

## Papel de los Ecosistemas en la Sustentabilidad

Ph. D. Mohammad H. Badii<sup>1</sup>, Dr. Jerónimo Landeros<sup>2</sup> y Dr. Ernesto Cerna<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UANL, Mty. N.L., mhbadii@yahoo.com.mx, <sup>2</sup>UAAAN, Saltillo, Coah.

**Resumen.** Se describen de forma somera, las diferentes clases de ecosistemas. Se mencionan la relevancia de los mismos en relación con los servicios ambientales que ofrecen, a parte de su importancia esencial para el mantenimiento de la vida en el planeta. Se notan los rasgos críticos de los tres elementos vitales de la Tierra, es decir, el agua, el suelo y la atmósfera. Se discuten la contaminación ambiental con especial énfasis sobre los residuos, el agua, el suelo, la atmósfera y el ozono.

**Palabras clave:** Degradación ambiental, ecosistemas, papel vital

**Abstract.** Different types of ecosystems are briefly described. The importances of these ecological systems with respect to environmental services apart from their central role as life supporting system of the planet are mentioned. Essential traits of three crucial elements of the planet, namely, water, air and soil are noted. Environmental pollution with particular emphasis on residues, water, soil, atmosphere and the ozone layer is discussed.

**Keywords:** Ecosystems, environmental degradation, vital role

### Introducción

Los ecosistemas son un conjunto de sistemas complejos sustituidos por numerosos componentes; seres vivos y ambiente físico; que interactúan en diferentes escalas temporales y espaciales, permitiendo el intercambio entre la energía y la materia, y como consecuencia de estas interacciones, poseen una estructura y función específicas, por lo que representan algo más que la simple suma de cada uno de sus componentes.

La armoniosa interacción de seres vivos y ambiente físico en el tiempo y el espacio ha creado una diversidad de ecosistemas existentes, desde el bosque tropical lluvioso hasta los desiertos extremos como el de Atacama, pasando por la Gran Barrera de Coral, el mayor arrecife coralino del mundo ubicado en el noreste de Australia, y las heladas zonas de la Región Antártida. Lo anterior fue producto de millones años de evolución en los cuales tuvieron lugar infinitos procesos e interacciones hasta dar por resultado el maravilloso planeta que hoy habitamos (Bakker, 1985).

La vida tuvo lugar en los océanos primitivos que cubrían toda la tierra, en donde las moléculas químicas presentes llevaban a cabo miles de reacciones químicas, entre ellas, creando nuevas formas de organización molecular que paulatinamente fueron englobando unas a otras hasta dar origen a las primeras protocélulas (células orgánicas simples que dieron origen a la vida), de las cuales surgieron todas las formas de vida actualmente conocidas.

Paralelamente, el medio abiótico también evolucionaba, los mares se retiraban, la atmósfera cambiaba de composición química, una capa protectora contra los rayos solares dañinos se empezaba a formar sobre el planeta, en síntesis, todo se preparaba para recibir a la vida. Tener conciencia de ello es fundamental para el mantenimiento de todas las especies, incluyendo la nuestra (Gould, 1987).

### Elementos abióticos: El agua, núcleo de la vida

El agua es esencial para la vida y para mantener el equilibrio ecológico de nuestro planeta; es indispensable para el mantenimiento de las funciones de los organismos y de los ecosistemas; es el material de construcción de todos los seres vivos, el medio para transportar materia en el ambiente y facilitar el flujo de energía a través de las circulaciones oceánica y atmosférica. También, se requiere para la producción de alimento, cubrir las necesidades de agua potable de las poblaciones humanas, la higiene personal y la producción agrícola, industrial y pesquera (Berner & Lasaga, 1989). Los ríos, lagos, lagunas, presas y ecosistemas adyacentes también proporcionan estos servicios, que incluyen el control de inundaciones, el transporte de personas y de bienes, recreación, purificación de aguas residuales municipales e industriales, generación de energía y hábitat para plantas y animales acuáticos (Begon et al., 1990).

Es verdad que hay mucho agua en el planeta, estimada en 1400 millones de km<sup>3</sup>, pero solo el 2.5 % es agua dulce y la mayor parte de esta se encuentra en forma de hielo o en depósitos

subterráneos de difícil acceso. Esto propicia que el agua disponible para las actividades humanas se reduzca en el mejor de los casos a 0.01% del total. Además, según datos del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUM), la mínima porción de agua dulce esta en lugares inaccesibles o contaminados.

En México, las características físicas de su territorio producen condiciones hidrológicas muy particulares y presentan altos contrastes para la disponibilidad de agua. El territorio nacional es relativamente grande, la influencia de los 11,208 km de costa tanto en el Pacífico como en el Atlántico, su ubicación geográfica, en particular en relación con los grandes cinturanas de vientos y la trayectoria de los huracanes, su complicada topografía, en gran parte resultado de la actividad tectónica ocurrida durante el Cenozoico, y su relieve sumamente accidentado, ocasionan intensos contrastes en la disponibilidad de agua en el país; la mitad del territorio esta ocupado por zonas áridas y semiáridas, donde las lluvias son escasas, pero a la vez hay amplias zonas húmedas y subhúmedas en el sureste .

### **El suelo, la base de los sustentos**

El suelo es la capa superficial de material mineral no consolidado que cubre zonas terrestres; además de servir como medio de crecimiento para diversos organismos, mantiene complejas interacciones dinámicas con la atmósfera y los estratos que se encuentran por debajo de él, permitiendo el mantenimiento de los servicios ambientales de los ecosistemas e influyendo en el climas y el ciclo hidrológico, de tal manera que, junto con el clima, determina de manera importante la distribución de los ecosistemas y de muchos de los recursos naturales en determinada región o territorio (Smith, 1991).

En México, como resultado de su compleja historia geológica, se encuentran 25 de las 28 unidades de suelos reconocidas por la FAO/UNESCO/ISRIC en 1988; sin embargo, la mayor parte de su territorio esta dominado por cinco unidades: leptosoles (24%), regosoles (18.5%), calcisoles (18.2%), feozems (9.7%) y vertisoles (8.3%) (INEGI).

La calidad del suelo se refiere a su capacidad para sostener la productividad vegetal y animal, así como para mantener o mejorar la calidad del aire y el agua. Su importancia radica en que es un recurso no renovable ya que tarda en formarse, en promedio de 100 a 400 años por centímetro de cubierta fértil a través de la interacción del clima, la

topografía, los animales, etc. El suelo es uno de los recursos naturales más importantes, en particular para el país, ya que de sus condiciones depende el buen estado de hábitat naturales, de las a actividades agrícolas, ganaderas, forestales y urbanas, por lo que su uso, manejo y conservación tiene importantes implicaciones socioeconómicas y ecológicas. Conocer estas condiciones es de importancia estratégica: su distribución, extensión y tendencias en el proceso de degradación, así como las acciones de restauración y preservación de su calidad.

### **Degradación del suelo**

Las sociedades humanas modernas han concebido a los suelos como simples soportes mecánicos de las plantas o como sitios para el establecimiento de asentamientos humanos ignorando su importancia biológica, ecológica, fisicoquímica, socioeconómica y cultural; esta concepción, junto con otros factores, ha contribuido a los procesos de destrucción y degradación que afectan a los suelos (Colivaux, 1993).

La degradación del suelo se refiere básicamente, a los procesos relacionados con las actividades humanas que alteren y/o reduzcan su capacidad presente y futura para sostener ecosistemas naturales o manejados y producir servicios ambientales que proporciona.

Dentro de los principales procesos de degradación de los suelos esta la erosión hídrica o eólica, lo cual implica remoción del suelo, y la degradación física, química y biológica que se refiere al deterioro de su calidad.

Los factores que influyen la degradación del suelo son los siguientes.

*Cambio de los usos del suelo.* El aumento poblacional y su requerimiento de alimento y espacio han ocasionado una mayor demanda del suelo.

*Agricultura.* En los países en desarrollo, como México, la situación socioeconómica y la presión del consumo propicia a las comunidades a ampliar la frontera agrícola a costa de modificar la vocación natural del terreno, lo cual provoca degradación y erosión del suelo además de afectar a largo plazo a los ecosistemas presentes y a los sectores económicos y sociales involucrados.

*Consumo de agroquímicos.* El empleo excesivo de agroquímicos, principalmente plaguicidas y fertilizantes, también provoca el deterioro ya que altera sus características fisicoquímicas y sus mecanismos de recuperación; estas sustancias químicas han permitido a los productores agrícolas

obtener mejores cosechas mediante el control de plagas y malezas y el incremento en la disponibilidad de nutrientes para sus cultivos; sin embargo, también estas sustancias ocasionan efectos nocivos al ambiente y a la salud humana.

*Preparación de la tierra para la siembra: Roza, tumba y quema.* Es una práctica de agricultura temporal (no sustentable), cuya producción es básicamente de auto consumo; se encuentra ampliamente distribuida en los países de desarrollo, con la consecuente destrucción de grandes extensiones de bosque y selvas, erosionando de manera importante el terreno.

*Sobrepastoreo.* La ganadería extensiva también es causa del deterioro del suelo, principalmente por el efecto del sobrepastoreo, lo que provoca la pérdida o la degradación de la cubierta vegetal y con ello la posibilidad de retener la materia orgánica y las partículas del suelo.

### La atmósfera

La atmósfera actúa como una capa protectora que regula la temperatura de nuestro planeta, evitando la entrada de rayos solares dañinos, como son los rayos ultravioleta (rayos UV). Está compuesta principalmente por nitrógeno ( $N_2$ ), oxígeno ( $O_2$ ), y argón (Ar), pero también tiene otros gases en concentraciones más bajas, como vapor de agua ( $H_2O$ ), ozono ( $O_3$ ), dióxido de carbono ( $CO_2$ ), metano ( $CH_4$ ) y óxido nítrico ( $NO$ ); sin embargo, como consecuencia de las actividades humanas se ha alterado el balance natural de su composición y se encuentran otros componentes que no están presentes de manera natural (Schneider, 1989, Graedel & Crutzen, 1989).

La emisión de contaminantes deteriora la calidad de aire. En teoría, el aire siempre ha tenido cierto grado de contaminación debido a fenómenos naturales, tales como la erupción de volcanes, tormentas de vientos, descomposición de organismos muertos (animales y vegetales) y aerosoles emitidos por los océanos, entre otros.

Cuando se habla de contaminación del aire debe tomarse en consideración la que proviene de contaminantes generados por la actividad del hombre (antropogénicos) y que son aquellas sustancias que producen un efecto perjudicial en el ambiente y pueden alterar tanto la salud como la calidad de vida de las personas.

Los contaminantes del aire se clasifican como contaminantes criterio y contaminantes no criterio. Los contaminantes criterio son aquellos que se han identificado como comunes y perjudiciales

para la salud y el bienestar de los seres humanos y son: **1.** Dióxido de azufre ( $SO_2$ ). **2.** Dióxido de nitrógeno ( $NO_2$ ). **3.** Partículas menores a 10 micras ( $PM_{10}$ ). **4.** Monóxido de carbono (CO). **5.** Partículas suspendidas (PST). **6.** Ozono ( $O_3$ ).

Para cada contaminante criterio se han publicado normas que establecen las concentraciones máximas permisibles de los contaminantes atmosféricos durante un periodo definido, los límites incluidos son diseñados con un margen de protección ante los riesgos. La finalidad de las normas es proteger la salud y el bienestar de los seres humanos, así como de los ecosistemas.

También, como resultado de las actividades humanas, se emiten las llamadas sustancias agotadoras de la capa de ozono estratosférico. El ozono desempeña un papel importante en la distribución de las temperaturas atmosféricas y constituye un escudo extraordinario contra la radiación ultravioleta (UV) del sol, causante de quemaduras de piel más intensas, cáncer y envejecimiento dermatológico prematuro, daños oculares y al sistema inmunológico, además de reducción del crecimiento de las plantas.

Hay Sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAO), como los clorofluorcarbonos (CFC), los hidroclorofluorcarbonos (HCFC) y los halones. Estas sustancias tienen átomos de cloro y bromo que destruyen el ozono estratosférico que protege a nuestro planeta de los rayos ultravioleta dañinos para los seres vivos: Los CFC son los más comunes por su volumen de producción debido a las actividades humanas; fueron sintetizadas por primera vez en la década de los 20, a partir de átomos de flúor, carbono y otros; son inertes, no tóxicos, económicos y simples de fabricar, se gasifican a bajas temperaturas. Los CFC son utilizados en todo el mundo en los sistemas de refrigeración que incluyen a los refrigeradores, congeladores, sistemas de aire acondicionado, en los extinguidores de incendios, particularmente, en los pequeños extinguidores de uso doméstico, entre otros.

La distribución del ozono en la atmósfera es variable y depende de la altitud, de la época del año, de la temperatura, y acompaña también al ciclo solar. En la vida vegetal el exceso de radiación produce alteraciones en los ciclos de las cosechas y mutaciones. En humanos y animales los efectos pueden ser diversos, algunos ejemplos de ello son los melanomas (cáncer de piel). La vida marina también se ve afectada, ya que en estudios recientes se ha detectado que la incorporación de carbono por las poblaciones de fitoplancton natural es inhibida por

los rayos UV, y su ciclo reproductivo, su motilidad y orientación también son alterados.

En el caso del zooplancton, también se ve afectada la tasa de reproducción, ya que la mortalidad adulta aumenta y la tasa de reproducción de los sobrevivientes disminuye.

Debido a las características de los contaminantes, los problemas atmosféricos tienen efectos en diferentes niveles espaciales: local, regional y global. Por ejemplo, las emisiones provenientes de la circulación de los vehículos se consideran de orden local (particularmente, de las zonas urbanas), mientras que las emisiones de las fábricas y empresas productoras de energía eléctrica se consideran de impacto regional. El deterioro de la calidad del aire se considera un problema local, ya que principalmente, afecta a las ciudades, pero debido a las capacidades que tienen los contaminantes de dispersarse pueden ocasionar un problema regional; por otra parte, la degradación del ozono estratosférico es un problema que afecta a todos los países, el impacto que genera es de índole global, aunque los mayores impactos regionales se observan sobre todo en la Antártida, donde se presenta el llamado “agujero de ozono” de 32 millones de km<sup>2</sup> y que en Latinoamérica afecta principalmente a Argentina, Chile, Brasil y Uruguay.

### **Elementos bióticos: Biodiversidad**

Se estima que en la tierra habitan más de 50 millones de especies, a la fecha solo se han descrito alrededor de 1.8 millones: pese a este desconocimiento, se tiene un panorama claro sobre la magnitud de la riqueza de la vida y su distribución en el planeta (Smith, 1991).

Los países que albergan un mayor número de especies en su territorio han sido llamados mega diversos. Los 12 países biológicamente más ricos en el planeta poseen entre el 60 y 70% de las especies de flora y fauna conocida, y México forma parte de este grupo. Ser un país mega diverso es un privilegio, pero también es una gran responsabilidad, ya que se tiene el reto de utilizar esta riqueza para el desarrollo sin amenazar su conservación. Las causas de toda esta diversidad biológica son principalmente su topografía, la variedad de climas y su compleja historia tanto geológicas y biológicas como cultural. Estos factores han contribuido a formar un mosaico de condiciones ambientales y micro ambientales que promueven una gran variedad de hábitat y de formas de vida (Lewis, 1983, Diamod, 1983).

México es reconocido como el cuarto país del mundo en importancia por su diversidad y proporción de especies endémicas, que representan variadas y extensas comunidades vegetales ampliamente apreciadas en la planta. Catorce de 16 especies de atún del mundo son de México. México ocupa el primer lugar en el mundo en término de biodiversidad de los reptiles. De los 200 especies de nopal en el mundo 110 son nativos de México. De las 71 especies de pinos que se registran en el territorio nacional, el 50 % corresponde a especies endémicas, colocándolo como el primer lugar mundial en cuanto a riquezas de especies de pino; lo mismo ocurre con los encinos, ya que de las 135 especies registradas para el territorio nacional, 115 son endémicas. Esta riqueza constituye un patrimonio nacional que es prioritario proteger y conservar por su enorme capacidad para generar beneficios ecológicos o servicios ambientales, tales como captura de carbono, captación de agua, protección de suelos, además de otros de carácter social y económico para toda la población (Lovejoy, 1988).

### **Servicios ambientales**

Siempre ha habido una interacción muy estrecha de la humanidad con los ecosistemas naturales, ya que aquella depende de todos los bienes y servicios que estos le proporciona, entre otros: **1.** Alimentos variados. **2.** Madera. **3.** Papel. **4.** Fibras naturales. **5.** Principios activos de productos farmacéuticos. **6.** Resinas. **7.** Tintes. **8.** Regulación de inundaciones, de sequías y de la degradación del suelo. **9.** Purificación del agua y del aire. **10.** Descomposición y desintoxicación de los residuos. **11.** Regulación del clima. **12.** Fertilidad de los suelos. **13.** Mantenimiento de la biodiversidad. **14.** Valor estético, científico, cultural y recreativo (Colivaux, 1993).

### **Ecosistemas terrestres**

Las zonas terrestres cubren aproximadamente el 30% de la superficie del globo, es decir, cerca de 150 millones de km<sup>2</sup>; en esta superficie, las complejas interacciones del clima, la radiación solar, la geología y los suelos, entre otros factores, han hecho posible el desarrollo de una gran variedad de ecosistemas que albergan a múltiples especies de animales y plantas. Los ecosistemas terrestres son los proveedores más importantes de productos para la subsistencia y desarrollo de la humanidad, y ofrecen además, de una amplia gama de servicios ambientales de los que la sociedad

también se ha beneficiado directa o indirectamente (Begon et al., 1990).

La diversidad de ecosistemas terrestres en México es comparable a la de Brasil, y ocupa un lugar dentro de los cinco países más diversos del planeta; aquí pueden encontrarse, entre muchos tipos de vegetación, los siguientes: **1.** Selvas altas y bajas. **2.** Bosques templados de coníferas y latifoliadas. **3.** Bosques mesófilos de montaña. **4.** Matorrales xerófilos. **5.** Humedales. **6.** Pastizales naturales

El desarrollo de las sociedades humanas y su creciente necesidad de generar bienes y servicios han ejercido una importante presión sobre los ecosistemas terrestres mundiales, se calcula que entre el 35 y el 50% de la superficie terrestre mundial corresponde a tierras degradadas o transformadas por las actividades humanas. De acuerdo con la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, Badii et al., 2000), actualmente, los principales factores que amenazan a los ecosistemas terrestres son el cambio de uso de suelo, ocasionado por la expansión de la frontera agropecuaria y urbana; el crecimiento demográfico y de infraestructura (carreteras, redes eléctricas, etc.), los incendios forestales, la sobreexplotación de los

recursos naturales, la introducción de especies invasoras y el cambio climático mundial .

### Deforestación

A pesar de que México cuenta con grandes extensiones de bosques, estos se deterioran día a día por la tala inmoderada de árboles, los incendios forestales y las prácticas de pastoreo y desmonte. Con respecto a las especies terrestres mexicanas en riesgo, la normatividad considera que las categorías de riesgo son: en peligro de extinción; amenazadas; sujetas a protección especial y extintas (Tabla 1).

### Ecosistemas acuáticos

La compleja historia geológica de la superficie terrestre nacional ha creado una accidentada orografía que, en combinación con la diversidad de climas, permite la existencia de una rica variedad de cuerpos de aguas continentales: ríos, arroyos, lagos, lagunas y estuarios. Sus aguas pueden ser estacionales o permanentes, dulces o salobres, y estar presentes tan solo unas pocas horas. Los tipos de vegetación que crecen en estos ambientes son variados: bosques de galería que se extienden sobre los márgenes de ríos y arroyos, popales, tulares y ciertos tipos de vegetación acuática sumergida (Colivaux, 1993).

Tabla 1. Especies en riesgo en diferentes grupos taxonómicos.

Grupo taxonómicos	Especies en riesgo
<b><i>Invertebrados</i></b>	
- <b>Lepidópteros ( mariposas)</b>	2
- <b>Dípteros (moscas y mosquitos)</b>	1
- <b>Arácnidos (arañas)</b>	3
<b><i>Anfibios</i></b>	106
<b><i>Reptiles</i></b>	404
<b><i>Aves</i></b>	312
<b><i>Mamíferos</i></b>	250
<b><i>Hongos</i></b>	46
<b><i>Plantas</i></b>	935

Este tipo de ecosistemas aporta una gran variedad de bienes a la sociedad, que van desde el agua que consume la población, la agricultura y la industria, hasta muchos tipos de alimentos, fibras, plantas medicinales, combustibles y materiales de construcción, entre otros. Los servicios ambientales que ofrecen estos ecosistemas son muy importantes, y destacan los siguientes: mantenimiento de la biodiversidad, estabilidad climática, mitigación de las inundaciones, asimilación y dilución de los contaminantes, reciclaje de nutrientes, restitución de

la fertilidad de suelos y recarga de acuíferos. La mayor parte de la energía eléctrica que abastece a la población mundial actualmente se genera en represas que aprovechan los flujos continentales de agua dulce.

La expansión de las zonas urbanas y turísticas, la sobreexplotación de los recursos pesqueros y la introducción de especies exóticas son algunas de las principales actividades que impactan directamente a la biodiversidad acuática continental,

y entre las más importantes fuentes de deterioro de la calidad de su hábitat están la modificación de los cauces por presas y embalses, la sobreexplotación del agua y su contaminación por descargas agrícolas municipales e industriales.

### **Ecosistemas costeros y oceánicos**

Los ecosistemas costeros son todos aquellos ubicados dentro de las zonas intermareales y bentónicas, en particular, los estuarios, las comunidades de pastos marinos y los arrecifes coralinos, mientras que los ecosistemas oceánicos se ubican dentro de mar abierto (Begon et al., 1990).

Las zonas costeras oceánicas brindan importantes bienes y servicios ambientales para la población, tales como la producción de alimentos, la filtración y limpieza de las aguas continentales, la estabilización de la línea costera, la regulación de la hidrológica y el clima, el almacenamiento de bióxido de carbono y la producción de oxígeno, entre muchos más. Poseen además una enorme riqueza biológica: de los 82 phyla reconocidos, 60 aproximadamente tienen representantes marinos; tan solos en lo que animales se refiere, en los océanos y zonas costeras habitan 36 de los 37 phyla reconocidos, en ecosistemas que van desde los arrecifes coralinos hasta las comunidades de pastos marinos, los manglares, las lagunas costeras y estuarios.

Los mares del país, por su posición geográfica, se consideran tropicales a excepción de los que rodean la península de California, que, por sus características específicas y gran productividad biológica, se llaman neotropicales. Esta combinación de características oceánicas del territorio permite obtener una producción pesquera diversa. En estos ecosistemas se tienen registradas alrededor de 2,500 especies piscícolas, de las cuales solo el 23% (587 especies) son explotadas por el sector pesquero.

Por lo general, al aprovechar una especie se extraen conjuntamente otros organismos que comparten el mismo ambiente, por ejemplo, las sardinas viven en mar abierto y forman grandes cardúmenes dentro de los cuales también se encuentran otros peces, como las anchovetas y las macarelas, y al arrojar la red para pescar a las sardinas se extraen también estos, ya que tienen dimensiones muy parecidas y quedan atrapadas en las mallas. En cuanto a producción pesquera, México se encuentra entre los 20 países con mayor producción en el mundo, con un volumen de pesca de 1.4 millones de toneladas anuales.

### **Efectos de la actividad pesquera**

Se puede identificar tres tipos de efectos. **1.** Arrastre de fondo marino. Proceso que ocurre cuando las redes son lanzadas al fondo del mar y se arrastran para recoger los organismos que allí habitan, afectando el funcionamiento del ecosistema y dañando los organismos sesiles, como los corales y esponjas, que sirven de refugio y alimento para muchas especies marinas. **2.** Pesca incidental o de acompañamiento. En el proceso de captura, ya sea por cuestiones de arrastre o por artes de pesca empleadas, además de las especies objetivo pueden atraparse otras especies, lo cual se conoce como “pesca incidental o de acompañamiento” pudiendo encontrarse especies en estado de riesgo, como las tortugas marinas, tiburones y cetáceos. **3.** Presión sobre el recurso objetivo. Ocurre cuando la actividad pesquera no es controlada de acuerdo al cálculo de disponibilidad del recurso, por lo que hay riesgo de traspasar niveles de reproducción y crecimiento poniendo en peligro, no solo, a la especie objetivo sino el equilibrio de otras especies que se encuentran relacionadas con la misma.

Además de la pesca, otras actividades que ponen en riesgo los ecosistemas marinos son las actividades petroleras, el desarrollo costero, el turismo y el transporte marítimo, así como la contaminación térmica y radioactiva, la descarga de aguas residuales de origen doméstico e industrial, los detergentes y plaguicidas.

### **Arrecifes coralinos**

Los arrecifes coralinos son uno de los ecosistemas más antiguos del planeta, la evolución de los primeros data de hace unos 400 millones de años. Se estima que los arrecifes cubren una superficie de 600,000 km<sup>2</sup> de los océanos Pacífico e Índico y en el Caribe y Mar Rojo. También se encuentran donde fluyen las corrientes cálidas como en Florida en Estados Unidos y el sur de Japón (Begon et al., 1990, Smith, 1991).

Las comunidades de corales son de los ecosistemas más diversos, productivos y vulnerables de los mares. A pesar de que ocupan tan solo el 0.2% del área marina del planeta, se estima que en ellos coexisten entre uno y nueve millones de especies. En México hay tres zonas con arrecifes coralinos: la costa del Pacífico (incluye Baja California y las Islas Revillagigedo), ciertas zonas de las costas de Veracruz y Campeche en el Golfo de México y la costa este de la península de Yucatán (desde Isla Contoy hasta Xcalak, incluyendo el atolón del Banco de Chinchorro).

Al igual que en otras partes del mundo, los arrecifes en México proporcionan numerosos bienes y servicios a la población, que van desde alimentos y materiales de la construcción que abastecen a las zonas costeras, hasta la protección de las costas ante tormentas y huracanes, además de su función como sitios de cría y reproducción de multitud de especies sin importancia comercial y ambiental.

Sin embargo, también estos ecosistemas son deteriorados severamente por la actividad humana; el crecimiento demográfico de las zonas costeras, el turismo, la sobreexplotación de las pesquerías y el cambio climático global representan las mayores amenazas. La pérdida o deterioro de los arrecifes de coral podría afectar la vida humana en el futuro, ya que se reduciría la producción costera y la protección de las costas, se perdería una gran diversidad de especies y podrán disminuir los ingresos del turismo en algunas zonas costeras (Craig-Smith, 1964).

### **Contaminación ambiental: Residuos**

Como resultado de las diferentes actividades productivas que desarrolla la sociedad, de manera inevitable se generan desechos, líquidos o sólidos que pueden tener efectos negativos sobre la salud humana y el ambiente. Los residuos sólidos son especialmente relevantes ya que con frecuencia se depositan en espacios urbanos como las calles, orillas de caminos, barrancas, cuerpos de agua, etcétera. La cantidad y tipo de desechos que se generan depende, entre otras cosas, del grado de desarrollo industrial y de servicios que tiene el país, así como los patrones de consumo de la sociedad (Villa et al., 2006).

### **Clases de residuos**

Los residuos se clasifican en tres tipos: 1) Residuos Peligrosos (RP); 2) Residuos Sólidos Urbanos (RSU), y 3) Residuos Especiales (RE) (Villa et al., 2006).

1) *Residuos peligrosos (RP)*. Son aquellos que poseen propiedades de corrosividad (C), reactividad (R), explosividad (E), toxicidad (T), inflamabilidad (I) o biológico-infecciosas (B), CRETIB por las siglas de estas propiedades, mismas que los hacen peligrosos, así como los envases, recipientes y embalajes que los contienen o hayan contenido. Tienen múltiples fuentes de generación, pero los diversos procesos industriales son los principales generadores de este tipo de residuos.

2) *Residuos sólidos urbanos (RSU)*: Un ejemplo claro es los residuos sólidos municipales (RSM), que constituyen todos aquellos generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de materiales utilizados en las actividades domésticas, como productos de consumo y sus envases o empaques; también incluyen a los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos (restaurantes, mercados, cines) que generan residuos con características domiciliarias.

Aunque este tipo de residuos representa solo una parte de todos los residuos generados, no deja de ser muy importante, ya que consumen a su alrededor de una tercera parte de los recursos invertidos por el sector público para abatir y controlar la contaminación que provocan (Arnold, 1992, Ayala & Urias, 2001).

Este tipo de residuos puede tener varios efectos ambientales negativos; cuando son depositados en cuerpos de agua superficiales provoca contaminación física del hábitat e impactan negativamente en la calidad del agua; el agua subterránea de los acuíferos puede contaminarse por la filtración de los escurrimientos o lixiviados que proceden de los residuos y que pueden contener materiales tóxicos o peligrosos.

Los residuos también afectan la calidad del aire, ya que frecuentemente producen malos olores, humos, gases y partículas por la quema intencional o espontánea de basura. Por otro lado, la presencia de fauna nociva como ratas e insectos asociados a este tipo de basuras puede provocar la transmisión de múltiples enfermedades.

3) *Residuos especiales (RE)*. Son aquellos generados en los procesos productivos que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos como residuos sólidos urbanos, por ejemplo, algún tipo de desechos mineros que se generan en varias toneladas, pero que no necesariamente son peligrosos y por supuesto no tienen la composición de los residuos sólidos urbanos.

### **Contaminación atmosférica**

La industrialización, el rápido crecimiento poblacional y los patrones de consumo son los factores que han propiciado la sobreexplotación de los recursos naturales y la degradación ambiental. Un claro ejemplo son los problemas atmosféricos que se presentan a lo largo de todo el planeta, entre ellos, el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), 2003, señala los efectos a la salud de la población y a los ecosistemas naturales

por la disminución de la calidad de aire, el proceso del cambio climático y la degradación de la capa de ozono estratosférico (Graedel & Crutzen, 1989, Schneider, 1989).

Actualmente nuestro país enfrenta problemas de contaminación atmosférica en las principales zonas metropolitanas, siendo el Valle de México el caso más conocido; además; enfrentamos problemas globales del cambio climático y contribuimos con los llamados gases de invernadero (GEI) y sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAO)

La atmósfera actúa como una capa protectora que regula la temperatura del planeta y

evita la entrada de rayos solares dañinos, como los ultravioleta (UV). De acuerdo con la NASA (Administración Espacial y Aeronáutica de Estados Unidos), la atmósfera de la tierra esta compuesta de manera natural por nitrógeno (N<sub>2</sub>), oxígeno (O<sub>2</sub>) y argón (Ar) principalmente, pero también contiene otros gases en concentraciones más bajas, como vapor de agua (H<sub>2</sub>O), ozono (O<sub>3</sub>), bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y oxido nitroso (N<sub>2</sub>S).

Como consecuencia de las actividades humanas, no solo se ha alterado el balance natural de su composición sino que ahora se encuentran otros compuestos que no se presentan de manera natural (Tabla 2), y que actúan como contaminantes.

Tabla 2. Contaminantes atmosféricos, sus rasgos y efectos principales.

Contaminante	Características	Efectos principales
Partículas suspendidas (PS) (menores a 10 y 2.5 µm)	Comprenden un amplio espectro de sustancias sólidas y líquidas. Proceden de fuentes naturales (suelo, erupciones volcánicas) y artificiales (vehículos e industrias). Se encuentran dispersas en el aire. Pueden ser de naturaleza orgánica o inorgánica.	Pueden tener efectos tóxicos debido a sus características físicas o químicas inherentes. También pueden afectar por interferencia y los impactos directos sobre el mecanismo del aparato respiratorio. Incrementan los padecimientos respiratorios, principalmente bronquitis aguda en niños y en personas de la tercera edad.
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	Es un gas incoloro que a altas concentraciones puede ser detectado por su olor y sabor irritante. Principalmente es producido por la combustión de carbón y por el alto contenido de azufre en las gasolinas. Se disuelve con facilidad en agua y forma el ácido sulfuroso (H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> ), que se oxida lentamente y con oxígeno del aire forma ácido sulfúrico (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ). El SO <sub>2</sub> también puede formar trióxido de azufre (SO <sub>3</sub> ), que es un vapor muy reactivo y se combina rápidamente con vapor de agua para formar un aerosol ultra fino de ácido sulfúrico, de gran importancia por sus efectos sobre la salud.	Provoca efectos agudos sobre la salud, tales como irritación y constricción de los pasajes de aire, lo que ocasiona dificultad para respirar. Produce una gran cantidad de síntomas, tales como mareo y dolor de pecho. Es especialmente peligroso para las personas con asma.
Oxidos de nitrógeno (NO <sub>x</sub> )	Existen distintos tipos de óxidos de nitrógeno, y los más importantes como contaminantes atmosféricos son el óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> ). El óxido nítrico es un gas incoloro e inodoro y el dióxido de nitrógeno es un gas café rojizo con un olor irritante. Ambos son materiales corrosivos y tóxicos para los humanos. Los vehículos automotores y las plantas de generación de energía son las dos fuentes principales de emisión de estos contaminantes.	Agravan los padecimientos respiratorios crónicos y los síntomas respiratorios en grupos vulnerables (niños, adultos y personas asmáticas). Los efectos agudos incluyen daño a las membranas celulares de los tejidos pulmonares y constricción de los pasajes de aire.
Monóxido de carbono (CO)	Es un gas inodoro, insípido e incoloro. Se produce durante los procesos incompletos de combustión, y principalmente provienen de los vehículos automotores. Otras fuentes son los incendios de los bosques y de los cultivos agrícolas.	Tiene una gran afinidad por la hemoglobina, que transporta el oxígeno en la sangre, por lo que tiene efectos sobre el sistema cardiovascular y neuroconductual.
Ozono (O <sub>3</sub> )	A diferencia de todos los anteriores, el ozono no se emite directamente a la atmósfera, sino que se forma por reacciones fotoquímicas a partir de otras moléculas presentes llamadas precursoras.	Es un oxidante muy potente que afecta al sistema respiratorio y provoca daño en el tejido pulmonar; además de los efectos respiratorios ocasiona irritación de ojos, dolor de pecho, dolor de cabeza, disminución de la función pulmonar y ataques al estado asmático.

Entonces, se puede decir que hay un ozono “protector” que se encuentra en las capas altas de la atmósfera (estratosfera) y que nos protege de los impactos negativos de la luz UV, y un ozono “contaminante”, que se produce en la capa atmosférica cercana a la superficie terrestre y que ocasiona efectos negativos en la salud.

### Contaminación por ozono (O<sub>3</sub>)

El ozono con un olor muy penetrante y que en griego significa olor, contrario a lo que se creía, es un constituyente natural de la atmósfera estratosférica, y que impide la entrada de radiación ultravioleta (UV) a la atmósfera que rodea a nuestro planeta. Las denominadas “sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAO), que se producen en distintas actividades industriales y forman parte de muchos de los productos de consumo masivo, degradan el ozono estratosférico, lo cual ha hecho que se vaya adelgazando el volumen de esta capa y es lo que se le conoce como “agujero de ozono” de 32 millones de km<sup>2</sup> de extensión, que afecta principalmente el hemisferio sur, y trae impactos negativos sobre la salud y los ecosistemas (CICOPLAFEST, 1998, López, 1993).

### Contaminación del agua

Para evaluar la calidad del agua se utilizan dos parámetros indicadores de la misma, la Demanda

Biológica de Oxígeno (DBO) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO); que muestran la influencia del hombre desde el punto de vista de la afectación, por la presencia de centros urbanos e industriales que por sus características producen desechos líquidos con calidad diferente (CICOPLAFEST, 1998, Ayala & Urías, 2001). Estos parámetros permiten identificar gradientes que van desde una condición relativamente natural o sin influencia de la actividad humana hasta el agua que muestra indicios de presencia de contaminantes por descargas de aguas residuales municipales, no municipales e industriales (Tabla 3). Los contaminantes que se pueden encontrar en el agua con mayor frecuencia son: **1.** Coliformes fecales y coliformes totales, que son un grupo de bacterias que indican si el agua esta contaminada con aguas residuales municipales que no han sido tratadas (crudas); son causantes de muchos de los padecimientos diarreicos en el país por el consumo de agua o de alimentos contaminados. **2.** Fosfatos y nitratos, que provienen de los compuestos de fósforo y se aplican como fertilizantes en las zonas agrícolas o también son utilizados en la fabricación de detergentes. **3.** Sustancias tóxicas e hidrocarburos, que se generan en diversos procesos industriales y durante las actividades de extracción, almacenamiento y transporte de petróleo; ocasionan graves afectaciones ambientales, tanto a los cuerpos de agua como a los peces, aves y a otros seres vivos.

Tabla 3. Escala de calificación de la calidad del agua conforme a DBO y DQO.

DBO	DQO	Criterio	Descripción
≤3 mg/L	≤10 mg/L	Excelente	No contaminada
>3 mg/L y ≤6 mg/L	>10 mg/L y ≤20 mg/L	Buena calidad	Aguas con bajo contenido de materia orgánica biodegradable y no biodegradable.
>6 mg/L o = 30mg/L	>20 mg/L o = 40 mg/L	Aceptable	Con indicio de contaminación Aguas superficiales con capacidad de auto depuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente.
>30 mg/L y ≤120 mg/L	>40 mg/L y ≤200 mg/L	Contaminada	Aguas que reciben descargas de aguas municipales sin tratamiento (crudas) y de origen principalmente municipal.
>120 mg/L	>200 mg/L	Fuertemente Contaminada	Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas sin tratamiento (crudas) municipales y no municipales.

## Conclusiones

Los ecosistemas proveen todo lo que es necesario para vivir sanamente en este planeta. Estos sistemas ecológicos producen y mantienen el buen funcionamiento del agua vital que es el núcleo de la vida, el aire, el suelo y todos los servicios ambientales esenciales para la vida. Los ecosistemas naturales se diferencian de los manejados por: **1.** la capacidad alta de resiliencia, es decir, la habilidad de regresar al nivel equilibrio después de una desviación de este nivel por algún disturbio. **2.** Alta biodiversidad, en otras palabras, todos los seres vivos que forman los eslabones de la cadena alimenticia y son necesarios para el funcionamiento sano del planeta. **3.** Alto nivel de estabilidad que va en mano con la noción de la sustentabilidad; usar los recursos de tal manera para no reducir la capacidad de las futuras generaciones para el acceso y uso de los recursos naturales fundamentales para el sostenimiento de la vida de ellas. **4.** Alto nivel de complejidad que permite una conectividad fuerte entre los distintos eslabones y proporcionando la compleja interacción entre diferentes eslabones y evitando la fragilidad y el rompimiento del punto equilibrio natural.

El cambio climático (a parte de sobre pastoreo, invasión de especies y la extinción de las especies clave) es el problema ambiental número uno para todos los habitantes del planeta. Se requiere un esfuerzo coordinado e integrado por todos los países del mundo, particularmente, los que producen mayor cantidad de la emisión de los gases de invernadero, es decir, USA y China y en menor proporción, pero con la misma seriedad y responsabilidad, los países como Rusia, Japón, Alemania, Canadá, Corea del Sur, Francia, Inglaterra, Italia, Brasil, India, Australia y México. Este esfuerzo requiere de tres puntos cruciales: **1.** Reducir la cantidad de la emisión de los gases de invernadero. **2.** Adaptarse a las nuevas condiciones requeridas para el sano funcionamiento del planeta. **3.** Usar las tecnologías ambientalmente más amigables. El mantenimiento de los ecosistemas en su posición del funcionamiento normal e evitando las acciones antropogénicas que provoquen daños a estos sistemas ecológicos son claves fundamentales que junto con las tres acciones coordinadas por diferentes países salvarían el mundo del crisis ambiental en la cual esta inmerso actualmente.

La pregunta esta clara, ¿si la especie humana a penas de 3.3 millones de años de

antigüedad en la escala evolutiva, posee el derecho y la voluntad de destruir el balance natural lo cual es el resultado de 4.6 mil millones de años de la historia evolutiva de la Tierra y la vida misma? Solamente, el padre del tiempo lo dirá y la madre naturaleza sufrirá o gozará las consecuencias correspondientes a esta pregunta.

## Referencias

- Arnold, E. 1992. Pesticides, Chemicals and Health. British Medical Association, London.
- Ayala, D.C. & M.C.R. Urías. 2001. Epidemiología y Manejo de las Intoxicaciones por Plaguicidas. Comité estatal de Sanidad vegetal de Sinaloa. Culiacán, Sin. 2-20.
- Badii, M.H., A.E. Flores, H. Bravo, R. Foroughbakhch & H. Quiróz. 2000. Diversidad, estabilidad y desarrollo sostenible. Pp. 381-402. In: M.H. Badii, A.E. Flores & L.J. Galán Wong (eds.). Fundamentos y Perspectivas de Control Biológico. UANL, Monterrey.
- Bakker, R.T. 1985. Evolution by revolution. *Science*, 85: 72-81.
- Begon, M., J.L. Harper & C.R. Townsend. 1990. *Individuals, Populations and Communities*. 2<sup>nd</sup> ed. Blackwell Scientific Publications. Boston.
- Berner, R.A. & A.C. Lasaga. 1989. Modeling the geochemical carbon cycle. *Scientific American*, 260: 74-81.
- CICOPLAFEST (Comisión Intersecretarial par el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas). 1998. *Catálogo Oficial de Plaguicidas*. SEMARNAP, SECOFI, SAGAR, SSA, México.
- Colivaux, P. 1993. *Ecology 2*. John Wiley & Sons, N.Y.
- Craig-Smith. P. 1964. *Quantitative Plant Ecology*, 2nd ed. Butterworth Scientific Publications. London.
- Gould, S.J. 1987. Darwinism defined: The difference between fact and theory. *Discover*: 64-70.
- Diamond, J.M. 1983. Extinctions, catastrophic and gradual. *Nature*, 304: 396-397.
- Graedel, T.E. & P.J. Crutzen. 1989. The Changing atmosphere. *Scientific American*, 262: 58-68.
- Lewis, R. 1983. Extinctions and the history of life. *Science*, 221: 935-937.
- López, C.L. 1993. Exposición a plaguicidas organofosforados. *Perspectivas en Saludo Pública*. 18: 15-25.
- Lovejoy. T.E. 1988. Will unexpectedly the top blow off?. *BioScience*. 38: 722-726.
- Schneider, S.H. 1989. The Changing climate. *Scientific American*, 261: 70-79.
- Smith, R.L. 1991. *Ecology and Field Biology*. 4<sup>th</sup> Ed. Harpwer & Row Publishers, N.Y.
- Villa, M., A.E. Flores, M.H. Badii, O.R. Brito, R. González & H. Herrera. 2006. *Apuntes Sobre los Plaguicidas*. ITESCA, Cd. Obregón, Sonora.