bosques tropicales que almacenan más carbono en el suelo se encuentran los manglares en los que entre el 49-98% del carbono que contienen está almacenado en sus suelos.¹³ La descomposición ocurre lentamente en los suelos de los bosques de manglar, debido a que para consumir los tejidos muertos los microorganismos que los descomponen necesitan oxígeno, que es escaso en los suelos inundados de los manglares.

Es posible abrir una aspiradora para extraer y agitar su bolsa liberando de nuevo las partículas de polvo; algo similar ocurre con los bosques tropicales, pues disturbios como los incendios forestales o el cambio en el uso del suelo liberan el carbono almacenado en sus árboles y suelos. Actualmente los bosques tropicales más afectados por el cambio en el uso del suelo son los de Centro y Sudamérica, sur y sureste de Asia y los del África subsahariana.¹⁴

Los bosques tropicales no sólo absorben CO₂, también lo emiten de forma natural, principalmente por la respiración de sus árboles y microorganismos. Por lo tanto, antes de afirmar si un bosque es una aspiradora verde, es necesario comprender la dinámica del carbono en sus diferentes componentes: respiración, fotosíntesis, almacenes, así como los disturbios que sufre. El estudio de la dinámica del carbono de los bosques tropicales es un área de actual interés científico por el potencial que estas aspiradoras verdes tienen en la absorción de CO₂.

Captura de carbono

En algunas casas existen reglas respecto a la limpieza del hogar, ¿existe alguna regla sobre la limpieza del CO₂? El tratado internacional más importante en este aspecto es el *Protocolo de Kioto*, por el cual diversos países se comprometen a “ensuciar” menos la atmósfera con CO₂.¹⁵ Desde su adopción en 1997, el Protocolo de Kioto ha sido firmado por un mayor número de países y ha pasado por varias modificaciones, una de las cuales permite a los países que no han alcanzado su objetivo de ensuciar menos pagar a otros países por un “servicio de limpieza” mediante aspiradoras verdes;¹⁶ a este servicio se le conoce como captura de carbono, algo similar a cuando contratamos a alguien para que limpie por nosotros. La captura de carbono puede realizarse por la conservación y restauración de los bosques tropicales, bosques urbanos o formas de producción agrícola que conserven la biodiversidad, a la vez que aprovechen los recursos naturales (sistemas agroforestales).





	Área (km ²)		Porcentaje perdido
	Potencial	Actual	
Selvas secas	258,579	164,357	36.4
Selvas húmedas	254,800	151,511	40.5
Manglares	14,508	7,700	46.6
Total	527,887	323,568	38.7

Elaboración propia a partir de datos de la coseva.¹⁷

Las aspiradoras verdes en México

En nuestro país los principales grupos de bosques tropicales abarcan un área de aproximadamente 323 mil km² (Tabla 3),¹⁷ equivalente a 16% del territorio nacional. México participa en el programa de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) para la Reducción de Emisiones derivadas de la Deforestación y Degradación de los bosques (REDD+). Del presente a 2020, nuestro país tiene el objetivo de detener por completo el cambio de uso del suelo en los bosques nacionales para que nuestras aspiradoras verdes absorban y almacenen más CO₂.¹⁸

Y yo, ¿qué puedo hacer?

A la fecha hemos perdido alrededor de 40% del área original de los bosques tropicales mexicanos (Tabla 3) y 50% del área actual son bosques tropicales perturbados.¹⁷ Es importante que cada uno de nosotros contribuya a la conservación de nuestras aspiradoras verdes, evitando originar incendios forestales y reportando aquellos que hayan iniciado. También podemos ayudar a no ensuciar tanto la atmósfera con CO₂ al utilizar menos el automóvil, viajar en transporte público o bicicleta, reducir nuestro consumo eléctrico, reciclar, usar menos papel, etc.

Conclusión

Los bosques tropicales actúan como *aspiradoras verdes* al "limpiar" la atmósfera del CO₂ "absorbiéndolo" por la fotosíntesis y "almacenándolo" en los troncos de sus árboles y en sus suelos. Si bien las aspiradoras verdes absorben anualmente miles de millones de toneladas de CO₂, también se emite una cantidad igual o superior por su deforestación. Para que las aspiradoras verdes continúen limpiando es necesario garantizar su protección y conservación.

Agradecimientos

A profesores y estudiantes del curso de *Comunicación de la ciencia*, así como a amigos y familiares por contribuir al mejoramiento del manuscrito.

Bibliografía

- Mustafic, H. et al. 2012. "Main air pollutants and myocardial infarction", *The Journal of the American Medical Association* 307(7): 713-721.
- Environmental Protection Agency (EPA). 2014. United States Environmental Protection Agency, en línea: <http://www.epa.gov/oaqps001/urbanair>, consultado el 26 marzo de 2015.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). 2015. Organización Mundial de la Salud, en línea: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/>, consultado el 26 marzo de 2015.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2007. *Climate change 2007: the physical science basis*. Ginebra, Intergovernmental Panel on Climate Change, pp. 2, 4.
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). 2015. *Earth system research laboratory global monitoring division*, en línea: ftp://ftp.cmdl.noaa.gov/ccg/co2/trends/co2_anmean_gl.txt, consultado el 3 de mayo de 2015.

- ⁶ Advanced Global Atmospheric Gases Experiment (AGAGE). 2014. *Carbon dioxide information analysis center*, en línea: http://cdiac.ornl.gov/pns/current_ghg.html, consultado el 3 de mayo de 2015.
- ⁷ Garduño R., 2004. "¿Qué es el efecto invernadero?", en J. Martínez y A. Fernández (eds.). *Cambio climático, una visión desde México*. México, Instituto Nacional de Ecología, pp. 29-38.
- ⁸ Le Quéré C., G. P. Peters, R. J. Andres, R. M. Andrew, T. A. Boden, P. Ciais, P. Friedlingstein, R. A. Houghton, G. Marland, R. Moriarty, S. Sitch, P. Tans, A. Harper, I. Harris, J. I. House, A. K. Jain, S. D. Jones, E. Kato, R. F. Keeling, K. Klein Goldewijk, A. Körtzinger, C. Koven, N. Lefèvre, F. Maignan, A. Omar, R. Ono, G.-H. Park, B. Pfeil, B. Poulter, M. R. Raupach, P. Regnier, C. Rödenbeck, S. Saito, J. Shwinger, J. Segsneider, B. D. Stocker, T. Takahashi, B. Tilbrook, S. van Heuven, N. Viovy, R. Wanninkhof, A. Wiltshire, y S. Zaehle. 2014. "Global carbon budget 2013", *Earth System Science Data* 6: 235-263.
- ⁹ Schifter, I. y C. González Macías. 2005. *La Tierra tiene fiebre*. México, Fondo de Cultura Económica.
- ¹⁰ Granados, J. y C. Corner. 2004. "Respuesta de las selvas tropicales al incremento de CO₂ en la atmósfera", *Revista Forestal Iberoamericana* 1 (1): 63-70.
- ¹¹ Malhi Y., C. Doughty y D. Galbraith, 2011. "The allocation of ecosystem net primary productivity in tropical forests", *Philosophical Transactions of The Royal Society* 366: 3225-3245.
- ¹² Pan, Y., R. A. Birdsey, J. Fang, R. Houghton, P. E. Kauppi, W. A. Kurz, O. L. Phillips, A. Shvidenko, S. L. Lewis, J. G. Canadell, P. Ciais, R. B. Jackson, S. W. Pacala, A. D. McGuire, S. Piao, A. Rautiainen, S. Sitch, D. Hayes. 2011. "A large and persistent carbon sink in the world's forests", *Science* 333: 988-993.
- ¹³ Donato, D. C., J. B. Kauffman, D. Murydarso, S. Kurnianto, M. Stidham y M. Kanninen. 2011. "Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics", *Nature Geosciences* 4(5): 293-297.
- ¹⁴ Harris, N. L., S. Brown, S. C. Hagen, S. S. Saatchi, S. Petrova, W. Salas, M. C. Hansen, P. V. Potapov y A. Lotsch. 2012. "Baseline map of carbon emissions from deforestation in tropical regions", *Science* 336: 1573-1576.
- ¹⁵ United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). 2014. *United Nations Framework Convention on Climate Change*, en línea: http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php, consultado el 27 de mayo de 2015.
- ¹⁶ United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). 2014. *United Nations Framework Convention on Climate Change*, en línea: http://unfccc.int/kyoto_protocol/mechanisms/emissions_trading/items/2731.php, consultado el 10 de junio de 2015.
- ¹⁷ Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). s. f. *Biodiversidad Mexicana*, en línea: <http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/mapas/mapa.html>, consultado el 25 de septiembre de 2013.
- ¹⁸ Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2010. *Visión de México sobre REDD+ hacia una estrategia nacional*, Zapolan, Comisión Nacional Forestal.
- ¹⁹ Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. (CICY)-Unidad de Recursos Naturales, Mérida, Yucatán; ferarellanon@gmail.com



Subtema:

Desarrollo sustentable

Aprendizaje (s)

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

Ficha bibliográfica del Texto o material

González, C. y Pérez, P. (2015) Desarrollo sostenible en la Selva Lacandona. En: *Biodiversitas*, CONABIO. No.123. (1-6).

Momento de uso recomendado

Desarrollo o cierre.

Sinopsis

Una de las regiones más ricas en biodiversidad en México se localiza en la Selva Lacandona ya que en ella se encuentra el 20% de todas las especies del país. Lamentablemente dentro de esta región se realizan diversas acciones humanas que la han transformado. Entre ellas se encuentran la tala

clandestina, la cacería ilegal la explotación no planeada de los recursos forestales, los incendios forestales, la expansión de la frontera agrícola, la ganadería extensiva, la invasión de tierras y el tráfico ilegal de especies silvestres. Para evitar esto se le ha considerado como una de las zonas prioritarias para la conservación en donde se han propuesto diversos proyectos de desarrollo sustentable que ayuden a evitar la degradación del medio ambiente, promover el empleo, tener una menor dependencia de las actividades agropecuarias y mejorar las condiciones socioeconómicas de los pobladores.

Si bien, algunos de estos proyectos se han desarrollado con la intención de fomentar la conservación por medio de un incentivo económico, se ha buscado que los participantes adquieran una conciencia ambiental reconociendo los diversos servicios ecosistémicos que la selva ofrece debido a que sus beneficios van más allá del aspecto económico ya que también incluyen los aspectos ambientales y sociales.

Justificación

El desarrollo sustentable es un tema que muchas ocasiones los alumnos no logran comprender si no hay un ejemplo tangible y claro, mediante este artículo se pretende mostrar a los estudiantes un ejemplo sencillo que como llevar a cabo un proyecto que no sólo apoye la biodiversidad, sino también los aspectos sociales y económicos.

Conceptos clave

Biodiversidad, especies, conservación, desarrollo sustentable, servicios ecosistémicos.

Sugerencias de actividades de aprendizaje

Instrucciones:

- a) De acuerdo con la lectura *Desarrollo sostenible en la selva lacandona: análisis de tres proyectos de conservación biológica*, cuáles consideras que serían las tres acciones humanas que más afectan la biodiversidad de la Selva Lacandona. Justifica cada una de ellas.
- b) Elaborar una infografía. En los cuadros 1 y 2 de la lectura, se mencionan los beneficios ambientales y sociales que se obtuvieron con ayuda de los proyectos sustentables. Escoge tres beneficios ambientales y tres beneficios sociales para elaborar con ellos una infografía en la que destagues la importancia de los proyectos de desarrollo sustentable presentados para la Selva Lacandona.
- c) Investiga sobre algún proyecto de conservación y desarrollo sustentable que se haya realizado en la Selva Lacandona. Con base en la información que encuentres en el proyecto elabora un cuadro en el que se puedan apreciar algunos de los beneficios ambientales y sociales que se obtuvieron gracias a ese proyecto.



CONABIO

Citar como:

González Quintero, C., P. Pérez Akaki. 2015. Desarrollo sostenible en la selva lacandona: análisis de tres proyectos de conservación biológica. CONABIO. Biodiversitas, 123:1-6

NÚM. 123 NOVIEMBRE-DICIEMBRE DE 2015

ISSN: 1870-1760

BIODIVERSITAS

BOLETÍN BIMESTRAL DE LA COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



DESARROLLO SOSTENIBLE EN LA SELVA LACANDONA

La Selva Lacandona, localizada en el estado de Chiapas, es la región con mayor biodiversidad en México donde vive la variedad más grande de especies de flora, fauna y microorganismos. La habita 20% de todas las especies del país, incluyendo casi la mitad de aves y mariposas diurnas, la tercera parte de los mamíferos, 14% de los peces de agua dulce y 10% de todas las especies de plantas. Además, brinda importantes servicios ecosistémicos, de los cuales los habitantes locales resultan ser los mayores beneficiarios.¹ Por ello se ha identificado como una de las principales zonas prioritarias para la conservación.²

Desarrollo sostenible **EN LA SELVA LACANDONA** Análisis de tres proyectos de conservación biológica

CRISTINA GONZÁLEZ QUINTERO* Y PABLO PÉREZ AKAKI**

Portada
Guacamaya roja
(*Ara macao*).
Foto: © Fulvio Eccardi

El hotel Canto de la Selva, Jungle Lodge, se ubica en la ribera del río Lacantún y colinda con un fragmento de selva en buen estado de conservación.
Foto: © Fulvio Eccardi



Esta selva ha sido transformada profundamente por la acción humana. Sus principales problemas son la tala clandestina, la cacería ilegal, la explotación no planificada de recursos forestales (maderables y no maderables), los incendios forestales, la expansión de la frontera agrícola, la ganadería extensiva, la invasión de tierras y el tráfico ilegal de especies silvestres.³

Lo anterior representa un severo conflicto entre la conservación y la supervivencia humana. A pesar de lo valiosos que resultan desde una dimensión ambiental y social, los costos de la conservación de los servicios ecosistémicos recaen exclusivamente en los habitantes de dicha región, sin importar la constante demanda de la sociedad por estos servicios. Por ello la mayoría de los problemas relacionados con la conservación de las selvas son entendidos en términos del dilema entre las opciones de explotación y conservación de sus recursos naturales.⁴

Uno de los municipios que conforman la Selva Lacandona es Marqués de Comillas, donde existe una fuerte dependencia de las actividades agropecuarias, que son prácticamente las únicas fuentes de ingreso y el sostén de la economía familiar. Ahí

se ha observado una transformación de los ecosistemas y severos daños al entorno natural de la región por el desarrollo de esas actividades agropecuarias, que no han resuelto las condiciones de marginación local y, paradójicamente, el deterioro ambiental se incrementa mientras el bienestar social empeora.⁵ En buena medida, dicho deterioro puede explicarse a partir de las diversas problemáticas identificadas en las actividades agropecuarias: el aumento en la incidencia de plagas y enfermedades, dependencia al uso de agroquímicos, degradación del suelo, débil organización para el mercado, intervención de intermediarios en la compra del producto, baja diversificación de los sistemas agrarios, baja productividad y rentabilidad de los sistemas ganaderos, deficiente conocimiento técnico de la ganadería, dependencia de programas gubernamentales y dependencia del clima local.⁶

Para atender esta problemática, una organización no gubernamental y sin fines de lucro impulsó el desarrollo de tres proyectos de conservación: una Unidad de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA) de lepidópteros llamada La Casa del

Las actividades agropecuarias no han resuelto las condiciones de marginación local; paradójicamente el deterioro ambiental se incrementa mientras el bienestar social empeora.

Morpho, en el ejido Playón de la Gloria; un campamento ecoturístico con el nombre de Tamandua, en el ejido Flor de Marqués; y un hotel ecoturístico denominado Canto de la Selva en el ejido Galacia (Fig. 1). Éstos buscan no sólo evitar la deforestación, sino promover la conservación de la selva, así como mejorar los beneficios socioeconómicos de la población y diversificar sus fuentes de ingresos.

La participación en los proyectos se restringió a que los ejidatarios contaran con selva alta perennifolia en buen estado de conservación, pues sólo así se podrían llevar a cabo las actividades implicadas, como ecoturismo, manejo y aprovechamiento de lepidópteros para realizar artesanías y construir un mariposario, al tiempo que se conservarían los espacios. La superficie de selva de los tres ejidos es de aproximadamente 1495 hectáreas: Galacia es el que posee mayor extensión,

seguido de Flor de Marqués y Playón de la Gloria. La mayor parte de la superficie de selva (Fig. 1), también está inscrita en el Pago por Servicios Ambientales (PSA) de la Comisión Nacional Forestal. Al unirse al proyecto y contar con el PSA, los ejidatarios se comprometieron a evitar el cambio de uso de suelo de la selva y a aplicar prácticas de manejo que fomenten el mantenimiento de los servicios ecosistémicos.

Para identificar los alcances que han tenido los proyectos, se aplicó una encuesta de 23 preguntas, con dos secciones principales: la socioeconómica y la percepción de su entorno, a 70 personas involucradas en los proyectos, entre ejidatarios y trabajadores o ambos. Con los datos obtenidos correspondientes a la parte económica se hizo un análisis costo-beneficio y costo de oportunidad, y con los demás datos se realizaron estadísticas de la población.

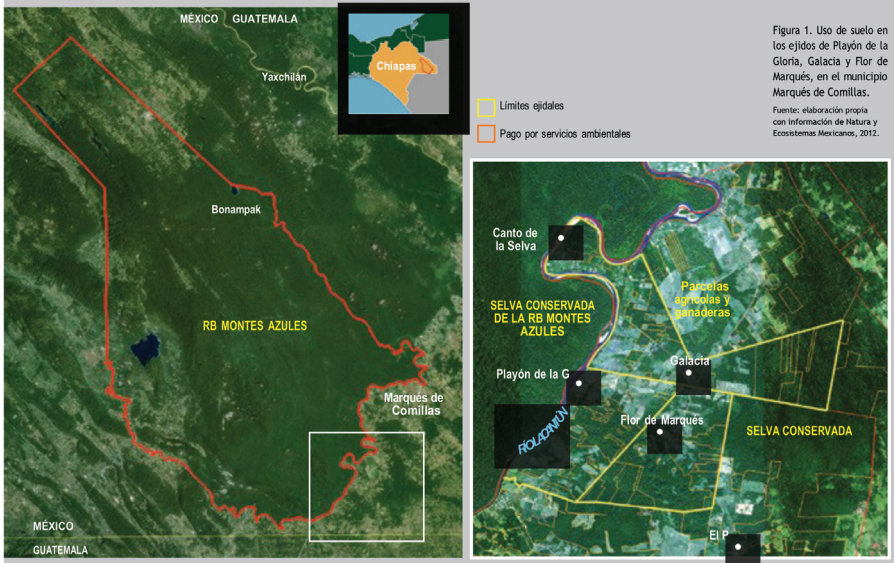
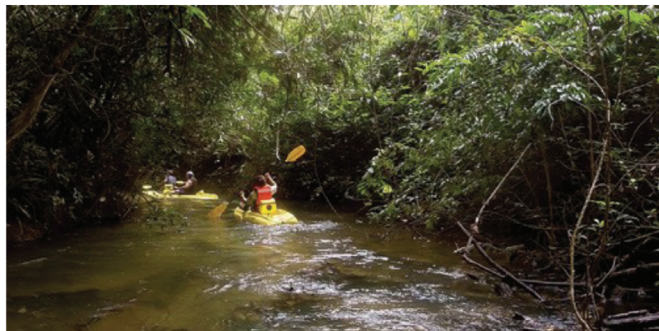


Figura 1. Uso de suelo en los ejidos de Playón de la Gloria, Galacia y Flor de Marqués, en el municipio Marqués de Comillas. Fuente: elaboración propia con Información de Natura y Ecosistemas Mexicanos, 2012.

A los tres proyectos descritos en este artículo recientemente se ha sumado un cuarto, en el ejido El Pirú que ofrece recorridos en kayak, visitas a manantiales de aguas termales, tirolesa y caminatas por el dosel de la selva (canopy walk).

Foto: © Tania Escobar



La sustentabilidad de los proyectos de conservación en la Selva Lacandona

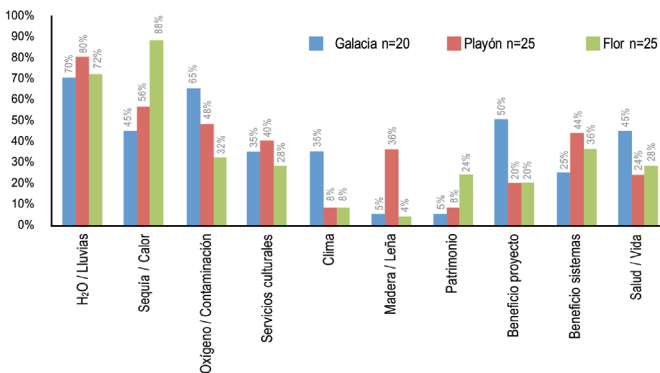
Los proyectos, más allá de fomentar la conservación por el incentivo económico, buscan crear una nueva percepción o conciencia ambiental en cuanto a los beneficios derivados de la selva. En general, las personas involucradas en los proyectos consideran que la selva es importante y relacionan su bienestar con ella, pues reconocen los beneficios de algunos servicios ecosistémicos. El agua, la protección de la selva contra la sequía y el calor y la proporción de oxígeno y protección contra la contaminación fueron los que más mencionaron, seguidos de los beneficios para sus sistemas productivos (Fig. 2).

Se concluyó que los tres proyectos son rentables, siendo la conservación la mejor opción si se compara con los escenarios de deforestación de la selva y ex-

pansión de la agricultura y ganadería. Los beneficios rebasan el aspecto económico, pues abarcan los ámbitos ambiental y social, como se muestra en los cuadros 1 y 2. La primera parte de los dos cuadros señala los resultados esperados sin considerar los proyectos: se mantiene la tendencia de deforestación para expandir sus actividades agropecuarias. La segunda parte presenta las condiciones con los proyectos en marcha, donde se han diversificado las actividades económicas y la selva se ha conservado. Esto da un mayor soporte a los proyectos de conservación, ya que cumplen con las tres dimensiones conocidas para el desarrollo sostenible: la ambiental, la social y la económica.

La conservación de estos remanentes de selva alta perennifolia es importante más allá de obtener algún beneficio de ellos, ya que poseen un valor intrínseco. Estos fragmentos de selva sirven de refugio para muchas

Figura 2. Importancia de los servicios ecosistémicos de la selva para el ejido de Galacia, Playón de la Gloria y Flor de la Marqués.





Los beneficiarios del proyecto La Casa del Morpho son los ejidatarios dueños de la selva, y su principal ingreso proviene de las visitas guiadas y la venta de artesanías que elaboran con alas de mariposas.

Foto: © Fulvia Eccardi

Cuadro 1. Beneficios ambientales obtenidos de la selva alta perennifolia	
Condiciones sin proyectos	Condiciones con proyectos
Deslaves de tierra	Protección contra deslaves
Escasez de recursos naturales para las siguientes generaciones	Recursos naturales para las generaciones futuras
Suelos con pocos nutrientes	Retención de nutrientes del suelo
Pérdida de agua por escurrimiento	Filtración de agua a los acuíferos
Escasez de materia prima y alimentos	Alimentos, fibras, maderas
Cambios en el microclima	Regulación del microclima
Baja calidad del agua para consumo humano	Mantenimiento de la calidad del agua
Pérdida de oportunidades para la investigación de posibles insumos para la producción de medicamentos y fármacos	Especies silvestres como fuentes de posibles insumos para la fabricación de fármacos y medicinas
Pérdida de oportunidad de conocer y aprender acerca de la selva	Programas de educación ambiental para difundir el conocimiento de los recursos naturales de la selva
Menor retención de dióxido de carbono por la cobertura vegetal	Sumidero de dióxido de carbono
Pérdida de oportunidad de realizar proyectos ecoturísticos	Recreación, disfrute, esparcimiento
Extinción de especies	Refugio para la vida silvestre

especies de plantas y animales y proveen una oportunidad para conservar aquellas en peligro de extinción que se encuentran en ella. La mayoría de las especies tropicales de las selvas son relativamente intolerantes a las condiciones externas y poseen un poder limitado de dispersión. La presencia de estos fragmentos permitirá la persistencia de determinadas especies, mucho más de lo que un paisaje completamente deforestado podría hacer. Estos fragmentos podrán crecer si se les da la oportunidad, lo que puede resultar eventualmente en la reforestación de los paisajes.⁷

Siendo viables estos proyectos, se podrían replicar en zonas dentro de la Selva Lacandona para evitar la degradación del medio ambiente, promover el empleo, tener una menor dependencia de las actividades agropecuarias y mejorar las condiciones socioeconómicas de los pobladores. Se propondría un mejor manejo agropecuario, lo que representa un área de oportunidad en la que la agroecología podría ser la estrategia para garantizar que la parte económica pueda sostenerse a lo largo del tiempo, incluso con rendimientos crecientes.

Cuadro 2. Beneficios sociales de los proyectos de conservación de la selva alta perennifolia	
Condiciones sin proyectos	Condiciones con proyectos
Trabajo individual, desorganización, desvinculación	Trabajo en equipo, organización, ayuda mutua para la obtención de un objetivo en común, desarrollo del sentido de pertenencia
Ingresos personales y familiares escasos	Mejora en los ingresos personales y familiares
Dependencia total de las actividades agropecuarias	Diversificación de actividades económicas
Desvalorización de los elementos ambientales	Valorización de los elementos ambientales
Búsqueda de empleo fuera del ejido	Empleo dentro del proyecto que se encuentra en el ejido
Empleo de los jóvenes en la agricultura o ganadería de los ejidatarios, el cual no siempre es remunerado	Empleo remunerado para jóvenes y mujeres dentro de los proyectos
Trabajo no remunerado de las mujeres en el hogar y la agricultura	

Fausto Marroquín,
Presidente de la Sociedad
Rural de Canto de la Selva,
Jungle Lodge, comenta:
"Los socios que forman
parte de la sociedad tienen
que tener selva, porque
el objetivo principal del
hotel es conservar lo que
tenemos en esta área".

Foto: © Fulvio Escardi



Agradecimientos

Un especial agradecimiento a todas las personas que colaboran en Natura y Ecosistemas Mexicanos, A.C., en particular a Julia Carabias y a los biólogos, así como a los trabajadores de la estación biológica Chajul y a los ejidatarios y empleados de los proyectos, que son motor y vida de esta iniciativa.

Bibliografía

¹Meli, P. y V. Carrasco-Carbadillo. 2011. *Restauración ecológica de riberas. Manual para la recuperación de la vegetación ribereña en arroyos de la Selva Lacandona.*, Conabio.

²Instituto Nacional de Ecología (INE). 2000. *Programa de Manejo Reserva de la Biosfera Montes Azules.* Disponible en línea en: <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/download/262.pdf>

³Muench, P. 2008. *Libro blanco de la selva.* México, Prodesis/ Gobierno del Estado de Chiapas/EPYPSA, Unión Europea.

⁴Romo, J. 1998. *Valoración económica de la migración de la mariposa monarca.* Disponible en línea en: <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/286/romo.html>

⁵Natura y Ecosistemas Mexicanos (NEM). 2011. *Línea Estratégica 3. Manejo de Ecosistemas Naturales y su Biodiversidad en Ejidos y Comunidades Colindantes a las Áreas Naturales*

Protegidas de la Selva Lacandona, Chiapas. Natura y Ecosistemas Mexicanos.

⁶Grupo Autónomo para la Investigación Ambiental (GAI) y Natura y Ecosistemas Mexicanos (NEM). 2012. *Ordenamiento Comunitario del Territorio de la Microrregión Marqués de Comillas, Chiapas.* México, Grupo Autónomo para la Investigación Ambiental y Natura y Ecosistemas Mexicanos.

⁷Turner, I. M. y T. Corlett. 1996. "The conservation value of small, isolated fragments of lowland tropical rain forest", *Elsevier Science* 11(8): 330-333

⁸Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2005. *Prontuario de información geográfica municipal.* Disponible en línea en: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/07/07116.pdf>

⁹Natura y Ecosistemas Mexicanos (NEM). 2012. *Manejo de Ecosistemas Naturales y su Biodiversidad en Ejidos y Comunidades Colindantes a las Áreas Naturales Protegidas de la Selva Lacandona, Chiapas.* México, Natura y Ecosistemas Mexicanos.

*Alaestra en Ciencias en Desarrollo Sostenible por el ITESM, CEM y bióloga por la UNAM, Facultad de Ciencias; cristina.gouqi@gmail.com
** Profesor de tiempo completo del Posgrado en Economía en la UNAM, FES Acatlán; ppablo@apolo.acatlan.unam.mx



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

Dr. Enrique Graue Wiechers
RECTOR

Dr. Leonardo Lomelí Vanegas
SECRETARIO GENERAL

Dr. Alfredo Sánchez Castañeda
ABOGADO GENERAL

Dr. Luis Álvarez Icaza Longoria
SECRETARIO ADMINISTRATIVO

Dra. Patricia Dolores Dávila Aranda
SECRETARIA DE DESARROLLO INSTITUCIONAL

Lic. Raúl Arcenio Aguilar Tamayo
SECRETARIO DE PREVENCIÓN
Y SEGURIDAD UNIVERSITARIA

Mtro. Néstor Martínez Cristo
DIRECTOR GENERAL DE COMUNICACIÓN SOCIAL



ESCUELA NACIONAL COLEGIO
DE CIENCIAS Y HUMANIDADES

Dr. Benjamín Barajas Sánchez
DIRECTOR GENERAL

Mtra. Silvia Velasco Ruiz
SECRETARIA GENERAL

Lic. María Elena Juárez Sánchez
SECRETARIA ACADÉMICA

Lic. Rocío Carrillo Camargo
SECRETARIA ADMINISTRATIVA

Mtra. Patricia García Pavón
SECRETARIA DE SERVICIOS
DE APOYO AL APRENDIZAJE

Lic. Miguel Ortega del Valle
SECRETARIO DE PLANEACIÓN

Lic. Mayra Monsalvo Carmona
SECRETARIA ESTUDIANTIL

Lic. Gema Góngora Jaramillo
SECRETARIA DE PROGRAMAS INSTITUCIONALES

Lic. Héctor Baca Espinoza
SECRETARIO DE COMUNICACIÓN INSTITUCIONAL

Ing. Armando Rodríguez Arguijo
SECRETARIO DE INFORMÁTICA

