

SEMARNAT

SECRETARÍA DE
MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES



HUMANOS Y BIODIVERSIDAD



HUMANOS Y BIODIVERSIDAD



Cuadernos de divulgación ambiental
Humanos y biodiversidad

Primera edición 2015

Coordinación del proyecto: Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable (CECADESU).

Investigación y texto: Dalia Elizabeth Ayala Islas, Marjory González Vivanco, Mireya Imaz Gispert.

Diseño: Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable.

Fotografía: Programa Universitario de Estrategias para la Sustentabilidad,
Banco de imágenes de CONABIO, Instituto Nacional de Lenguas Indígenas
y Archivo CECADESU.

DR © Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
Blvd. Adolfo Ruiz Cortines 4209, Col. Jardines en la Montaña, Del. Tlalpan,
14210, México D.F.
www.gob.mx/semarnat

Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable
Progreso 3, planta alta, Col. Del Carmen, Del. Coyoacán, 04100, México D.F.

Universidad Nacional Autónoma de México
Av. Universidad 3000, Ciudad Universitaria, Del. Coyoacán,
04510 México, D.F.
www.unam.mx

Programa Universitario de Estrategias para la Sustentabilidad
Edificio de Programas Universitarios, planta alta
Circuito de la Investigación Científica, Ciudad Universitaria,
Del. Coyoacán, 04510 México, D.F.
www.puma.unam.mx

Hecho e impreso en México, en papel sustentable, con recursos del CECADESU.

Distribución gratuita.

PRESENTACIÓN

El Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable (CECADESU), de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), desarrolla un proyecto editorial en apoyo a programas y acciones de educación, capacitación y comunicación ambientales.

En ese marco, el CECADESU diseñó la colección de los Cuadernos de Divulgación Ambiental, que constituyen un acercamiento inicial a tópicos ambientales de nuestro tiempo, abordados con una visión amplia y considerando diferentes ópticas. Con rigor académico, pretenden contribuir al conocimiento y la difusión de la situación ambiental, así como al entendimiento de sus dilemas, retos y oportunidades.

En coordinación con instituciones del Gobierno Federal, de educación superior y de la sociedad civil se ha puesto a disposición de un público amplio los siguientes títulos:

- *Huella ecológica: datos y rostros.* CECADESU.
- *Calidad del aire: una práctica de vida.* SEMARNAT.
- *Tráfico ilegal de vida silvestre.* Procuraduría Federal de Protección al Ambiente.
- *Consumo sustentable: un enfoque integral.* Procuraduría Federal del Consumidor.
- *Consumo saludable: hacia nuevos hábitos de consumo.* Procuraduría Federal del Consumidor.

- *Riqueza lingüística y biológica de México*. Instituto Nacional de Lenguas Indígenas.
- *Los humedales en México. Oportunidades para la sociedad*. Instituto de Ecología A.C.
- *Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión*. Red Mexicana de Cuencas.
- *Ríos libres y vivos, introducción al caudal ecológico y las reservas de agua*. WWF-México/Fundación Gonzalo Río Arronte I.A.P./Red Mexicana de Cuencas.
- *El agua en México*. Comisión Nacional del Agua.
- *Suelos, bases para su manejo y conservación*. WWF-México/Fundación Gonzalo Río Arronte I.A.P./Red Mexicana de Cuencas/FIRA-Banco de México.
- *En un mar de residuos: el cambio necesario*. Programa Universitario de Estrategias para la Sustentabilidad - UNAM.

En este cuaderno de divulgación ambiental el Programa Universitario de Estrategias para la Sustentabilidad, de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), nos comparte un acercamiento a la biodiversidad desde sus diferentes niveles y escalas, al tiempo que destaca la relación que guarda con los humanos y su papel clave para la existencia misma de la vida en el planeta.

Asimismo, nos muestra el porqué de la gran riqueza biológica de nuestro país, además de lo que perdemos al perder la biodiversidad y la función sustantiva que desempeñan en ese escenario la Áreas Naturales Protegidas.

Por último, se debe mencionar que la importancia y variedad de los temas abordados en esta colección editorial, así como el prestigio de las instancias participantes han nutrido y fortalecido este proyecto interinstitucional.

ÍNDICE

1. La biodiversidad y el muchacho curioso que zarpó en un barco	7
¿Qué es la biodiversidad?	8
Los tres niveles de la biodiversidad	9
2. Nuestra relación con la biodiversidad	13
La vida depende de la vida	15
El valor de la biodiversidad	19
3. México, país megadiverso	21
4. La biodiversidad en riesgo	25
¿Qué se pierde al perder biodiversidad?	29
5. Defendiendo la biodiversidad	31
Áreas Naturales Protegidas, modelo de conservación y sustentabilidad	32
A modo de conclusión	34
Fuentes	36

1. LA BIODIVERSIDAD Y EL MUCHACHO CURIOSO QUE ZARPÓ EN UN BARCO

La mañana del 27 de diciembre de 1831, un barco zarpó del puerto de Plymouth, ubicado al sudoeste de Inglaterra, con rumbo a América del Sur. Charles era el joven naturalista a bordo, un muchacho de apenas 22 años con un pequeño cargamento de libretas, prensas, trampas y todo lo que requería su labor a bordo del HMS Beagle, al que había logrado subir gracias a la recomendación de uno de sus profesores de Cambridge y al entusiasmo del capitán, Robert Fitz Roy, quien compartía con su invitado la fascinación por la naturaleza.

La expedición, planeada originalmente como viaje cartográfico de dos años, se extendería casi cinco por varios continentes, permitiendo al joven Charles admirar y estudiar las criaturas que tanto lo entusiasmaban: escarabajos de brillantes colores, mariposas, iguanas, tortugas gigantes, coloridos colibríes y pinzones de variados picos, traviesos monos y lentos perezosos, pájaros bobos de patas azules... Así como coleccionar “un buen número de flores coloreadas brillantemente, capaces de hacer que un florista enloqueciera”, así como helechos y otras muchas plantas de las selvas y bosques tropicales, fósiles y rocas, enviando a casa una de las colecciones más sorprendentes que se hubiesen visto hasta entonces.

Veintiocho años más tarde, las observaciones y primeras ideas surgidas durante ese viaje a través de la **biodiversidad**, la geografía y la geología más extraordinarias, sumadas a una larga vida de meticulosa y disciplinada investigación, lo llevarían a escribir *El origen de las especies*, uno de los libros más importantes para la ciencia moderna, que cambiaría para siempre nuestra forma de ver el mundo y la vida que lo habita. El muchacho curioso del Beagle se apellidaba Darwin.

¿QUÉ ES LA BIODIVERSIDAD?

A Charles Darwin lo inspiraron algunos de los lugares más biodiversos del planeta, -como Brasil y Australia- pero, ¿qué significa esa palabra?

Biodiversidad es la diversidad o variedad de los seres vivos, de la vida y sus diversas manifestaciones, en todas las escalas y a lo largo del tiempo y el espacio geográfico.

No es un término que se empleara en la época del viaje en el Beagle, en realidad, no fue sino hasta mediados de la década de los 80 del siglo pasado, durante un foro sobre conservación biológica en Estados Unidos, que la palabra biodiversidad se utilizó por primera vez para nombrar a la diversidad de la vida (Wilson, 1988).

En 1992 y en el marco de la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro, Brasil, se firmó el Convenio de Diversidad Biológica (CDB) para fomentar la conservación del patrimonio biológico del planeta.

En este Convenio se define a la biodiversidad como:

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

Los humanos formamos parte de la biodiversidad del planeta que compartimos con otras especies, dependemos de ella para sobrevivir, y la hemos transformado, al igual que el entorno, a lo largo de miles de años.



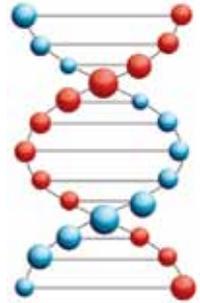
Nos encontramos en un punto en el cual, como veremos más adelante, con nuestras acciones hemos puesto en riesgo esta biodiversidad y, por tanto, estamos poniendo en peligro a nuestra propia civilización.

LOS TRES NIVELES DE LA BIODIVERSIDAD

La biodiversidad se puede estudiar, proteger y conservar en diferentes escalas o niveles:

Genes

Una de las primeras experiencias que tendrá un recién nacido son las “odiosas” comparaciones de toda su familia: tiene la nariz del abuelo, los ojos de su mamá, la frente de su papá y hace una mueca igual a la del tío Eulalio. Pero, al mismo tiempo, la combinación resultante de los genes de ambos padres habrá dado origen a un ser irrepitible, único.



A esto se refiere el nivel de **diversidad genética**, a la variación dentro de la misma especie; en el ejemplo anterior se trata de nuestra especie, *Homo sapiens*, pero puede observarse lo mismo en bacterias, caballos o calabazas.

Esta diversidad se encuentra codificada en los genes presentes en un organismo o en un conjunto de organismos. Los genes contienen la información e instrucciones básicas para el desarrollo y funcionamiento de un organismo y se encuentran en las células, ya sea que se trate de un organismo unicelular o posea millones de ellas. Dicha información pasa de generación en generación y puede modificarse por medio de procesos evolutivos que se originan de manera natural por la interacción, durante grandes periodos, entre los seres vivos con otros organismos y con su entorno.

Esta variabilidad dentro de las especies es clave para la supervivencia de la propia especie, pues ante cambios en el medio permite que algunos individuos logren sobrevivir y transmitan su información a las siguientes generaciones.

Especies

Visitar un zoológico o un mercado son maneras sencillas de entender este nivel de la biodiversidad; a su vez, observar la pluralidad de **especies** es la manera más fácil de percibir la biodiversidad.



Las especies son grupos de organismos que comparten características en común y son capaces de reproducirse entre sí (Primack, 2006). Por ejemplo, existen ocho especies diferentes de Tlacuaches en México, pero a pesar de parecerse mucho, el *Didelphis virginiana* no podría engendrar crías con una hembra de *Didelphis marsupialis*. No se debe confundir a los organismos (individuos) o grupos de ellos (poblaciones) con la especie.

A la fecha se han descrito alrededor de 1,700,000 especies de diversos grupos taxonómicos (desde organismos microscópicos hasta ballenas) y aunque el número total de especies en el planeta es desconocido, se estima que puede llegar a los 13 millones.

Organismos de una misma especie pueden subdividirse en **poblaciones**, en función del espacio en el que habitan. Por ejemplo, existen poblaciones de jaguar (*Panthera onca*) en Campeche, Chiapas, Jalisco, Quintana Roo, Sonora y Tamaulipas (CONABIO, 2006). Se trata de la misma especie de felino, pero en este caso las diversas poblaciones no suelen tener contacto entre ellas.

Ecosistemas

Este nivel incluye las diversas especies que se encuentran en un lugar definido, así como las interacciones que ocurren entre ellas (bióticas) y con el entorno que les rodea (agua, aire, suelo). Estas interacciones pueden darse incluso entre ecosistemas muy lejanos, como por ejemplo entre el desierto del Sahara y el Amazonas, donde las arenas y polvos provenientes del desierto, y que cruzan el océano Atlántico, son muy importantes para el funcionamiento de los bosques amazónicos.



Los **ecosistemas** pueden ser analizados desde diferentes perspectivas y en realidad no tienen límites, pues la naturaleza es un continuo en el planeta (la Tierra es en sí misma un sólo sistema), así que no hay un conjunto de componentes que los definan, pero al hablar de ellos siempre se consideran sus componentes bióticos (vivos) y abióticos (no vivos), así como las interacciones entre ellos y una fuente identificable de energía.

UNA “MICRO-SELVA”

En la primavera de 1960, el inglés David Latimer comenzó, como entretenimiento, un experimento que tendría resultados sorprendentes. Colocó tierra, agua y una planta dentro de un enorme botellón de vidrio y lo cerró, dejándolo al sol. En 1972 le puso agua por última vez y lo selló.

La planta se ha mantenido viva y ha crecido sana dentro de la botella, produciendo oxígeno, capturando carbono a partir de la descomposición de sus propias hojas y el suelo (con ayuda de las bacterias dentro de la botella) y alimentándose a través del proceso de la fotosíntesis.

Esta “micro-selva” funciona debido a que el espacio sellado crea un ecosistema totalmente autosuficiente, en el cual la planta sobrevive gracias a la fotosíntesis y el reciclaje de nutrientes y agua. “Lo único que requiere es sol”, ha dicho el señor Latimer, de 80 años, quien espera que sus nietos mantengan su experimento. (Traducción del original publicado en el Daily mail, 2013).



Se han propuesto tres características de los ecosistemas que muestran los tres niveles (genes, especies y ecosistemas) y que permiten su identificación, análisis y comprensión (Noss, 1990):

Composición. Son los genes, especies, poblaciones o ecosistemas presentes en un sitio determinado. La selva del Amazonas en Brasil no posee las mismas especies de plantas o animales que la selva de los Tuxtlas, en Veracruz, México.

Estructura. Es la forma en la que la biodiversidad se distribuye en el espacio, tanto de manera horizontal como vertical. Incluye factores bióticos (los organismos vivos que interactúan entre sí y con el ambiente) y los factores abióticos, es decir, los componentes físicos y químicos del ambiente como el suelo, la luz y la temperatura. La combinación de estos factores produce ecosistemas similares en condiciones parecidas, por ejemplo, los bosques de pinos de Canadá o de las montañas alemanas, que se ubican a una altitud y latitud parecidas, con insolación y disponibilidad de agua similares.

Función. Los elementos bióticos y abióticos (la estructura) de un ecosistema se relacionan mediante procesos dinámicos. Por definición todos los ecosistemas reciclan materia y utilizan energía; cómo ocurren estos procesos es lo que define las funciones de un ecosistema particular.

Los procesos energéticos de un ecosistema se dan a través de los niveles tróficos, es decir, el sitio que ocupa un organismo en las redes de alimentación en relación con la energía original del sol incorporada por los productores primarios (por ejemplo, las plantas verdes).

Siempre se requiere una fuente de energía para mantener las funciones y estructura de los ecosistemas, por eso se consideran "sistemas abiertos", ya que requieren un aporte energético para mantenerse en el tiempo. Sin el sol, la vida en la Tierra no tendría energía para mantenerse.

2. NUESTRA RELACIÓN CON LA BIODIVERSIDAD

Cuando pensamos en biodiversidad nos viene a la cabeza la imagen de una selva lejana y exuberante, llena de misterios y seres vivos extraños. Sin embargo, la diversidad de formas biológicas está en todos lados. La vida cotidiana no sería posible sin la biodiversidad. Todos los días, en todo momento, tenemos contacto con ella. La vida en las ciudades ensombrece esta relación que, sin embargo, es constante y absolutamente necesaria.

En un día común, luego de despertarse sería imposible tener agua de calidad para beber y bañarse, aún con el trabajo de tecnologías potabilizadas, sin la intervención de plantas y microorganismos en los bosques y otros ecosistemas filtrando el agua que llega a las casas o a los sistemas de abastecimiento. La ropa que proviene de fibras naturales o pieles de animal es otro ejemplo. El algodón o el lino son plantas cultivadas en el país. De hecho, México es el centro de origen y domesticación de una de las especies de algodón más utilizada en el mundo: *Gossypium hirsutum* (SAGARPA, 2011).

El desayuno es otro momento del día imposible sin la biodiversidad. Se puede analizar un almuerzo que contenga, por ejemplo, un par de huevos con frijoles y tortillas, un jugo de naranja y un vaso con leche.

El maíz con el que se hacen las tortillas es una planta gramínea originaria del centro de México, domesticada a través de miles de años gracias a la paciencia y conocimientos empíricos de los campesinos de Mesoamérica. Por ello tiene una enorme importancia cultural y forma parte de la identidad de los mexicanos. Actualmente la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, s/f) reporta que en México existen 59 razas nativas de maíz.



El frijol es también una planta originaria de México, actualmente se identifican 50 variedades distintas en el país, cada una con características particulares (color, tamaño, sabor) y adaptadas a las diversas condiciones locales en las que se desarrollan. El frijol además de ser una planta muy nutritiva, realiza una función ecológica muy importante, ya que en sus raíces viven bacterias capaces de fijar en los suelos el nitrógeno, un elemento esencial para el crecimiento de las plantas (Muñoz Saldaña, 2010).

Tomar jugo de naranja no sólo requiere árboles de naranjas, además, se necesitan abejas y otros insectos que polinicen las flores de éste y muchos otros árboles y plantas, permitiendo con ello que se produzcan los frutos.

Finalmente, si el desayuno incluye huevos y leche, ambos productos tienen su origen en dos de los animales domésticos más utilizados en el mundo: las gallinas y las vacas. Los seres humanos han domesticado para obtener alimentos y otros productos, así como para ayudarse con las labores del campo, al menos 28 especies de animales como vacas, cabras, borregos, cerdos, caballos, camellos, gallinas, codornices, gansos, patos y un largo etcétera (FAO, 1997).

Según datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) en el mundo hay alrededor de 1,500 millones de vacas y más de 20 mil millones de pollos (FAO, 2015; FAOSTAT, 2015). Mantener esta cantidad de animales (que sólo son una parte de los animales domésticos que los seres humanos criamos) requiere de enormes extensiones de territorio, lo que ha significado la destrucción de muchos ecosistemas del planeta, produciendo efectos negativos que afectan a todos los habitantes de la Tierra.

En un sólo ejemplo, lo que requiere una persona en una ciudad para iniciar su día, se muestra cómo los seres vivos (por supuesto, humanos incluidos) dependen constantemente de otros organismos para existir y satisfacer sus necesidades, a través de la compleja red de la biodiversidad. De hecho, todo lo que hacemos está relacionado con la biodiversidad.

LA VIDA DEPENDE DE LA VIDA

Existe otra dimensión, más allá de las necesidades cotidianas de las personas, en la que la existencia de los seres vivos, en su basta diversidad, es la clave para la existencia misma de la vida.

En los ecosistemas ocurren los ciclos que hacen posible la vida tal como la conocemos actualmente. De hecho, el planeta Tierra funciona como un sistema gigantesco en el que ocurren simultáneamente un sinnúmero de procesos de intercambio de energía y materiales que tienen mecanismos de regulación, muchos de los cuales no se comprenden aún del todo (o bien, se desconocen). Buena parte de esos procesos dependen directa o indirectamente de los seres vivos y de sus interacciones, en especial, los ciclos del agua, del oxígeno, del carbono, del nitrógeno, etc., que son ciclos de impacto planetario.

De acuerdo con Naeem Sh. et. al. (1999):

Existen procesos críticos a nivel de los ecosistemas que influyen en la productividad de las plantas, la fertilidad de los suelos, la calidad del agua, la química atmosférica y muchas otras condiciones ambientales locales y globales que, en última instancia, afectan el bienestar humano.

Estos procesos, denominados ecosistémicos, son controlados tanto por la diversidad como la composición de las especies de plantas, animales y microbios de una comunidad. Las modificaciones humanas a la comunidad viva en un ecosistema –así como a la biodiversidad colectiva en la Tierra– pueden entonces alterar funciones ecológicas y los servicios que dan soporte a la vida y que son indispensables para el bienestar de las sociedades humanas.

Ya han ocurrido cambios substanciales, especialmente pérdidas de biodiversidad a nivel local y global. La causa principal ha sido la transformación humana generalizada de ecosistemas naturales que alguna vez fueron altamente diversos hacia ecosistemas gestionados, relativamente pobres en especies. Estudios recientes sugieren que dichas reducciones en la biodiversidad pueden alterar tanto la magnitud como la estabilidad de los procesos ecosistémicos, especialmente cuando la biodiversidad se reduce a los bajos niveles típicos de los sistemas sometidos a manejo. (Traducido del original en inglés).

Una manera de entender, estudiar, medir y valorar las funciones de la biodiversidad en los procesos que sostienen la vida en el planeta (y dentro de ésta, la vida humana) son los **servicios ecosistémicos**, es decir, los beneficios tangibles (evidentes) e intangibles (imperceptibles) que se obtienen de los ecosistemas. El enfoque de servicios ecosistémicos ha ayudado a hacer más clara la importancia de la biodiversidad y los procesos a ella asociados y permite hacer evidente el vínculo entre los ecosistemas y el bienestar de las personas.

De acuerdo con la Evaluación de Ecosistemas del Milenio –un esfuerzo de 1,360 científicos de 95 países que en el año 2005 evaluaron el estado actual de la biodiversidad en todo el planeta–, existen cuatro tipos de **servicios ecosistémicos**: de **provisión**, de **regulación**, de **soporte** y **culturales**.

Los servicios de **provisión** son los beneficios tangibles que obtenemos de los ecosistemas, como alimentos, agua, fibras vegetales, combustibles (leña y carbón), compuestos medicinales, pigmentos y compuestos químicos como resinas que se utilizan en la elaboración de diversos productos y materiales para construir o para elaborar papel, entre otros usos (Millenium Ecosystem Assesment, 2005).

PLANTACIONES FORESTALES: EJEMPLO DE ECOSISTEMA MANEJADO

Un ejemplo del empobrecimiento de la diversidad de un ecosistema es el cambio de un bosque nativo por una plantación forestal monoespecífica, esto es, donde todos los árboles pertenecen a la misma especie. Si bien algunos servicios ambientales se mantienen, como la infiltración de agua o la retención de suelos, otros procesos, como el refugio para algunas especies o la provisión de alimentos -que puede estar altamente especializada- podría ponerse en riesgo debido a la pérdida de la diversidad de especies arbóreas y arbustivas.

También pueden estar en riesgo los hongos, bacterias, insectos y microorganismos indispensables para reciclar los nutrientes y enriquecer los suelos, debido al uso de fertilizantes y plaguicidas que se emplean en una plantación de este tipo, de ahí que es importante tener claro que una plantación forestal no es igual a un bosque.

Existen condiciones sociales y económicas que, a nivel local, pueden hacer viable y sustentable una plantación forestal, en especial cuando éstas se establecen en lugar de cultivos poco productivos y altamente demandantes de insumos, empleando técnicas de agroecología para minimizar el uso de sustancias nocivas para la biodiversidad.

Muchas especies de plantas se utilizan de manera directa como medicinas, o bien se identifican los agentes activos que hay en éstas y se replican a través de la biotecnología. El 75 por ciento de las medicinas que se han desarrollado tienen su origen en diversas especies de plantas.

Los servicios de **regulación** son los beneficios que se obtienen a partir de las interacciones entre los seres vivos de los ecosistemas y los procesos que se generan a partir de éstas. Estos servicios incluyen la polinización, la regulación del clima a nivel local y global, la eliminación de contaminantes del aire, la purificación del agua, el control de plagas y la retención de los suelos (Millenium Ecosystem Assesment, 2005).

Los servicios **culturales** son beneficios intangibles que obtenemos a través de la belleza de los sistemas naturales, lo que fomenta el arte y el conocimiento y la recreación, la creatividad y la diversidad cultural, incluyendo la identidad, las tradiciones y el sentido de pertenencia (Millenium Ecosystem Assesment, 2005).

Asimismo, los servicios de **soporte** permiten la existencia de los demás tipos de servicios ecosistémicos. En este caso los beneficios son indirectos y se producen en periodos prolongados, entre ellos se encuentran la formación de suelo que permite la existencia de tierras fértiles y con ello el crecimiento de bosques, selvas, etc.; la producción primaria, que es la producción de materia orgánica a través de los procesos de fotosíntesis o quimiosíntesis; el ciclo del agua y los ciclos biogeoquímicos (de fósforo, nitrógeno, carbono) (Millenium Ecosystem Assesment, 2005).





EL VALOR DE LA BIODIVERSIDAD

Desde hace un par de décadas diversos grupos de investigación en el mundo se han dado a la tarea de establecer el valor económico de diversos servicios ecosistémicos. Uno de los primeros esfuerzos fue el que realizaron Robert Costanza y colaboradores (1997), en el que evaluaron 17 servicios (incluyendo polinización, producción de alimentos, reciclaje de nutrientes, provisión de agua, control biológico y cultura) de 16 biomas o grandes ecosistemas del planeta (entre ellos arrecifes, bosques templados, océano, pastizales, lagos, desiertos, tundra, zonas de cultivo, zonas urbanas) y concluyeron que éstos generaban 33 trillones de dólares al año.

Esta cantidad era casi el doble de toda la riqueza económica generada en el mundo durante el mismo periodo (18 trillones de dólares anuales).

Otro servicio ecosistémico cuyo valor económico se ha calculado es el control de plagas. En un reciente estudio publicado en la revista *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)* se determinó que el control de plagas que brindan los murciélagos generan más de mil millones de dólares al año

a nivel global (Maine y Boyles, 2015). Esto significa que si no hubiera murciélagos los países tendrían que pagar una cantidad de dinero exorbitante para prevenir que diversas plagas, sobretodo de insectos, destruyeran las cosechas y con ello se pusiera en riesgo la provisión de alimentos de la población humana.

Aunque es claro que la biodiversidad es valiosa por muchas más razones que sólo la provisión de servicios ecosistémicos o su valor económico, esta manera de verla ha facilitado entender que la pérdida de biodiversidad genera costos económicos (además de ambientales y sociales) que deben evitarse.

Gracias a esta comprensión del daño ambiental por el actual modelo de desarrollo y consumo, ha comenzado a tomarse en cuenta la importancia de preservar y manejar adecuadamente la biodiversidad dentro la planificación de políticas públicas (que son acciones y programas que los gobiernos establecen para mantener y mejorar la calidad de vida de los habitantes de un país o una región).

ABEJAS BAJO AMENAZA



Un ejemplo sobre procesos que se desencadenan cuando se eliminan componentes de la biodiversidad es lo que está ocurriendo con las abejas a nivel mundial.

Las abejas son uno de los grupos de polinizadores más importantes del mundo, se considera que de ellas dependen más del 70 por ciento de los cultivos del planeta (Arizmendi, 2009). En años recientes las colonias de abejas domésticas y también de muchas especies de abejas nativas se han colapsado en diversas partes del planeta a consecuencia de la destrucción de sus hábitats, el envenenamiento por el uso de pesticidas, enfermedades ocasionadas por virus y por garrapatas parásitas (Levy, 2011).

Las investigaciones han demostrado que para que las abejas puedan mantenerse y polinizar los cultivos de los que dependen las comunidades humanas para obtener alimento, necesitan ecosistemas con alta diversidad de especies de plantas que florezcan en diversas épocas del año.



3. MÉXICO, PAÍS MEGADIVERSO

México es uno de los países megadiversos del planeta. Esto significa que en su territorio se encuentra un número extraordinario de especies y ecosistemas (y, por lo tanto, de diversidad genética). Los 17 países megadiversos del planeta albergan el 70 por ciento de las especies conocidas del mundo; México, en particular alberga alrededor del 10 por ciento de las especies conocidas.

Esta diversidad tiene su origen en la particular ubicación y orografía del territorio nacional. De acuerdo con Imaz (2010) en el país:

“... se traslapan dos regiones biogeográficas, la neártica (característica de Norteamérica) y la neotropical (característica de Centro y Sudamérica). En la zona en la que se unen ambas regiones se encuentran flora y fauna del norte y del sur de América, así como espe-





cies endémicas de esta zona de transición. Otra causa que se suma para esta riqueza biológica, es que en nuestro país se encuentran casi todos los tipos de ambientes naturales que se conocen sobre la Tierra, característica que solamente se comparte con India y Perú. La mayor parte del territorio nacional se encuentra cubierto por desiertos (37 por ciento), seguido por bosques de coníferas y encinos (19.34 por ciento) y selvas tropicales secas (14.14 por ciento).”

Por todo ello, México se ubica en los primeros lugares a nivel global de especies para algunos de los grupos mejor conocidos del planeta. Por ejemplo, es el segundo lugar para especies de reptiles (802), el octavo en aves (1,096), el tercero en mamíferos (535), el quinto en anfibios (361) y en plantas con flores (23, 424), de las cuales 669 son cactáceas (47.7 por ciento del total de especies conocidas) y 1,260 son orquídeas (5 por ciento de las especies conocidas) (CONABIO, s/f; Salazar, 2009).

Además, posee grandes extensiones con arrecifes de coral, los cuales se consideran los ecosistemas marinos más productivos y con la mayor diversidad y complejidad del planeta.

En México se reconocen tres zonas de arrecifes coralinos: a) la costa del Pacífico incluyendo Baja California –cuyo arrecife definió como el “Serengueti del mar” (por su diversidad y belleza) el oceanógrafo francés Jaques Cousteu–, algunos de los estados costeros y a las Islas Marías y Revillagigedo, b) las costas de Veracruz y Campeche en el Golfo de México, y c) la costa este de la Península de Yucatán (desde Isla Contoy hasta Xcalak, incluyendo al atolón de Banco Chinchorro, donde se encuentra el arrecife Mesoamericano, segunda barrera de coral del planeta).

Otro aspecto relevante de la biodiversidad mexicana tiene que ver con el alto grado de endemismos, esto es, cuando una especie sólo se encuentra en un lugar o en una región del mundo, se dice que es una especie endémica de dicho lugar o región. En México el 30.7 por ciento de las especies de mamíferos son endémicas (en particular murciélagos y ratones), así como el 57 por ciento de los reptiles, el 48.2 por ciento de los anfibios, el 11.4 por ciento de las aves, el 29.9 por ciento de las esponjas y el 54.9 por ciento de las coníferas (Llorente-Bousquets y Ocegueda, 2008).

Muchas de estas especies se encuentran en áreas pequeñas, por ejemplo la planta *Lacandonia schismatica* sólo existe en un área de un par de kilómetros cuadrados de la selva Lacandona en Chiapas (CONABIO y CONANP, 2009).



Las especies que ocupan áreas de distribución muy pequeñas se conocen como microendémicas. Nuestro país también tiene un número importante de estas especies, como cactáceas, ratones y algunos anfibios, como el Ajolote (*Ambystoma mexicanum*).

Estas características biológicas y geográficas que hacen de México un país megadiverso se reflejan, de acuerdo con Imaz (2010), en el desarrollo de:

una gran riqueza cultural y un amplio conocimiento y manejo de los propios recursos biológicos a lo largo y ancho del país. En México existen más de 60 grupos nativos, muchos de ellos localizados en zonas con alta biodiversidad. Así, es en los territorios indígenas y rurales donde se resguarda una porción significativa de la biodiversidad nacional y de los servicios ecosistémicos asociados con esta riqueza. La biodiversidad y la cultura se transforman y moldean mutuamente. Los grupos humanos y su cultura (sus gustos, saberes, actividades, rituales, etc.) son una fuerza novedosa en la evolución de las especies, gracias a la domesticación de plantas y animales que ha contribuido y transformado la riqueza natural. Al mismo tiempo, la biodiversidad regional moldea las prácticas y hábitos alimentarios, religiosos, sociales y económicos de los grupos humanos. En los códices y otros documentos históricos se puede observar que el número de especies utilizadas por los pobladores de México en el siglo XVI era tan grande como el actual. El maíz, diversos frijoles y calabazas, el algodón, el aguacate, la vainilla y otras especies importantes tienen su origen en México, donde fueron domesticadas.



4. LA BIODIVERSIDAD EN RIESGO

A pesar de su importancia, la biodiversidad se encuentra en riesgo. Los seres humanos han alterado ampliamente el medio ambiente global, modificando los ciclos biogeoquímicos del sistema Tierra, transformando los suelos y paisajes e incrementando la movilidad de algunos organismos a nuevas localidades.

Una de las principales causas de la pérdida de biodiversidad es la degradación de hábitats. Un hábitat degradado ha perdido especies y los procesos ecológicos asociados, disminuyendo (o incluso eliminando) su capacidad de mantenerse en el tiempo, resistir fenómenos climáticos como sequías, incendios o inundaciones y para generar servicios ecosistémicos (Vázquez y Orozco, 1995).

La degradación de hábitats puede deberse a la deforestación en donde la cobertura vegetal es parcial o totalmente removida para dar paso a actividades agrícolas, ganaderas, de urbanización o de industrialización. La remoción de la cubierta vegetal puede generar también la fragmentación de hábitats, dejando islas más o menos aisladas en medio de ambientes transformados. Esto genera condiciones adversas para muchos grupos de seres vivos que terminan por desaparecer en estos parches.

Otro tipo de deforestación ocurre cuando ciertas especies son eliminadas sistemáticamente de su hábitat, como las especies de árboles cuya madera se considera preciosa, es el caso de la caoba y el cedro. Al eliminar estos elementos del ecosistema, éste pierde parte de su estructura y funciones.

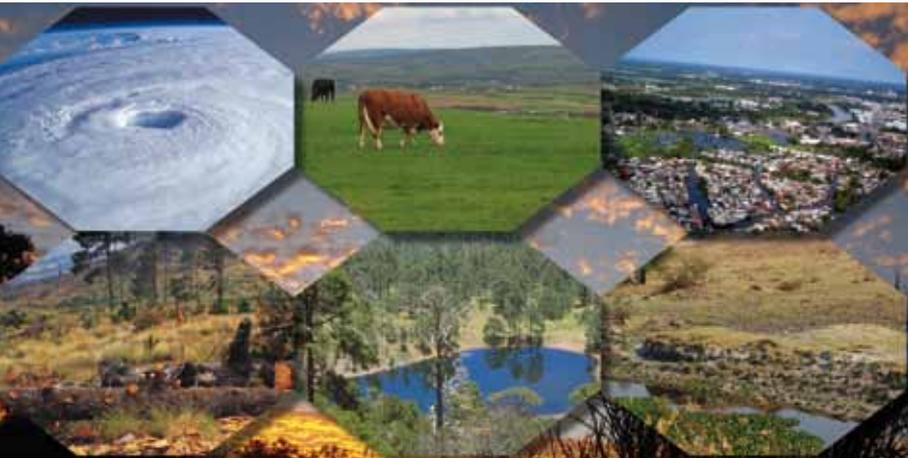
De acuerdo con Chapin S. *et. al.* (2000) estas son otras tantas actividades humanas que están transformando drásticamente la es-

tructura del sistema Tierra, afectando la biodiversidad del planeta al transformar las condiciones que la sustentan:

- La combustión de combustibles fósiles y la deforestación, que han incrementado la concentración de bióxido de carbono atmosférico (CO_2) en un 30 por ciento en los últimos tres siglos (más de la mitad de este incremento ocurrió en los últimos 40 años). Se ha duplicado la concentración de metano e incrementado las concentraciones de otros gases que contribuyen al calentamiento climático.

Se espera que a lo largo del presente siglo, y de no modificarse drásticamente el rumbo de la economía basada en la quema de combustibles fósiles, estos gases ocasionen el cambio climático más veloz que ha experimentado la Tierra desde el final de la última glaciación hace 18,000 años -o quizás desde mucho antes-.

El incremento en la temperatura promedio del planeta ocasionará (o ya está ocasionando) cambios en los patrones de lluvia en muchas regiones, el derretimiento de los hielos polares, de los glaciares de montaña y el aumento en la intensidad de fenómenos climáticos extremos como huracanes.



La temperatura de una región es clave en diversos procesos biológicos, como el apareamiento, la oviposición, la germinación de semillas o la producción de frutos. Un cambio en la temperatura promedio de una región puede ocasionar que, por ejemplo, los huevos de una larva eclosionen después que los huevos de las aves que se alimentan de dichas larvas, poniendo en peligro, por escasez de alimento, a los polluelos. Por otra parte, el hábitat disponible para una especie determinada puede reducirse, como en el caso de aves de climas templados como los quetzales; en otros casos los cambios ambientales amenazan la permanencia de ecosistemas completos como los arrecifes de coral y muchos ecosistemas costeros.

- La fijación industrial de nitrógeno para fertilizantes agrícolas y otras actividades humanas ha más que duplicado la tasa de fijación natural de nitrógeno que llevan a cabo los ecosistemas. Estos químicos se lavan con las lluvias y alcanzan suelos y cuerpos de agua en lugares remotos, desencadenando procesos de salinización de tierras, eutrofización de lagos y extensas regiones marinas.

Cuando un cuerpo de agua se eutrofiza significa que el ingreso de grandes cantidades de nitrógeno y fósforo (dos compuestos fundamentales para la vida pero que en exceso se comportan como contaminantes) promueve el crecimiento masivo de algas y otras plantas en la superficie del agua, las cuales atrapan todos los nutrientes e impiden el paso de la luz. Esto provoca que el resto de los seres vivos presentes en esos esos ecosistemas acuáticos mueran, colapsando al sistema. Eventualmente estas algas y plantas mueren por la falta de nutrientes.

- Los seres humanos han transformado entre 40 y 50 por ciento la superficie terrestre libre de hielo, convirtiendo praderas, bosques y humedales en sistemas agrícolas y urbanos.
- La civilización domina (directa o indirectamente) alrededor de un tercio de la productividad primaria neta, es decir, de la producción de biomasa que realizan las plantas al fotosintetizar y que representa la base de las redes tróficas.

- Prácticamente todas las pesquerías del planeta están sobreexplotadas.
- Las comunidades humanas emplean 54 por ciento del agua dulce disponible, se prevé que este uso se incrementará hasta 70 por ciento para el 2050.
- La movilidad de las personas ha provocado el transporte de organismos a través de barreras geográficas que durante mucho tiempo mantuvieron las regiones bióticas de la Tierra separadas. La introducción de especies exóticas, es decir, especies que son nativas de otras partes del planeta y que por accidente o de manera intencional son llevadas a lugares en los que no se encuentran naturalmente, representa una de las mayores amenazas a la biodiversidad. Los impactos de estas especies pueden ser catastróficos en los ecosistemas. Incluso se ha elaborado una lista de las cien especies invasoras más peligrosas del planeta. Desafortunadamente, en el país se han registrado 43 de estas especies.



En la Isla Guadalupe en el norte de México, la introducción de gatos y cabras llevó a la extinción al petrel de Guadalupe (*Oceanodroma macrodactyla*), pues los felinos se devoraban a las crías y los adultos, mientras que las cabras terminaron con las plantas en cuya base anidaban estas aves (BirdLife International, 2015).

En conjunto, estos cambios han alterado la diversidad biológica de la Tierra y están ocasionando su pérdida a un ritmo que solamente ha ocurrido en las grandes catástrofes de la historia del planeta.

Con base en el estudio del registro fósil, se ha estimado el tiempo de vida de las especies de diversos grupos; por ejemplo se considera que una especie de mamífero se extingue tras 1 millón de años de haberse originado (Lawton y May, 2005).

Si bien la extinción es un proceso natural, la tasa o la velocidad de extinción actual es mucho más rápida que la tasa de extinción



natural. Se calcula que las especies se están extinguiendo entre 100 y 1, 000 veces más rápido y que en las próximas décadas será de entre 1, 000 y 10, 000 veces más rápido (Millenium Ecosystem Assessment, 2005).

Por ello, diversos investigadores alrededor del mundo consideran que estamos en medio de la sexta gran extinción, equiparable con el evento de extinción que hace 65 millones de años eliminó a los dinosaurios (Ceballos, et. al. 2015).

De acuerdo con el *Global Biodiversity Outlook* de 2009, se encuentran en peligro de extinción 12 por ciento de las aves, 21 por ciento de los mamíferos, 28 por ciento de los reptiles, 30 por ciento de los anfibios, 35 por ciento de los invertebrados, 37 por ciento de los peces de agua dulce, 70 por ciento de las plantas.

¿QUÉ SE PIERDE AL PERDER BIODIVERSIDAD?

La pérdida de biodiversidad implica la pérdida de servicios ecosistémicos, el empobrecimiento de los sistemas que generan alimentos, agua de calidad y aire limpio, pero también se pierde parte fundamental de la riqueza cultural e identidad de los pueblos. Además, los ecosistemas degradados son más vulnerables a los cambios ambientales bruscos y su probabilidad de colapsarse y desaparecer se incremen-

ta. Esto significa que son menos resilientes -capacidad de un sistema (ecosistema, cultura) para enfrentar el cambio y mantenerse en el tiempo sin perder su identidad como sistema (Hauge, et. al. 2014)-.

Para saber cuántas especies están en algún nivel de riesgo de desaparecer se requiere contar con información sobre las especies y los hábitats de un país o una región determinada a lo largo de varias décadas. Esto no siempre es posible, por lo que en muchos casos se tiene que usar la información disponible y hacer estimaciones de riesgo con base en ella.

En México las especies en alguna categoría de riesgo están enlistadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, que es una herramienta legal para proteger la biodiversidad nacional.

Con base en esta norma, existen 475 especies en peligro de extinción, de las cuales 38.5 por ciento corresponde a plantas, principalmente cactáceas. Además, hay 896 especies amenazadas (entre ellas 142 especies de reptiles y 340 especies de plantas) y 1, 283 sujetas a protección especial, lo que significa que podrían llegar a estar amenazadas o en peligro de extinción y deben iniciarse estrategias para su protección. De éstas últimas destacan 154 especies de anfibios, 152 de aves y 104 de mamíferos.



5. DEFENDIENDO LA BIODIVERSIDAD

La pérdida de biodiversidad puede conducir a un punto de no retorno que ponga en riesgo los sistemas productivos, económicos, sociales y culturales del planeta. Como se mencionó, se considera un elemento clave para que la vida y las sociedades, como se conocen hasta hoy, persistan. Si continua incrementándose la tasa de extinción de especies se llevará al sistema terrestre a un punto que puede comprometer la existencia de la civilización humana en los siguientes siglos (Steffen, *et. al.* 2015). Es necesario tomar acciones para reducir la actual pérdida de biodiversidad y prevenir la degradación del patrimonio biológico y cultural.

La transformación de la visión y valoración de los seres vivos con los que los humanos comparten el planeta es el centro de la **ética ambiental**, corriente de pensamiento cuyo objetivo es modificar los sistemas económicos, políticos y sociales para transitar a un estado en el que las personas logren bienestar dentro de los límites del sistema planetario, es decir, sin llevar al colapso a los sistemas de los que las comunidades humanas forman parte y de las cuales depende su existencia. Es decir, se trata de lograr la **sustentabilidad** en la organización de las sociedades.

Los argumentos de la ética ambiental para la conservación de la biodiversidad parten de reconocer el valor intrínseco y el derecho a la existencia de los seres vivos con los que la humanidad comparte el planeta, pues estos forman parte de las complejas redes y procesos que conforman la vida como la conocemos. Apela al respeto, el uso responsable y reflexivo de la biodiversidad y sus recursos.

La interdependencia entre distintas especies y elementos de los ecosistemas es otro argumento de la ética ambiental para justificar

la conservación de la biodiversidad en su conjunto, pues la pérdida de una especie puede desencadenar procesos que lleven a la extinción de muchas otras.

EN IGUALDAD DE CONDICIONES

En el año 2012, el presidente de Bolivia, Evo Morales, envió a la cámara de representantes de aquel país la llamada “Ley de la Pachamama”, la cual, al reconocer los derechos de todos los seres vivos, entregó igualdad de condiciones a la naturaleza frente a los seres humanos.

Es una legislación basada en las culturas andinas que otorgan un carácter sagrado a la Tierra, la Pachamama, que consideran un ser vivo al cual se debe respetar, buscando tener una vida en armonía con ella y todos sus habitantes, priorizando la idea del “bien colectivo”.

A partir de dicha ley, el gobierno boliviano está obligado a priorizar el bienestar de sus ciudadanos y de la naturaleza, a través de políticas públicas que promuevan la sustentabilidad, buscando caminos para que la economía y la industria operen dentro de los límites de la naturaleza. Por ejemplo, busca promover la soberanía energética y alimentaria, así como la introducción de tecnologías para la producción renovable de energía.



ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS, MODELO DE CONSERVACIÓN Y SUSTENTABILIDAD

Ahora bien, actualmente se considera que es imperativo encontrar un equilibrio entre la conservación de las especies y los ecosistemas y las necesidades de las poblaciones humanas que dependen de ellos. De ahí que actualmente los modelos de conservación más exitosos contemplan a las comunidades locales, sus conocimientos, cultura, necesidades económicas y cómo éstas pueden armonizarse con la preservación de la biodiversidad local.

Entre estos modelos destacan en México las Áreas Naturales Protegidas (ANP), que constituyen el mecanismo más importante de conservación que tienen a la mano los diferentes niveles de gobierno para proteger la biodiversidad y a los ecosistemas del país. Representan zonas del territorio o de las aguas nacionales que tienen algún régimen de protección, el cual restringe y regula diversas actividades humanas, como la urbanización, la instalación de infraestructura, la tala o la explotación de recursos naturales. En las ANP se deben instaurar programas de manejo, conservación y uso sustentable de la biodiversidad.

De acuerdo con la Convención para la Biodiversidad, hacia el 2020 la cobertura nacional protegida por país debería corresponder al 17 por ciento de su territorio terrestre más un 10 por ciento marino, en su caso.

En México las ANP abarcan poco más de 25 millones de hectáreas, es decir, cerca del 14 por ciento del territorio nacional, marino y terrestre, por lo que es necesario que una mayor porción del territorio se incorpore a alguna de las categorías o modalidades de conservación.

En las áreas naturales protegidas se preservan diversos servicios ambientales, como purificar el aire y el agua, mitigar sequías, inundaciones y huracanes, conservar y nutrir los suelos, mantener el ciclo hídrico y de nutrientes, conservar a los polinizadores y a los dispersores de semillas, funcionar como sumidero de carbono, mantener la biodiversidad, además de ofrecer paisajes y escenarios naturales inigualables.

En las Reservas de la Biósfera, por ejemplo, se establecen zonas núcleo con mayores restricciones de uso, así como zonas de amortiguamiento, en las cuales habitan comunidades humanas que pueden realizar ciertas actividades económicas y aprovechamientos de los recursos naturales, siempre y cuando sean sustentables y vayan acorde con los planes de manejo, como el ecoturismo.

Así, las ANP le dan trabajo directa o indirectamente a miles de familias mexicanas, en especial campesinas, quienes, a su vez, aportan sus conocimientos y cultura para la adecuada conservación de estos lugares.

A MODO DE CONCLUSIÓN

El modelo de desarrollo basado en la producción y consumo crecientes de energía, materiales, recursos y mercancías ha generado serios impactos en la biodiversidad del planeta, que no tienen precedente en la historia terrestre y cuyos efectos serán mayores en las décadas por venir.

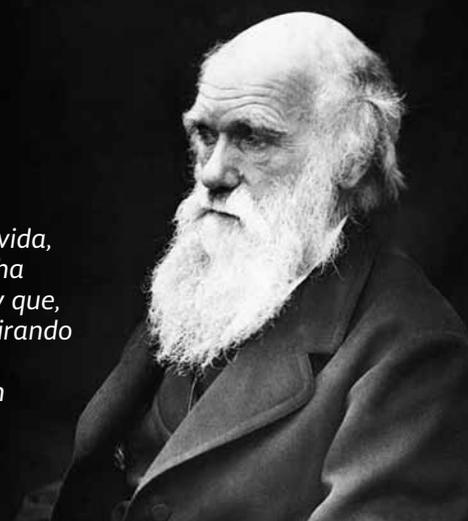
Esto significa que la humanidad tiene la seria responsabilidad de emprender acciones que detengan la degradación y pérdida de la biodiversidad, transformando las relaciones y los paradigmas en los que éstas se basan, generando estrategias para prevenir nuevos daños ambientales y corrigiendo el curso actual del modelo civilizatorio dominante.



Casi con toda certeza, la esperanza para el futuro radica en mayor diversidad: biológica, cultural, de ideas, de actores, de estrategias productivas, de acciones de conservación y de visiones del mundo. En la construcción de un futuro sustentable para todas y todos, la solidaridad, el trabajo en equipo, el respeto en las relaciones con otras personas y otros seres vivos serán valores fundamentales.

La biodiversidad es vestido, alimento, refugio, recurso, aporta servicios, es base indispensable de la cultura y el arte, en ella está la clave para la cura de muchas enfermedades y probablemente la solución a muchos de los dilemas humanos. Pero, además, la biodiversidad es sorprendente, maravilla a quien la admira y es una fuente inagotable de inspiración.

A más de 150 años de que Charles Darwin escribiera El origen de las especies, vale la pena recordar el párrafo final de su texto, uno de los más bellos que ha producido la ciencia y que refleja la fascinación humana por la biodiversidad de este planeta, el único habitado que se conoce por el momento:



Hay grandeza en esta visión de la vida, que con sus diferentes fuerzas, se ha originado de una o pocas formas; y que, mientras este planeta ha estado girando de acuerdo a la ley de la gravedad, desde un origen tan sencillo, hayan evolucionado, y sigan haciéndolo, una infinidad de las formas más bellas y más maravillosas.

FUENTES

- Arizmendi, M.C. (2009). “La crisis de los polinizadores”. *CONABIO. Biodiversitas* 85:1-5.
- BirdLife International (2015). Species factsheet: *Hydrobates macrodactylus*. Downloaded from <http://www.birdlife.org> on 02/9/2015.
- Boerger C.M., G.L. Lattin, S.L. Moore y C.J. Moore (2010). “Plastic ingestion by planktivorous fishes in the North Pacific Central Gyre”. *Marine Pollution Bulletin* 60: 2275-2278.
- Ceballos G., Ehrlich, P., A. D. Barnosky, A. García, R.M. Pringle y Todd M. Palmer (2015). *Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction*. *Sci. Adv.* 1, e1400253.
- Chapin F.S. III, Zavaleta E.S., Eviner V.T., Naylor R.L., Vitousek P.M., Reynolds H.L., Hooper D.U., Lavorel S., Sala O.E., Hobbie S.E., Mack M.C., Díaz S. (2000). “Consequences of changing biodiversity”, en: *Nature* 405(6783) 234-42 Recuperado de www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10821284
- CONABIO (s/f). *Razas de maíz en México*. Disponible en: www.biodiversidad.gob.mx/usuarios/maices/razas2012.html
- ----- (s/f). *¿Qué es un país megadiverso?* Página web. Disponible en www.biodiversidad.gob.mx/pais/quees.html
- ----- y CONANP (2009). *Lacandonia (Lacandonia schismatica)*. *Fichas de especies mexicanas*. México, D.F.: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.

- ----- (2009). *Programa de acción para la conservación de la especie Jaguar (Panthera onca)*. Recuperado de www.biodiversidad.gob.mx/especies/especies_priori/fichas/pdf/pace_jaguar.pdf
- Convenio de Diversidad Biológica (CDB) (1992). Texto del Convenio de Diversidad Biológica, ONU. Disponible en: www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R. G., Sutton, P., Van Den Belt, M. (1997). "The value of the world's ecosystem services and natural capital". *Nature* 387: 253–260.
- DOF (30 de diciembre de 2010). "Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT- 2010, Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo". México: Diario Oficial de la Federación.
- FAO (1997). *Lista mundial de vigilancia para la diversidad de los animales domésticos*. Segunda edición. FAO, UNEP. Disponible en www.fao.org/3/a-v8300s/v8300s00.htm#Contents
- ----- (2003). *Livestock sector report Mexico. Condiciones estructurales, evolución (1990-2000) y perspectivas (2010, 2020, 2030)*. FAO. Disponible en: www.fao.org/ag/againfo/resources/es/publications/sector_reports/lsr_MEX.pdf
- ----- (2009). *Fibras naturales. Algodón*. Disponible en www.naturalfibres2009.org/es/fibras/algodon.html
- ----- (2015). *FAO Statistical Pocket Book. Food and Agriculture Organization, of the United Nations, Rome*. Disponible en: www.fao.org/3/a-i4691e.pdf
- FAOSTAT (2015). *Live Animals. Chickens. Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Disponible en: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QA/E>
- Hauge S. S., R. Biggs, et al (2014). *Applying resilience thinking. Seven principles for building resilience in social-ecological systems*. Stockholm

- Resilience Centre. Disponible en: www.stockholmresilience.org/21/research/research-news/4-22-2014-applying-resilience-thinking.html.
- Imaz, M. (2010). *Biodiversidad*. Colección “Ciencia de Boleto”. México, D.F.: DGDC-UNAM-Sistema de Transporte Colectivo Metro, 28 pp.
 - INE (1999). *Manual de procedimientos para el manejo adecuado de los residuos de la curtiduría*. México, D. F.: Instituto Nacional de Ecología, 62 pp.
 - INEGI (s/f). *Ganadería*. Disponible en <http://cuentame.inegi.org.mx/impresion/economia/ganaderia.asp>
 - Lawton, J.H. y R.M. May (2005). *Extinction rates*. Oxford: Oxford University Press.
 - Levy, S. (2011). “What’s best for bees”, en: *Nature* 479: 164-165.
 - Llorente-Bousquets, J., y S. Ocegueda (2008). “Estado del conocimiento de la biota”, en: *Capital natural de México*, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. México: CONABIO, pp. 283-322.
 - Maine J.J. y J. G. Boyles (2015). *Bats initiate vital agroecological interactions in corn*. PNAS. doi: 10.1073/pnas.1505413112
 - Millennium Ecosystem Assessment (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Washington, DC: Island Press.
 - Muñoz Saldaña, R. (2010). “Frijol, rica fuente de proteínas”. *CONABIO, Biodiversitas*, 89: 7-11.
 - Neurath J. y Pacheco, R.C. *Atlas de culturas del agua en América Latina y el Caribe. Pueblos indígenas de México y Agua: los Huicholes (Wixarika)*. Instituto Nacional de Antropología e Historia. Disponible en: www.unesco.org.uy/ci/fileadmin/phi/aguaycultura/Mexico/05_Huicholes.pdf
 - Noss, R.F. (1990). “Indicators for Monitoring Biodiversity: A Hierarchical Approach”, en: *Conservation Biology* 4(4): 355-364.
 - Pacheco, B.R.C. (2008). “Indígenas Huicholes, agua y paisajes marinos”. En: *Agua y diversidad cultural en México*. Sandre I. y D. Murillo (eds). UNESCO. Serie Agua y Cultura del PHI-LAC, Núm. 2.

- Primack, R.B. (2006). *Essentials of Conservation Biology*. Fourth Edition. Sinauer Associates, 585 pp.
- Rozzi R., P. Feinsinger, F. Massardo y R. Primack (2006). “¿Qué es la diversidad biológica?”, capítulo II, en: *Fundamentos de conservación biológica*. Perspectivas latinoamericanas. Primack R., R. Rozzi, P. Feinsinger, R. Dirzo y F. Massardo. México: FCE, 800 pp.
- SAGARPA (2011). *Monografías de cultivos. Algodón*. Sagarpa. Disponible en: www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/pablo/Documentos/Monografias/algodon.pdf
- Salazar, G.A. (2009). “Orquídeas”, en: *Biodiversidad del Ecosistema del Pedregal de San Ángel*. Lot, A. y Z. Cano-Santana (eds). UNAM, 538 pp.
- Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2010). *Global Biodiversity Outlook 3. Montréal*, 94 pp. Recuperado de <http://www.unep.org/pdf/GBO3-en.pdf>
- Shahid Naeem, Chair, Chapin F.S. III, Costanza R., Ehrlich P., Golley F.B., Hooper D.U., Lawton J.H., O’Neill R.V., Mooney H.A., Sala O.E., Symstad A.J., Tilman, D. (1999). “Biodiversity and Ecosystem Functioning: Maintaining Natural Life Support Processes”. *Issues in Ecology 4*. Recuperado de www.esa.org/esa/wp-content/uploads/2013/03/issue4.pdf
- Steffen W., K. Richardson, J. Rockström, S. E. Cornell, I. Fetzer, E. M. Bennett, R. Biggs, S. R. Carpenter, W. de Vries, C. A. de Wit, C. Folke, D. Gerten, J. Heinke, G. M. Mace, L. M. Persson, V. Ramanathan, B. Reyers, S. Sörlin (2015). “Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet”, en: *Scienceexpress*. January 15th.
- Vázquez Y.C. y S.A. Orozco (1995). *La destrucción de la naturaleza*. México: FCE. 104 pp.
- Wilson E.O. (ed) (1988). *Biodiversity*. National Academy Press. 538 pp.

Humanos y biodiversidad

se imprimió en 2015, en los talleres gráficos de Litoprocess, S.A. de C.V., ubicados en Calz. San Francisco Cuautlalpan 102-A, Col. San Francisco Cuautlalpan, 53569, Naucalpan de Juárez, estado de México.

El tiro consta de 50 mil ejemplares

