



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ARQUITECTURA



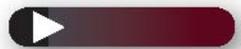
# INTRODUCCIÓN A LA ECOLOGÍA

MATERIAL DIDÁCTICO  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
A R Q U I T E C T O

PRESENTA:  
SANTOS ISMAEL LEYVA RIVAS

ASESORES  
Arq. REINE MEHL STRAUCH  
M. en Arq. HÉCTOR ZAMUDIO VARELA  
Arq. HUGO PORRAS RUIZ

CIUDAD UNIVERSITARIA, MÉXICO, D.F. MARZO DE 2009





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# AGRADECIMIENTOS:

A mi Madre

Por tener siempre confianza en mí.

A la universidad

Por darme un lugar y la preparación para lograr mis objetivos.

A Reine

Por darme el impulso que necesitaba para cerrar un ciclo muy importante.

A Andrea

Porque con ella nació un gran motivo para cumplir metas.

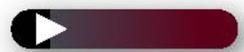


*"La Arquitectura no se da en el vacío  
y esto la convierte en una estrategia  
de supervivencia ubicada en un lugar  
en el espacio y en el tiempo "*

*Arq. Reine Dehl*



# INTRODUCCIÓN A LA ECOLOGÍA



## Presentación

Durante el proceso de enseñanza de la arquitectura se generan frecuentemente confusiones que llevan a interpretar de manera equivocada temas para el correcto ejercicio de la arquitectura, algunos de estos errores surgen al definir conceptos de esencial importancia para la aplicación de los conocimientos adquiridos por el estudiante, es el caso de "ecología".

En el diseño arquitectónico podemos analizar las inter-relaciones presentes con referencia a un esquema tri-sistémico donde el Usuario, el Medio Físico (natural y/o artificial), y los Espacios Adecuados (interiores y exteriores); son los sistemas a estudiar para lograr el Producto Arquitectónico. En este esquema, el arquitecto tiene la tarea de dotar a un usuario (individual o colectivo), que se desenvuelve en un medio físico, de un producto arquitectónico que debe funcionar, es decir, que sea adecuado para la supervivencia del usuario y al mismo tiempo apropiado para el desempeño de todas las actividades vinculadas con el logro de esta supervivencia. Con este planteamiento, se vuelve evidente la necesidad de tener precisión en el manejo de los diferentes elementos que conforman cada uno de los sistemas componentes de este esquema tri-sistémico.

Debemos considerar las características biológicas del usuario y las características de sus actividades como componentes del sistema usuario; los aspectos que determinan las características del elemento arquitectónico en cuanto a la posibilidad de ser construido, sin olvidar que este producto debe ser una respuesta a las necesidades del usuario, son parte del sistema producto arquitectónico; sin embargo para entender lo que comprende el medio físico debe tenerse presente que no solo los factores climáticos son importantes para el desarrollo de un proyecto arquitectónico correcto, también lo son todos aquellos aspectos vinculados con la manera en que se desen-

vuelven los organismos dentro de su medio ambiente así como el resto de las características físicas de los lugares como la geografía, tipo de vegetación, etc.

Recientemente se ha adoptado como significado correcto de "ecología" el de medio ambiente o entorno físico natural. Al establecer esta equivalencia de significados se ha promovido el dejar de lado la importancia de la ecología como lo que es: "la ciencia que estudia las relaciones entre las especies y la totalidad del ambiente, que incluye factores como el clima y el suelo, y de los intercambios energéticos", situación directamente vinculada con la arquitectura dado lo complejo de estas relaciones y su efecto en las poblaciones de cada ecosistema.

Este material surge debido a la necesidad que existe de que tanto el profesor como el estudiante manejen con claridad los conceptos relacionados con la ecología y con el objetivo de subsanar las deficiencias en la comprensión del tema para así poder aplicar estos conocimientos en el desarrollo de proyectos arquitectónicos idóneos que en realidad cumplan con el propósito de satisfacer los requerimientos del usuario en base a las características biológicas del usuario mismo y a las condiciones del entorno en que se desenvuelve, pero sin desatender lo relacionado con la energía y sus transformaciones, ya que no estar pendiente de los eventos que se dan a partir de transformar los materiales para su utilización en la construcción es parte del origen de uno de los grandes problemas que enfrentamos en la actualidad y que pone en riesgo la sostenibilidad de nuestro ecosistema, el calentamiento global.

Por lo anteriormente expuesto es que se presenta este documento, en el afán de ofrecer una herramienta más para conducir la enseñanza de la arquitectura en el camino de generar productos acordes con los objetivos tanto de funcionalidad como de mantener la sostenibilidad del medio en que se ubiquen.

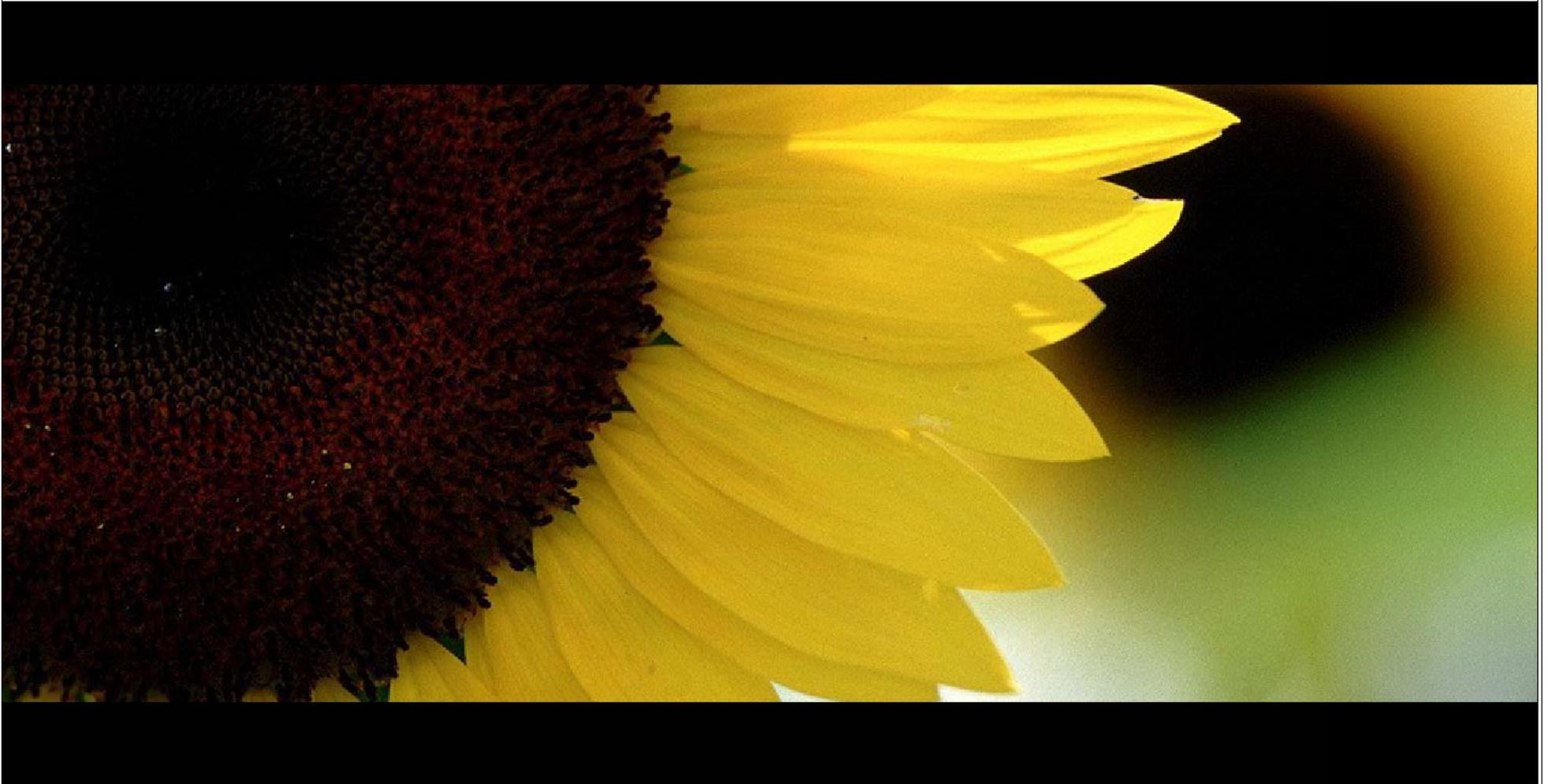
## Índice

<b>Términos y Conceptos</b> .....	6	<b>Ciclo del Agua</b> .....	31
<b>Introducción a la Ecología</b> .....	12	Ciclo de agua (ilustración).....	31
Punto de vista energético.....	13	<b>Ecología Poblacional</b> .....	32
Punto de vista cíclico.....	13	Población.....	32
Punto de vista poblacional.....	13	Potencial biótico.....	32
Radiación ultravioleta (ilustración).....	14	Tasa de crecimiento.....	33
Efecto invernadero (ilustración).....	15	Tasa bruta de natalidad.....	33
Fotosíntesis (ilustración).....	16	Tasa de mortalidad.....	33
<b>Leyes de la Termodinámica</b> .....	16	Tasa de migración neta.....	33
1a. Ley de la termodinámica.....	16	Índice de fertilidad.....	33
2a.Ley de la termodinámica.....	16	Pirámide de población (ilustración).....	34
<b>Cadenas Tróficas</b> .....	17	<b>Resistencia Ambiental</b> .....	34
Herbívoros.....	17	Humedad relativa (ilustración).....	35
Carnívoros.....	17	<b>Interacciones</b> .....	36
Reductores.....	17	Cooperación.....	36
Nivel trófico.....	18	Mutualismo.....	36
Cadena alimenticia (ilustración).....	19	Comensalismo.....	36
<b>Energía y Ecología</b> .....	20	Amensalismo.....	36
<b>Ciclos Astronómicos</b> .....	22	Competencia.....	36
Eclíptica (ilustración).....	22	Depredación.....	36
<b>Circulación Atmosférica y Contaminación</b> .....	23	Parasitismo.....	36
<b>Ciclos Geológicos</b> .....	24	Territorio.....	37
Inversión térmica (ilustración).....	24	Estado de la población mundial (ilustración)....	38
Atmósfera (ilustración).....	24	<b>Poblaciones Humanas</b> .....	38
<b>Ciclo del Agua</b> .....	25	<b>Ecosistemas</b> .....	40
Ciclo del agua (ilustración).....	25	<b>Ecosistemas Humanos</b> .....	41
Precipitación pluvial.....	26	Ecosistemas naturales maduros.....	41
Consumo de agua.....	27	Ecosistemas naturales controlados.....	41
Contaminación del agua.....	28	Ecosistemas urbanos.....	41
<b>Ciclos Biogeoquímicos</b> .....	29	<b>Vocabulario</b> .....	43
Ciclos biogeoquímicos (ilustración).....	29	<b>Resumen</b> .....	44
Ciclo del nitrógeno.....	30	Créditos.....	48
Ciclo del nitrógeno (ilustración).....	30	Bibliografía.....	49
Ciclo del fósforo.....	30	Directorio.....	50
Ciclo del fósforo (ilustración).....	30		



# TÉRMINOS Y CONCEPTOS

---



## INTRODUCCIÓN

### Términos y Conceptos

La **ecología** es el estudio de las relaciones entre las especies y la totalidad del ambiente. La **ecología humana** se refiere al estudio de estas relaciones entre los seres humanos y su ambiente (que incluye factores tales como el clima y el suelo), y de los intercambios energéticos con otras especies vivas: plantas, animales y diferentes grupos de personas. La ecología humana trata de toda la especie humana y de sus relaciones extraordinariamente complejas con los demás componentes del mundo, orgánicos e inorgánicos.<sup>1</sup>

La **autoecología** se ocupa de las relaciones de un ser vivo aislado con su medio; la **demoecología**, o ecología de las poblaciones, se ocupa del conjunto de una determinada población animal o vegetal con relación a su medio físico y a otras poblaciones, incluida la humana; la **sinecología** se ocupa del conjunto de los seres vivos que pueblan un determinado lugar. El nacimiento de la ecología como ciencia se debe al zoólogo alemán **Ernst Haeckel**, que a finales del siglo XIX inició el estudio de las relaciones entre los seres vivos y su medio ambiente.<sup>2</sup>

La **ecología** es el estudio de una cierta categoría de fenómenos naturales utilizando métodos científicos a nivel de **ecosistema**; sistema compuesto por organismos de muchas especies que viven juntos y por los factores físico-químicos del ambiente que les rodea, implicados en un proceso incesante de interacción. El término **ecología** proviene del griego **oikos** ("casa") y parece que fue empleado a mediados del siglo XIX por naturalistas y filósofos para designar los estudios de animales o plantas en los que se tenía en cuenta su entorno. El biólogo alemán **Ernst Haeckel** fue quien lo definió en 1869. La ciencia ecológica se ocuparía de los organismos vivos tal como se encuentran en condiciones naturales en sus "hogares". En la actualidad, la **ecología** se define como la **biología de los ecosistemas**, estudiando las relaciones del clima, de los elementos y los compuestos químicos con los seres vivos, y de éstos entre sí, como procesos de intercambio de materia y energía o como sustituciones de unos individuos por otros.<sup>3</sup>



**Ecología** es la ciencia que estudia las interacciones de los organismos vivos y su ambiente. Los organismos vivos no existen en forma aislada. Los organismos actúan entre sí y sobre los componentes químicos y físicos del ambiente inanimado. Se denomina **ecosistema** a la unidad básica de interacción organismo-ambiente que resulta de las complejas relaciones existentes entre los elementos vivos e inanimados de un área dada. El concepto de **ecosistema** tiene importancia capital en la ciencia de la ecología. De hecho, la ecología se ha definido como el estudio de los ecosistemas. A menudo se le denomina **biología ambiental**. La ecología humana es el estudio de los ecosistemas desde el punto de vista de la forma en que afectan a los seres humanos y en la que resultan afectados por ellos. Resumiendo: **Ecología** es la ciencia que estudia las interacciones de los organismos vivos y su ambiente, o bien, la ciencia que estudia los ecosistemas, mientras que la **ecología humana** es el estudio de los ecosistemas en cuanto a la forma en que influyen en los seres humanos y reciben la influencia de éstos.<sup>4</sup>

La palabra **ecología** empezó a utilizarse en la segunda mitad del siglo pasado. Henry Thoreau lo empleó en sus escritos en 1858, pero no la definió. Haeckel la definió en 1869 como el estudio de las relaciones totales entre el animal y su ambiente orgánico e inorgánico. En 1927 Charles Elton lo define como **historia natural científica** en su libro **Ecología Animal**. En 1961 Andre Wartha la define como el **estudio científico de la distribución y abundancia de los organismos**. En 1963 Eugene Odum la define como el **estudio de la estructura y función de la naturaleza**. Nosotros modificaríamos la definición de Andrewartha de la siguiente manera: Ecología es el **estudio científico de las interacciones que determinan la distribución y abundancia de los organismos**, (1985). Las raíces de la ecología se originan en la historia natural, que es tan antigua como la humanidad. Las tribus primitivas que dependían de la

caza, la pesca, la recolección de alimentos, requerían de conocimientos detallados de como y cuando encontrar los diferentes tipos de alimentos. El establecimiento de la agricultura aumentó la necesidad de aprender la ecología práctica de las plantas y animales domésticos. Las plagas espectaculares de animales atrajeron la atención de los escritores en épocas remotas. La armonía ecológica era un principio básico que sirvió de guía a los griegos para la comprensión de la naturaleza. En los escritos de Herodoto y Platón estaba implícito el concepto de equilibrio y armonía ecológica. Aristóteles se ocupa de conceptos ligados a la distribución y abundancia de animales en su **Historia Animalium**. En su Historia Natural, (1756), Buffon maneja muchos de los problemas ecológicos contemporáneos y reconoció que las poblaciones del ser humano, de los demás animales y de las plantas están sujetas a los mismos procesos. Por ejemplo, Buffon pensaba que la gran fertilidad de cada especie se equilibraba a través de innumerables agentes de destrucción. Le siguieron los conceptos de Malthus en su famoso **Ensayo sobre Población** (1798). Darwin utilizó los conceptos de Malthus para fundamentar su **teoría sobre selección natural**. Los conceptos primitivos y de los griegos de ecología controlada por fuerzas sobrenaturales y sobre equilibrio de la naturaleza fueron reemplazados por las teorías de selección natural y lucha por la supervivencia. Muchos de los desarrollos en la ecología provienen de los campos aplicados de la agricultura, la pesca y la medicina.<sup>5</sup>

Los adelantos médicos con respecto a las enfermedades infecciosas dieron origen a la epidemiología. En 1908 y 1911 Robert Ross describe los procesos ecológicos con modelos matemáticos y su trabajo representa un esfuerzo pionero en el análisis de sistemas que nos permiten establecer predicciones ecológicas. El reconocimiento de comunidades de organismos vivos en la naturaleza se remonta a épocas lejanas, pero el reconocimiento específico de las interrelaciones de los organismos en una comunidad es relativamente reciente. En 1844 Edward Forbes reconoce el aspecto dinámico de las interrelaciones entre los organismos y su medio ambiente. Con el reconocimiento de los vastos problemas que enfrentan las poblaciones y las comunidades se inicia el movimiento de la **ecología** hacia una ciencia en el siglo XX. Sus raíces se encuentran en la historia natural, en la demografía humana, en la biometría o enfoque matemático en la biología, y en los problemas ligados de la agricultura y medicina. Antes de la década de los sesentas en nuestro siglo la ecología no era considerada como una ciencia importante. El incremento de la población humana y la asociada destrucción de los ambientes naturales por medio de los pesticidas y contaminantes ha despertado el interés por el mundo de la ecología. Desgraciadamente la palabra **ecología** llegó a identificarse con los problemas más amplios con respecto al medio ambiente, y "**ecología**" llegó a significar todo lo concerniente al medio ambiente. Sin embargo, la **ecología** sí puede contribuir mucho a estudiar y resolver los problemas que relacionan a los organismos vivos, particularmente los humanos, y el entorno físico. La ecología puede ser a las ciencias ambientales lo que la física es a la ingeniería. Al igual que los ingenieros tienen que tomar en cuenta las leyes de la física para producir aviones y construir puentes, también debiéramos regirnos por los principios de la ecología cuando intentemos modificar nuestro entorno físico. Los distintos niveles de integración en la biología en orden ascendente de comprensión científica es el siguiente: (1) **biosfera**, (2) **ecosistemas**, (3) **comunidades**, (4) **poblaciones**, (5) **organismos**, (6) **sistemas orgánicos**, (7) **órganos**, (8) **tejidos**, (9)

**células**, (10) **organizaciones sub-celulares**, (11) **moléculas**. La ecología versa fundamentalmente sobre los niveles de integración que se indican, en la lista anterior, con un asterisco inicial. Algunos ecologistas han indicado que el ecosistema, la comunidad biótica y su medio ambiente abiótico son la base de la ecología. Sin embargo, pensamos que se requieren ciertas consideraciones sobre los once niveles de integración indicados en la lista para lograr entender las interrelaciones que se estudian en la ecología.

En ecología se puede avanzar por tres frentes: el **matemático**, el de **laboratorio**, y el de **campo**. Estos tres enfoques se inter-relacionan, sin embargo surgen problemas cuando los resultados de un enfoque no se corroboran en otro enfoque. Por ejemplo, las predicciones de los modelos matemáticos a veces no se cumplen en las investigaciones de campo. Nos interesa fundamentalmente entender la distribución y abundancia de organismos en la **naturaleza**, es decir, en el **campo** de la realidad. Por esto, el campo real constituirá la base de los criterios de comparación, nuestra norma básica, y no el modelo matemático. Algunos autores dividen la ecología en **autoecología**, o el estudio del organismo individual en relación a su medio ambiente, y la **sinecología**, o el estudio de grupos de organismos en relación al entorno físico. La sinecología puede ser nuevamente sub-dividida en ecología de poblaciones, de comunidades y de ecosistemas. Estas subdivisiones tienen la mala característica de sugerir que los factores ambientales relevantes a individuos de alguna manera son distintos a aquellos factores ambientales relevantes a los grupos de organismos. Mucho de lo que se considera autoecología es realmente fisiología ambiental y puede o no ser necesario para responder a cuestiones específicas sobre distribución y abundancia. La ecología vegetal se ha desarrollado por separado de la ecología animal. Históricamente la ecología de las plantas se inició antes y más de prisa que la ecología de los animales.

Dado que los animales dependen mucho de las plantas, muchos de los conceptos de la ecología animal se inspiran en aquellos de la ecología vegetal. De igual manera, dado que las plantas representan el origen de la energía animal, para entender la **ecología animal** debemos conocer mucho sobre **ecología vegetal**. Sin embargo, existen diferencias importantes que separan la ecología vegetal de la animal. En primer lugar, los animales tienden a ser altamente móviles, mientras que las plantas son estacionarias, por lo que se requiere una serie de nuevas técnicas e ideas para determinar, por ejemplo, la densidad poblacional. En segundo lugar, los animales desempeñan una mayor variedad de funciones en la naturaleza - algunos son herbívoros, otros carnívoros, y aun otros, parásitos. Esta distinción no es completa, puesto que existen plantas carnívoras y plantas parásitas, pero, en promedio, las posibles interacciones son más numerosas para los animales que para las plantas. A partir de la década de los sesenta, la ecología se ha transformado de haber sido una ciencia mayormente estática y descriptiva para convertirse en una dinámica y experimental en que las predicciones teóricas se han ligado con los experimentos de campo. La ecología moderna está avanzando particularmente en dos grandes áreas: en primera instancia, las comunidades y ecosistemas se estudian con técnicas experimentales y se les analiza como sistemas de especies interactuantes que procesan nutrientes y energía. Y en segunda instancia, se está combinando el pensamiento evolucionario moderno con estudios ecológicos para proporcionar una explicación sobre cómo la evolución por selección natural ha determinado los patrones ecológicos que se observan hoy en día.

**Charles Darwin** era un **ecologista** antes de que existiera el término, y es el patrón más apropiado para la **ciencia de la ecología** debido a que se dio cuenta de la intrincada conexión que existe entre la ecología y la evolución. La **evolución** implica cambio, y la evolución biológica puede considerarse como los cambios que sufre un atributo de una población en un determinado tiempo. Cambios

evolutivos involucran características adaptativas y deben involucrar un cambio en la frecuencia de genes individuales en una población de generación en generación. ¿A que se deben los cambios evolutivos o evolucionarios? Según Darwin y Alfred Wallace (en 1858), la **selección natural** es el mecanismo que mueve la evolución. La selección natural opera a través de los siguientes pasos: **(1)** La variación ocurre en cada grupo de plantas y animales. No se dan individuos idénticos en las poblaciones; **(2)** Toda población de organismos produce un excedente de descendientes, (la gran capacidad reproductiva de plantas y animales era bien conocida desde mucho antes de Darwin); **(3)** se dará la competencia entre los descendientes para hacerse de los recursos necesarios para sobrevivir. En promedio, cada organismo padre será reemplazado por un descendiente, por lo que se asegura una lucha por la supervivencia; **(4)** Los descendientes más aptos sobrevivirán. Entre todos los descendientes compitiendo por los recursos limitados, sólo aquellos individuos mejor dotados para obtener y utilizar estos recursos sobrevivirán, (a esto se le denomina **supervivencia del más apto** o mejor dotado); **(5)** si las características de los mejor dotados se heredan, estos **rasgos favorecidos** se transmitirán a la siguiente generación.

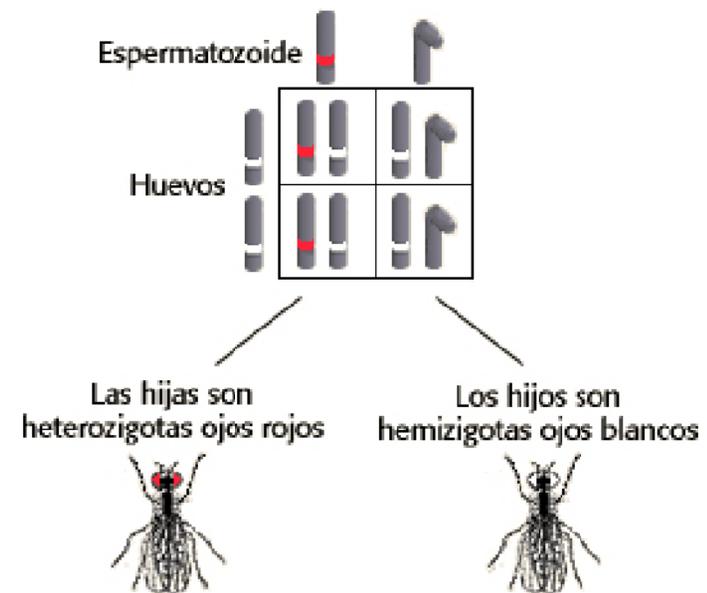
El proceso de selección natural es el resultado final de los procesos de la ecología en acción. Los ambientes que los organismos habitan determinan la evolución que se dará. La distribución y abundancia actual de plantas y animales se fija por los procesos del pasado que inciden en el medio ambiente del presente. La evolución a través de la selección natural da como resultado la **adaptación** y bajo condiciones apropiadas produce nuevas especies. Ambos procesos tienen implicaciones ecológicas. La selección natural actúa en **fenotipos**, es decir los atributos observables de los individuos y actúa sobre organismos completos como unidades. Cambios en las frecuencias en genes ocurren sólo cuando existe una correlación entre **genotipo**, (el conjunto de genes que posee un individuo) y el **fenotipo**.

Distintos genotipos dan lugar a diferentes fenotipos, pero no de manera sencilla puesto que el desarrollo embriológico se ve afectado de muchas maneras por factores ambientales tales como la temperatura. Por eso, es más fácil observar el efecto de la selección natural directamente sobre el fenotipo e ignorar el genotipo que lo subyace.

Tres tipos de selección pueden operar sobre características fenotípicas. La **selección direccional** es la más sencilla, en que se selecciona contra los fenotipos en un extremo de una distribución normal. La selección direccional produce cambios genotípicos con mayor rapidez que de cualquier otra forma, y este tipo de selección es probablemente la responsable del mayor número de cambios fenotípicos que ocurren durante la evolución. La **selección estabilizante** es muy común en poblaciones existentes. En selección estabilizante los fenotipos cerca de la media en la curva normal de distribución son más aptos que aquellos en los extremos y así la media poblacional no cambia. La **selección desorganizadora** o quebrantadora es un tercer tipo de selección en que los extremos se ven favorecidos sobre la media, pero, puesto que las formas extremas se combinarán unas con otras, cada generación producirá muchas formas intermedias destinadas a ser eliminadas.

En cualquier ambiente que favorezca los extremos de esta manera, cualquier mecanismo que evite los extremos opuestos de combinarse y procrear será ventajoso. El resultado final de toda esta selección es que los organismos se adaptan, y la enorme cantidad de formas biológicas es un ensayo gráfico sobre el poder de adaptación a través de la selección natural. Pero es importante notar que la adaptación no produce los "mejores" fenotipos o genotipos "óptimos". La selección natural sólo puede operar sobre fenotipos **disponibles**, de tal suerte que la selección y adaptación resultante son relativas. Sobreviven los "mejores" relativos no "absolutos" u "óptimos", y el mundo biológico nunca puede describirse como el "mejor de todos los mundos posibles." La adaptación se ve limitada en poblaciones

reales por tres fuerzas principales. En primer término, las fuerzas genéticas impiden la adaptación perfecta debido a las mutaciones y flujo genético. La inmigración de individuos hacia un área en que los ambientes locales difieren añadirá nuevos genes a la fuente existente. La mutación se da continuamente, y la mayor parte de las mutaciones son en detrimento a los organismos en vez de favorecer su adaptación. En segundo término, los ambientes o entornos físicos cambian constantemente, y éste constituye el principal impedimento a la adaptación. Los climas cambian, surgen las montañas, se produce la glaciación, todos a largo plazo en la escala de la evolución. Los objetivos de adaptación se modifican. En tercer lugar, la adaptación siempre constituye un compromiso dado que los organismos tienen a su disposición sólo una cantidad limitada de tiempo y energía. <sup>5</sup>



Los ecólogos tratan de organizar el conocimiento humano acerca de las interacciones que se presentan en la naturaleza. Construyen modelos de estas interacciones, de manera que puedan predecir qué sucederá en el futuro. Los seres vivientes interactúan con sus ambientes en diversas formas complejas. La ecología es una ciencia relativamente nueva pero ya se han desarrollado **modelos** conceptuales útiles. Los modelos simplifican la realidad determinando las variables clave. Esto permite hacer predicciones sobre el futuro, lo cual constituye la meta de la ciencia. Cuando los **componentes bióticos** (los organismos vivos) y los **componentes abióticos** (las cosas inanimadas) actúan entre sí, en forma regular y consistente, se consideran **sistemas**. Los ecólogos tratan los **sistemas poblacionales, comunidades y ecosistemas**.

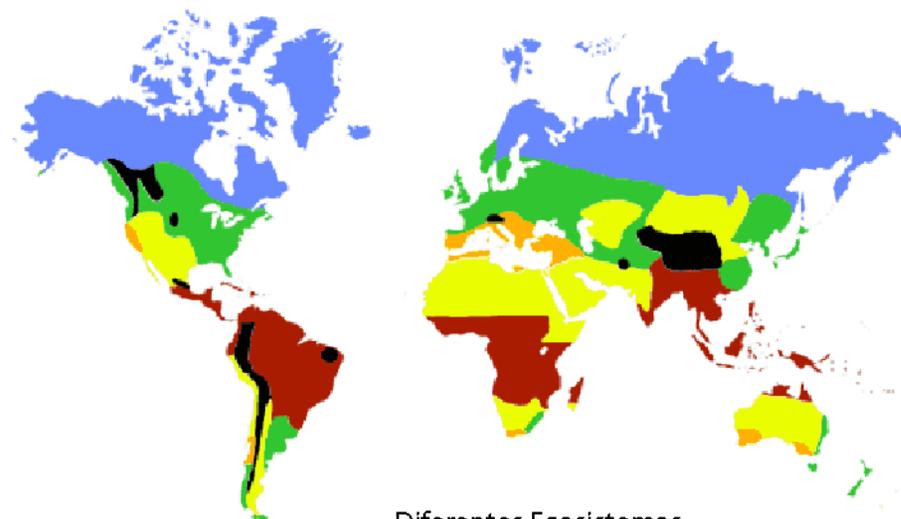
Espectro de los niveles de organización en los sistemas biológicos según Eugene Odum, 1971.

Componentes Bióticos	Genes	Células	Organos	Organismos	Poblaciones	Comunidades
Interactuando con	↕	↕	↕	↕	↕	↕
Componentes Abióticos	Materia	~ ~ ~	~ ~ ~	~ ~ ~	~ ~ ~	Energía
Producen	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Sistemas Biológicos	Sistemas Genéricos	Sistemas Celulares	Sistemas Orgánicos	Sistemas Organísmicos	Sistemas de Población	Ecosistemas

Cada nivel de organización (de izquierda a derecha) incluye un componente biótico que interactúa con un componente abiótico, a través de un intercambio de materia y energía. Cada uno de los niveles que interactúan produce un sistema biológico funcional. Cada uno de los componentes bióticos representa un nivel de organización con sus complejidades propias y sus "leyes" propias. Los problemas de la estructura y función celular son tan complejas como los problemas de las comunidades. Los ecólogos tratan principal-

mente el lado derecho del espectro de organización, especialmente las poblaciones, las comunidades y los ecosistemas. Definiremos estos tres términos:

- 1. Población:** se refiere al grupo de organismos del mismo tipo (especie), que viven en un área específica.
- 2. Comunidad:** se refiere a toda población de organismos que existen e interactúan en un área determinada. La comunidad incluye a todos los componentes vivos (bióticos) de un área.
- 3. Ecosistema:** se refiere a la comunidad en relación con el ambiente inanimado que actúa como un conjunto. Al componente biótico se ha añadido el componente abiótico del ambiente externo.<sup>6</sup>



Diferentes Ecosistemas

# INTRODUCCIÓN A LA ECOLOGÍA

---



### Se puede estudiar la ecología desde varios puntos de vista:

**1. Punto de vista energético:** Cuando se organiza la información referente a las interrelaciones de los factores **bióticos y abióticos** con base en el flujo energético, se considera a los ecosistemas desde el punto de vista de la energía. La energía es la capacidad para producir trabajo. La energía es el origen de toda actividad. La energía transforma la materia, y la vida misma existe sólo porque obtiene y pierde energía. La energía atraviesa los ecosistemas y durante este proceso produce cierto orden. Cuanto mayor sea la complejidad organizativa de un organismo, población o ecosistema, mayor será la cantidad de energía necesaria para mantener al sistema.

**2. Punto de vista cíclico:** Este es el punto de vista que considera una clase de fenómenos como una secuencia de eventos regularmente recurrentes. La mayoría de los ciclos, pero no todos, incluye componentes bióticos y componentes abióticos. Estos ciclos se denominan ciclos **biogeoquímicos**. Los ciclos biogeoquímicos incluyen el ciclo del oxígeno, del carbono, del nitrógeno, del fósforo y los ciclos de diversos minerales.

**3. Punto de vista poblacional:** La población, uno de los agrupamientos fundamentales en ecología, se compone de todos los miembros de un mismo tipo de organismo o especie y vive en un área determinada, teniendo sus propias características aparte de las de los organismos individuales. Un organismo individual puede nacer y morir, pero sólo las poblaciones poseen índices de natalidad y mortalidad. Una población se expande a través del tiempo, tiene su propia natalidad, sus tiempos de expansión y de contracción, y puede quizás morir o extinguirse.

**4. Punto de vista de comunidades o ecosistemas:** Cuando se estudian las interacciones de todas las poblaciones, y por ende de todos los organismos, en un área dada, se está observando el nivel de orga-

nización de la comunidad. Las comunidades tienen propiedades separadas de cualquiera de sus poblaciones. Mediante un proceso que se denomina *sucesión*, las comunidades evolucionan desde interacciones simples hasta otras más complejas o *maduras*. En las comunidades maduras se mantiene un equilibrio general en el flujo energético y en la productividad. Una comunidad y sus interacciones abióticas constituyen un **ecosistema**.

Un sistema es un conjunto de partes o de eventos que pueden considerarse como algo simple y completo debido a la interacción de dichas partes o eventos. La teoría de sistemas es una forma de pensamiento acerca del mundo, un enfoque a la solución del problema y al desarrollo del modelo, que incluye la consideración de una serie compleja de eventos o de elementos como un todo sencillo. Un área ecológica puede comprender diversas especies de plantas y de animales, en interacción recíproca y con los factores abióticos como los climáticos y geográficos. Se puede pensar acerca de todos estos organismos, factores abióticos e interacciones como una sola entidad: un **ecosistema**. Se pueden considerar dos tipos básicos de sistemas: **(1) sistemas abiertos** - que dependen del ambiente externo para entradas y salidas, y **(2) sistemas cibernéticos** - que utilizan alguna clase de mecanismo de retroalimentación para su autorregulación.

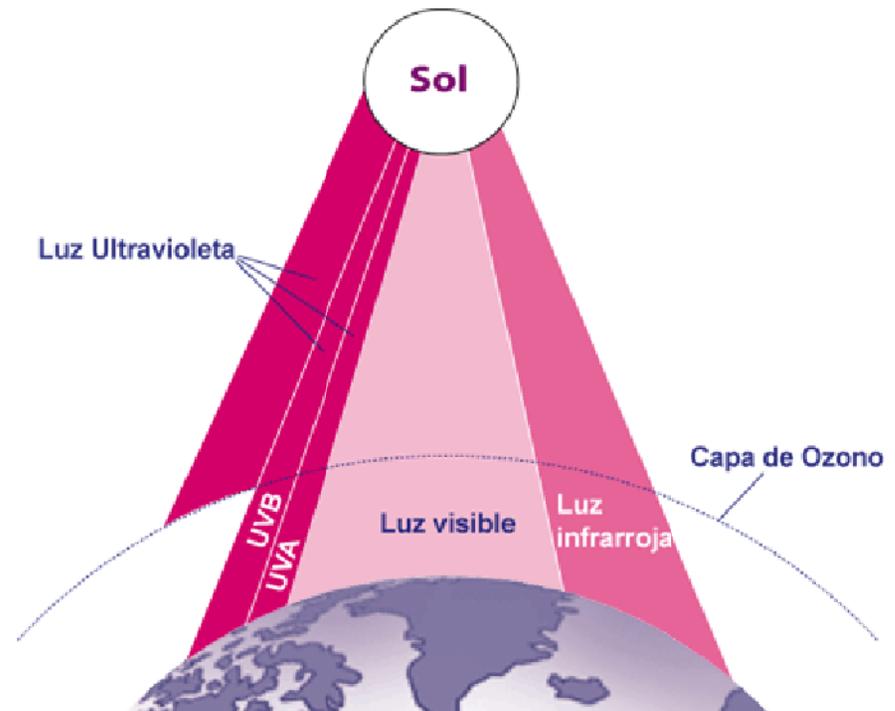


A los sistemas o modelos que se describen términos verbales o gráficos se les denomina **sistemas informales**. Los modelos de sistemas que se describen matemáticamente se conocen como **modelos formales**.

Desde el punto de vista **energético**, la tierra es un sistema abierto. Para que la vida pueda existir, la tierra debe recibir constantemente la energía que proviene del sol y producir salidas de energía calorífica que pasan al espacio exterior. La energía solar mantiene todos los procesos vitales del ecosistema tierra. La vida en nuestro planeta es posible porque se reciben constantemente radiaciones de energía solar (radiaciones solares). Al mismo tiempo, grandes cantidades de energía calorífica salen de la tierra y pasan al vasto "resumidero" de calor. El **ecosistema terrestre** se mantiene estable debido a las entradas continuas de radiaciones solares y al flujo constante de calor al exterior. La temperatura relativamente constante de la superficie terrestre es el resultado del continuo equilibrio energético "entrada-salida" del ecosistema tierra.

La **energía solar se irradia a la tierra**, pero la atmósfera evita que parte de la radiación solar llegue hasta ella. Sólo alrededor del 50% de la luz del sol que llega a la parte superior de la atmósfera de la tierra continúa hasta su superficie. El calor procedente de la tierra se está desprendiendo constantemente hacia el espacio exterior. La mayor parte de la energía solar se irradia en forma de ondas electromagnéticas cuyas longitudes varían desde 0.2 hasta 0.4 micrones. Este espectro abarca desde la zona **ultravioleta** hasta la **infrarroja**. Aproximadamente la mitad de la energía solar se irradia en longitudes de onda correspondientes al espectro visible y pueden ser captadas por el ojo humano (0.39 a 0.76 micrones o  $\mu$ ). La mayoría de estas longitudes de onda "corta" pasa directamente a través de la parte superior de la atmósfera porque las nubes, el polvo y otros componentes de ésta son "transparentes" a este tipo de longitud de onda. Sin embargo, existe una excepción. Una **capa de ozono** en la

parte superior de la atmósfera absorbe activamente las **radiaciones ultravioleta**. Estas radiaciones constituidas por longitudes de onda muy cortas poseen un elevado contenido energético que es capaz de romper los enlaces de las grandes moléculas orgánicas de que están formados los organismos. La atmósfera primitiva de la tierra era probablemente transparente a las radiaciones ultravioleta, las cuales, de llegar a la superficie, exterminarían todas las formas de vida. La radiación solar que atraviesa la atmósfera y que se absorbe en la superficie terrestre se utiliza en diversos procesos. Conduce los **ciclos atmosféricos** principales: funde el hielo, evapora el agua y genera vientos, ondas y corrientes; suministra la energía para todos los organismos que habitan el planeta. La mayor parte de la energía que llega a la tierra se refleja en su superficie. La tierra generalmente refleja radiaciones de longitud de onda muy grandes (unos  $12\mu$ ).

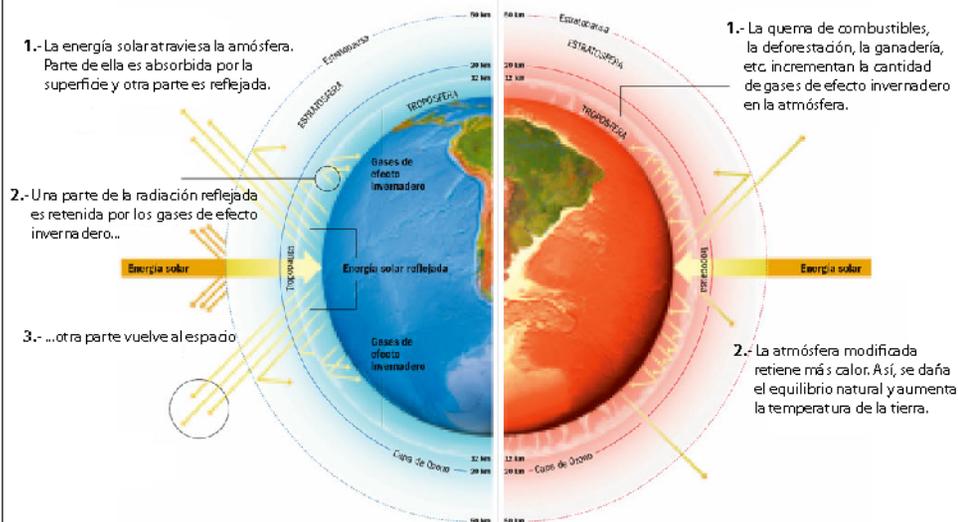


Esto significa que la mayor parte de la energía llega al globo terráqueo como luz solar visible que se irradia hacia el espacio en forma de calor. Esto es significativa porque la atmósfera no es transparente a las radiaciones caldaicas por lo que retiene temporalmente una gran porción de la energía irradiada desde la superficie de la tierra. El mismo bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y el vapor de agua de la atmósfera que permitieron la entrada de las radiaciones de longitud de onda corta, absorben ahora las radiaciones infrarrojas (de longitud de onda mayor). Con ello evitan, en forma semejante al techo de vidrio de un invernadero, que temporalmente el calor abandone al planeta, lo cual da al fenómeno su nombre: **efecto de invernadero**. Como puede verse, la vida depende igualmente de la claridad como de la opacidad de la atmósfera: requiere una capa atmosférica que reciba la luz visible y absorba la ultravioleta.

### EL EFECTO INVERNADERO EL CALENTAMIENTO GLOBAL

Es el calentamiento natural de la Tierra. Los gases de efecto invernadero, presentes en la atmósfera, retienen parte del calor del Sol y mantienen una temperatura apta para la vida.

Es el incremento a largo plazo en la temperatura promedio de la atmósfera. Se debe a la emisión de gases de efecto invernadero que se desprenden por actividades del hombre.

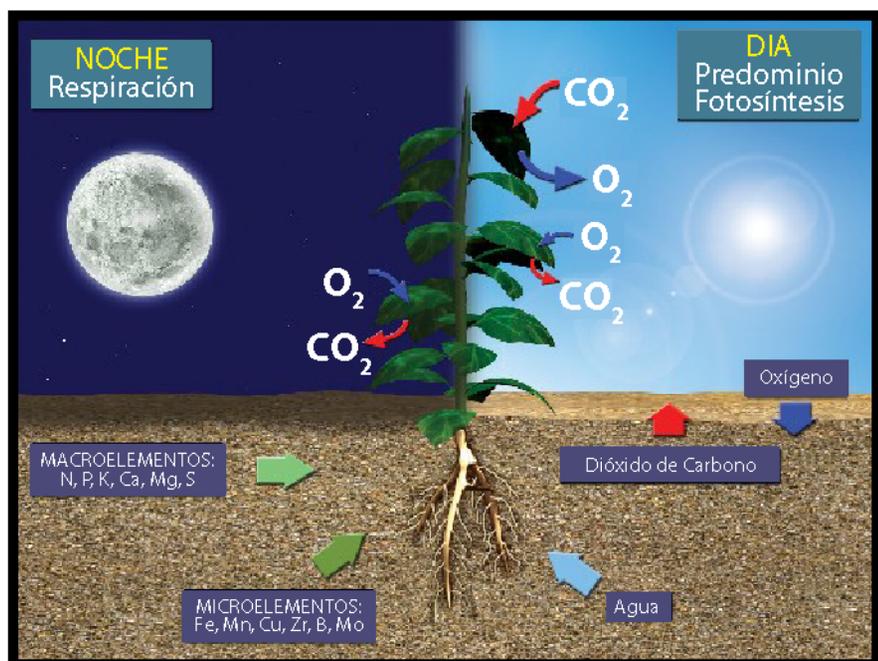


Necesita, de igual manera, una atmósfera algo opaca al calor, de manera que la energía que se refleja desde la superficie terrestre pueda retenerse y distribuirse por cierto tiempo, antes de perderse en el espacio. Últimamente se ha especulado acerca de que las actividades humanas pueden afectar el equilibrio total de calor de la tierra. Al quemarse los combustibles fósiles el contenido de  $\text{CO}_2$  de la atmósfera aumenta en un 12% desde 1890. Puede esperarse que un aumento del  $\text{CO}_2$  atmosférico incremente el efecto de invernadero y con ello la temperatura superficial del planeta.

En las plantas, la luz solar se transforma por medio de la **fotosíntesis** en moléculas químicas complejas. Luego, cuando necesitan energía las plantas y los animales, quienes se comen a las plantas o a otros animales para obtener moléculas complejas ricas en energía, degradan dichas moléculas y liberan energía almacenada en ellas. Aproximadamente la mitad de la luz solar que llega a la superficie terrestre está constituida por longitudes de onda que pueden utilizarse en el proceso fotosintético. La luz solar que reciben los vegetales se transforma de energía radiante a energía química, en presencia de una sustancia compleja denominada **clorofila**. A este proceso se le puede considerar como uno de **fijación de la energía solar**. Sin la fotosíntesis que proporciona a los organismos vivientes la energía necesaria para elaborar las moléculas complejas, la vida no podría existir.

Los sistemas biológicos almacenan en grandes moléculas alimenticias la energía que obtienen de la luz solar. Los enlaces químicos, cuya fuerza mantiene unidas dichas moléculas complejas, representan la energía química almacenada, la cual puede liberarse cuando el organismo la necesita. Todos los sistemas biológicos pueden romper los enlaces moleculares en el proceso que denominamos respiración y liberar la energía contenida en ellos y que permite realizar el proceso vital.

Pero sólo las plantas fotosintéticas poseen la capacidad de elaborar las moléculas alimenticias iniciales, y por esta razón se denominan **autótrofos**, es decir, autoalimentadores. Los organismos vivos restantes dependen de los autótrofos para obtener las moléculas alimenticias, en la forma de tejido de los autótrofos que necesitan para vivir. **La fotosíntesis**, el proceso mediante el cual las plantas absorben la luz y la utilizan para producir compuestos químicos, es muy importante porque constituye la única forma para los seres vivientes de fijar significativamente la energía solar. Por medio de la fotosíntesis las plantas almacenan la energía solar en moléculas químicas de elevada energía. Los **heterótrofos** u organismos que se alimentan de otros organismos consumen las plantas verdes. No pueden fijar la energía solar y para ello deben obtener los compuestos ricos en energía de los tejidos vegetales. Tanto las plantas como los animales liberan la energía que se halla en dichas sustancias mediante el proceso que conocemos como **respiración**.



## LEYES DE LA TERMODINÁMICA

Todos los procesos energéticos se controlan por dos leyes generales - **Las leyes de la termodinámica** - . La **primera ley de la termodinámica** establece que la energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma. La energía es la capacidad para producir trabajo y puede adoptar diversas formas tales como la energía nuclear, la energía radiante (luz visible, luz ultravioleta, rayos X, etc.) energía química, energía calorífica o la energía asociada a la masa misma ( $E = mc^2$ ). La primera ley de la termodinámica o de la **conservación de la energía** establece que la cantidad total de energía en todas sus formas permanece constante. Aún cuando la energía puede cambiar de una forma a otra, la **suma** de todas las formas debe permanecer constante.

La **segunda ley de la termodinámica** establece que siempre que la energía se transforma tiende a pasar de una forma más organizada y concentrada a otra menos organizada y menos dispersa. La cantidad que mide el grado de desorganización energética se conoce como **entropía** y la segunda ley de la termodinámica se puede enunciar de la siguiente manera: la entropía de un sistema nunca puede disminuir o - aumenta o permanece constante - . La consecuencia de la segunda ley es que, cuando la energía se procesa a través de un ecosistema, es cada vez menor la cantidad utilizable en forma organizada y concentrada, es decir, aumenta la entropía, o el desorden.

Tanto los organismos biológicos como las máquinas construidas por el hombre pueden organizar sustancias difusas procedentes del ambiente transformando el desorden en orden, aparentemente negando la tendencia hacia el desorden que se deduce de la segunda ley de la termodinámica. Sin embargo, una contabilidad completa en el sistema íntegro, o sea, en el proceso y su medio circundante muestra que la entropía, el desorden y el calor liberado, aumentan invariablemente.

## CADENAS TRÓFICAS

Toda actividad humana requiere energía que al emplearse, libera calor como consecuencia de la segunda ley de la termodinámica y la liberación excesiva de calor al medio ambiente debido al excesivo consumo de energía por parte de los seres humanos tiene graves consecuencias para el entorno físico y para el propio ser humano y demás seres vivos.

La energía se mueve en la biosfera en forma de moléculas de elevada energía que originalmente son elaboradas y almacenadas por los **productores**. Estos sirven de alimento a una serie de **consumidores**. Tanto los productores como los consumidores obtienen energía a partir de las mencionadas moléculas ricas en energía. Finalmente, cualquier energía que hayan fijado los productores o acumulado los consumidores y que ninguno de los dos emplee, es liberada por los **reductores**. Estas relaciones alimenticias pueden esquematizarse ya sea en **cadena alimenticias** o bien en **redes alimenticias**. La energía fluye a través de la biosfera de un organismo a otro y una cadena alimenticia es una serie de relaciones de alimentación entre organismos que indica quién come a quién.

La energía se transforma primero mediante la fotosíntesis y después se transfiere de un organismo a otro, produciéndose rearrreglos de los compuestos químicos en cada etapa. También en cada una de estas etapas la energía se transforma parcialmente en calor y sale del sistema. Un productor (vegetal) utiliza la luz solar y por medio de la fotosíntesis produce moléculas ricas en energía. La mayoría de las moléculas producidas sencillamente hace que aumente el tejido vegetal. Algunas de estas moléculas se degradan poco después de su elaboración, para constituirse en el combustible de los procesos vitales diarios de la planta así como para la elaboración de tejido adicional. En el curso de su vida, los vegetales emplean la mayor parte de la energía que fijan para conservarse vivos, o bien, para

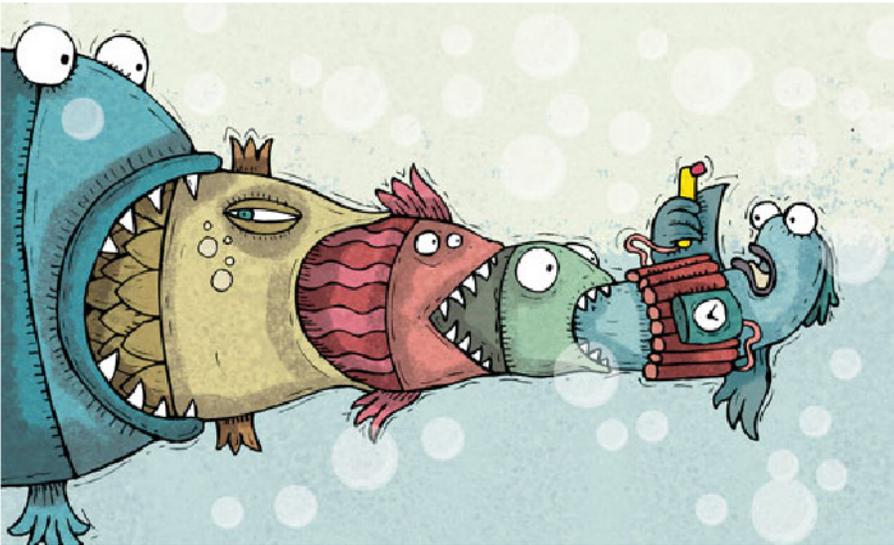
reproducirse. Cuando mueren, el tejido "muerto" aun contiene energía que pueden aprovechar los organismos denominados reductores. A veces, el hombre utiliza la energía restante de estos tejidos muertos, como cuando quema madera como combustible.

Los **herbívoros** son organismos que consumen el tejido vegetal. De esta manera obtienen las moléculas ricas en energía que posteriormente pueden degradar para liberar la que necesitan para vivir. Los herbívoros son heterótrofos u organismos que se alimentan de otros. Al igual que los vegetales, los herbívoros consumen la mayor parte de la energía que obtienen en vivir, crecer y reproducirse.

Los **carnívoros** son organismos que se alimentan de los herbívoros. Al igual que los herbívoros, los carnívoros no pueden obtener energía directamente de la luz solar. Pero en lugar de ingerir el tejido vegetal para adquirir las moléculas orgánicas ricas en energía, consumen herbívoros. De la misma manera que los herbívoros, los carnívoros gastan su energía tanto en la conservación de la vida o respiración como en la elaboración de tejidos o crecimiento y reproducción. Los carnívoros también pueden comer otros carnívoros. El último carnívoro en una cadena alimenticia determinada se llama **carnívoro final**. El hombre a menudo es el carnívoro final.

Los **reductores** viven de las moléculas ricas en energía que obtienen de los tejidos de los organismos muertos. Gran parte de los alimentos que ingieren los utilizan en la respiración, pero también se multiplican, con lo cual crean nuevos tejidos.





Se ha considerado una cadena alimenticia general donde la energía pasa de un productor a un consumidor primario o herbívoro, luego a un consumidor secundario o carnívoro y, finalmente a los reductores. No existen verdaderas cadenas alimenticias "generales" en la naturaleza. Se ha mencionado que los reductores toman sus alimentos de los productores, de los herbívoros y aun de otros reductores así como de los carnívoros. Las variaciones comunes del modelo básico de cadena alimenticia incluyen cadenas alimenticias **parasíticas** y cadenas alimenticias **detritófagas**. Las parasíticas son aquellas en las que el productor o el consumidor están parasitados y por lo tanto el alimento pasa a un organismos mas pequeño y no a uno mayor; las detritófagas son aquéllas a las que el herbívoro subsiste por la ingestión de material orgánico muerto o detritus.

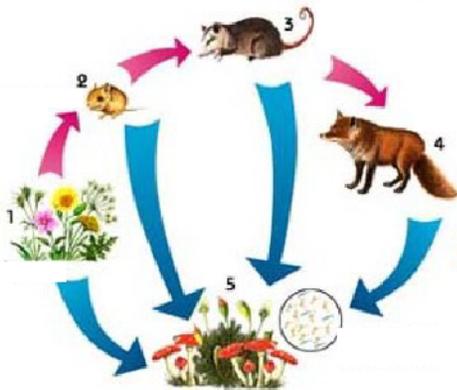
Los límites de un ecosistema de detritus pueden expandirse de manera que incluya a los productores, ya que los consumidores están incapacitados para subsistir sin ellos. Sin embargo, los límites de un ecosistema se establecen de acuerdo con los propósitos de una

investigación particular. De esta manera, a pesar de que el modelo básico siempre es útil si se investiga lo suficiente, en muchos estudios conviene considerar fragmentos abreviados o especializados de las cadenas alimenticias y se puede observar como se simplifican las cadenas alimenticias al expandirse en redes alimenticias. Sin embargo, las leyes de la termodinámica imponen su control y limitación invariable, no importa qué tanto se desvíe una cadena de alimentos de su patrón básico.

El **nivel trófico** de un organismo se refiere al número de etapas que separan a dicho organismo de la producción primaria. La producción primaria constituye el primer nivel trófico a forma de observar las redes alimenticias consiste en analizar a los distintos organismos de acuerdo con el nivel trófico que ocupan. Es probable que más de un herbívoro pueda alimentarse con una especie vegetal determinada. Asimismo, estos consumidores primarios son presa frecuentemente de más de un carnívoro y es factible que se alimenten de diferentes tipos de plantas. De esta manera las cadenas alimenticias generalizadas se entrelazan y se constituyen en red alimenticia. Si dos organismos se encuentran separados de los productores el mismo número de etapas, se dice que ocupan el mismo nivel trófico. Cuando se analizan las redes alimenticias puede observarse que muchos organismos diferentes aún de aquellos que no sirven de alimento a las mismas especies, aparecen en un mismo nivel trófico.

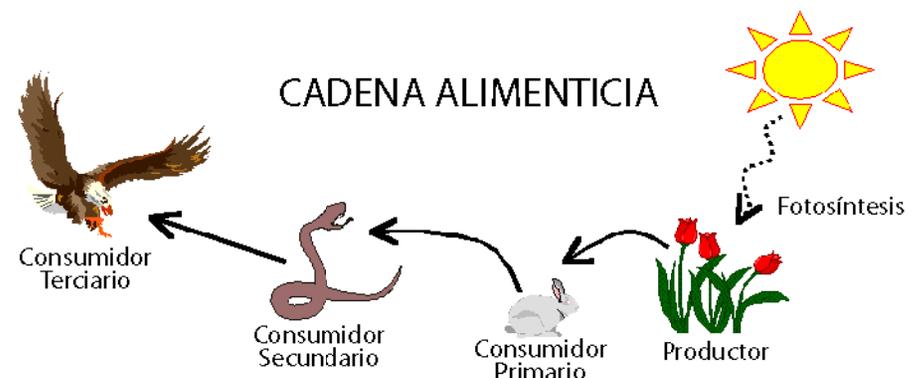
A medida que la energía se moviliza dentro de una red alimenticia, la mayor parte de ella se pierde en la respiración. La **ley del diez por ciento** establece que solamente alrededor del 10% de la energía procedente de un nivel puede ser obtenida por los organismos del nivel trófico inmediato superior.

Una de las consecuencias principales de la segunda ley de la termodinámica consiste en que cada transferencia energética origina una pérdida considerable de energía. Debido a que dicha pérdida es excesiva y debido también a que la primera ley establece que no puede formarse nueva energía, cuanto mayor sea el nivel trófico de un organismo, menor cantidad de energía tendrá disponible. Las transferencias biológicas permiten observar fácilmente estas afirmaciones. Una planta debe gastar energía durante la fotosíntesis. La emplea para tomar el agua y los nutrientes del suelo y el bióxido de carbono del aire. Constantemente está creciendo y reproduciéndose. Los animales gastan una gran cantidad de energía para encontrar las plantas o los animales que intentan usar como alimentos y más energía en la operación de comerlos sin mencionar su constante respiración celular. De esta manera no resulta sorprendente saber que del 80 al 90% de la energía que reciben los organismos de un nivel trófico se emplea antes de ser transferida al siguiente nivel. En otras palabras, la energía total contenida en un nivel trófico de un ecosistema alcanza una magnitud igual a solamente un décimo de la correspondiente al nivel precedente. Esto se conoce con el nombre de **regla del diezmo ecológico o ley del diez por ciento**. La ley del diez por ciento determina un límite superior práctico del número de niveles tróficos que deben poseer las redes alimenticias.



Este límite se alcanza cuando los organismos no pueden obtener suficiente energía para mantenerse vivos y reproducirse. La mayoría de las redes alimenticias presentan sólo de cuatro a cinco niveles tróficos. Los problemas técnicos que plantea la determinación del flujo energético en un ecosistema son bastante complejos. Sin embargo se puede llegar a las siguientes conclusiones:

1. Solo una pequeña parte de la luz solar que llega a los productores se transforma realmente en materia orgánica, o sea, sustancias ricas en energía.
2. De la energía que el productor obtiene se emplea una gran parte en la respiración y se elimina del sistema.
3. La cantidad total de energía en cada nivel trófico es mucho menor que la del nivel precedente (80 - 90% menos).
4. Los reductores derivan su energía del tejido muerto de los organismos que ocupan todas las etapas precedentes, o sea, todos los niveles tróficos excepto el primero. A veces, esto se considera como una cadena alimenticia detritofaga separada.



Los primeros niveles de una cadena alimenticia deben producir lo suficiente para mantenerse a sí mismos, y para nutrir al siguiente nivel. Cada uno de los niveles sucesivos, desde el vegetal al carnívoro, pasando por el herbívoro, representa, progresivamente, una menor cantidad de energía que la original del sistema. Además, generalmente se presenta una menor cantidad de material vivo, o **biomasa**, a lo largo de la cadena alimenticia.

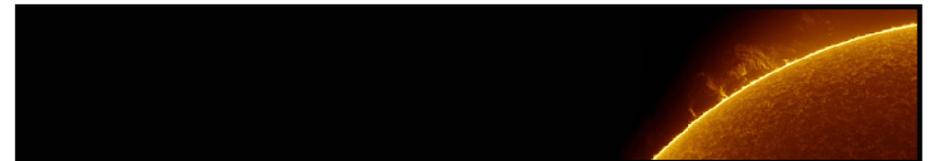
## ENERGÍA Y ECOLOGÍA

La energía que recibe como alimento un organismo se emplea únicamente en forma parcial para la elaboración de nuevos tejidos; cerca del 50% se utiliza en la respiración. Cualquier sustancia que no intervenga en la respiración, ni sea fácilmente excretada, tiende a concentrarse en el tejido del organismo. A este fenómeno se le denomina **concentración de la cadena alimenticia**, o bien, **magnificación biológica**, y origina las elevadas concentraciones de plaguicidas persistentes y de materiales radiactivos que se han encontrado actualmente en diversos organismos superiores. Estas concentraciones pueden ser miles de veces mayores que las correspondientes al ambiente circundante.

A las concentraciones biológicas que se presentan como resultado de la absorción selectiva de una sustancia por varios tejidos de un organismo se le denomina **concentración idiosincrática**. Por ejemplo, la glándula tiroides de los vertebrados separa selectivamente el yodo del torrente sanguíneo y ciertas sustancias radiactivas pueden concentrarse en los huesos.

El ser humano al igual que todos los organismos vivos debe obtener la energía que proviene originalmente del sol para mantener sus procesos vitales. Como los humanos no son productores, dependen de los vegetales que son capaces de transformar la luz solar en formas de energía utilizables para ellos. La energía que consume el

hombre puede dividirse en dos tipos: **energía interna**, que emplea para los procesos corporales y, que utiliza en actividades tales como el funcionamiento de sus instrumentos y el mantenimiento de su cultura. Un ser humano realiza sus procesos vitales degradando las moléculas ricas en energía durante el proceso de la respiración. Para poder liberar esa energía el hombre debe primero consumir alimentos ricos en ella. Por esto el ser humano depende de los vegetales que obtienen la energía solar a través de la fotosíntesis. Toda la energía que utiliza para mantener sus procesos corporales se denomina **energía interna**. Cuando el ser humano empezó a evolucionar, su consumo era de sólo energía interna. Pero en las primeras etapas de su desarrollo encontró que podía suplementar su producción de energía interna cubriendo su cuerpo y empleando el fuego. Desde el punto de vista energético estos descubrimientos no se dieron por separado. El fuego dependió de la combustión de la madera, liberándose de esta manera la energía almacenada en un tejido vegetal. El empleo de pieles para vestirse constituyó otra forma de "consumo" de la energía capturada por otro organismo. El hombre también se dio cuenta que podía utilizar a otros animales para que trabajasen para él, teniendo que alimentarlos al igual que a sí mismo. A partir del consumo de pieles y leña, el ser humano desarrolló formas más complejas de liberar la energía solar para suplementar su consumo de energía interna. Descubrió que podía utilizar los materiales vegetales del pasado que todavía tenían moléculas ricas en energía para liberarlas por medio de la combustión. Esos materiales denominados **combustibles fósiles** incluyen el gas, el carbón y el petróleo. De esta manera las máquinas han sustituido a los animales en el trabajo o liberación de energía. La energía que el ser humano consume fuera de su propio cuerpo se le considera **externa**. A excepción de la energía atómica todas las energías que el hombre consume, internas o externas, proceden originalmente del sol.



Durante la mayor parte de la historia del ser humano, éste fue cazador y recolector, consumiendo a partir de las fuentes naturales vegetales y animales, con los que compartía su entorno físico. A excepción de su utilización del fuego, su conducta era igual a la de cualquier otro **omnívoro**, o aquel que se alimenta de plantas y animales. Su consumo energético interno o nutricional alcanzaba alrededor de 2000 kcal/día. El consumo de energía externa en fuego para cocinar, calentarse y protegerse era probablemente de otras 2000 kcal/día. Si el ser humano siguiera siendo cazador y recolector, se ha calculado que nuestro planeta podría sostener a sólo diez millones de personas, dado que cada individuo al igual que cualquier otro carnívoro final, requeriría de una gran cantidad de tierra para abastecerse de suficiente alimento. Debido a los avances tecnológicos recientes, el potencial humano se ha incrementado considerablemente. Los avances incluyen nuevas y mejores formas de suplementar las fuentes energéticas nutricionales con fuentes energéticas externas. El cazador suplementaba su energía interna con la combustión de madera; el agricultor primitivo puso a trabajar a otros animales; el agricultor avanzado empleó el carbón, la energía del agua y el viento en movimiento, junto con el transporte animal, y el industrial utilizó la máquina de vapor que consumía carbón o leña.

El hombre contemporáneo tecnológico emplea todo tipo de fuentes de energía para hacer funcionar sus herramientas, máquinas, aparatos e instrumentos, haciendo que el consumo energético per capita haya aumentado enormemente, pero también la capacidad de producción de alimentos. Pero esto estimula un incremento en la población humana que, a su vez, ejerce una presión mayor para obtener alimentos, lo cual obliga al ser humano a encontrar medios más efectivos de producción. Esto conduce a un ciclo vicioso o **retroalimentación positiva** que determina una velocidad de crecimiento difícil de contrarrestar.

Como hemos visto, la energía interna disponible para el hombre depende de la cantidad de energía solar fijada por los productores. La proporción en que se fija esta energía se le denomina **productividad primaria o producción primaria**. Generalmente se consideran dos tipos de productividad primaria: la **bruta** y la **neta**. La bruta es la cantidad total de fotosíntesis, y la neta es la que la planta almacena como materia orgánica (tejidos o **biomasa**) y la que se destina a la vida (respiración). La **cosecha permanente** es la cantidad de biomasa presente en un momento específico, mientras que la **productividad del área** se refiere al ritmo con que dicha área puede producir biomasa y esta limitada por el clima y la disponibilidad de nutrientes y agua. Cuando el ser humano controla la agricultura de un área, ésta raramente resulta tan productiva como lo sería en su estado natural. El empleo intensivo durante todo el año de las técnicas agrícolas humanas puede incrementar la productividad de un área en relación con su nivel natural pero tal incremento no se compara con la productividad de un ecosistema natural a largo plazo por la energía que se requiere para sostener esa alta productividad y que tiene que provenir de algún lado, generalmente de áreas adyacentes, reduciendo la productividad de éstas. Mientras que el ser humano ha duplicado la productividad de unas cuantas áreas, ha transformado millones de hectáreas de antiguos pastizales en desiertos.

Mientras que el consumo de energía interna ha permanecido relativamente constante a través de la historia, aproximadamente 2,200 kcal/persona/día, el consumo de energía externa se ha incrementado enormemente desde el empleo de tecnologías modernas. La mayor parte de la energía externa proviene de los combustibles fósiles.

Las sociedades no se han desarrollado uniformemente en el mundo. Hoy en día todavía existen sociedades de cazadores y de agricultura primitiva. Una buena parte de las sociedades no han pasado de ser sociedades agrícolas para convertirse en sociedades industriales, por lo que existe gran disparidad en los modelos de consumo actuales.

Al buscar nuevas fuentes de energía debe cuidarse de no explotar aquéllas que produzcan **contaminación térmica**, o elevación de la temperatura ambiental, como ocasionaría el uso de energía nuclear a nivel masivo, aparte de los demás peligros que pueda representar.

Una consideración sobre la energía necesaria para satisfacer las necesidades del crecimiento humano conduce a una limitación física fundamental impuesta por el ambiente. Cualesquiera que sean las fuentes o los medios para generar energía externa, seguirá siendo fundamental la segunda ley de la termodinámica, por lo que toda la energía generada acaba por convertirse en calor. La limitación del consumo de energía en las próximas décadas no es tanto la escasez de recursos sino el impacto sobre el medio ambiente al emplearlos. El problema básico es que toda energía se degrada en calor, el **contaminante final**, de acuerdo a la segunda ley de la termodinámica. La **entropía o nivel de desorden** en un sistema tiende siempre a aumentar.

### CICLOS ASTRONÓMICOS

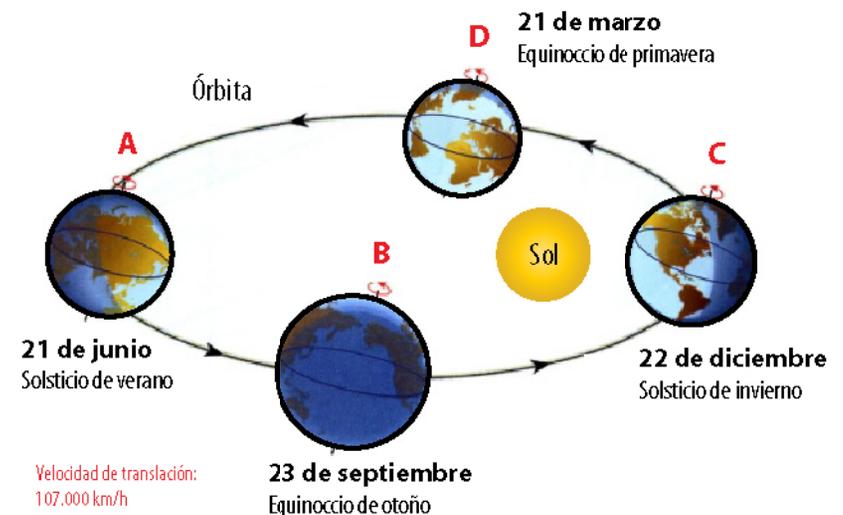
Todos los ecosistemas de la tierra y el propio planeta toman parte en los ciclos astronómicos. La noche y el día, los cambios de la luna, y las estaciones del año, son manifestaciones de estos ciclos regidos por diversos movimientos astronómicos. El ser humano mide el tiempo con base en los períodos cíclicos de algunos de esos movimientos:

**Día:** el período de tiempo en que la tierra realiza una rotación completa sobre su eje.

**Mes:** el período de tiempo en que la luna gira alrededor de la tierra o mes lunar.

**Año:** el período de tiempo en que la tierra gira una vez alrededor del sol.

Cada 365.25 de días la tierra completa una órbita de aproximadamente 939 millones de kilómetros alrededor del sol, a la vez que gira alrededor de su propio eje (inclinado  $23^{\circ}27'$ ) cada 24 horas generando el **día**. Debido a esto, existen diferentes estaciones y, tanto la duración de la luz de día como el ángulo de los rayos solares que tocan la superficie de la tierra en un punto dado están cambiando constantemente durante el año y los diversos lugares con distinta latitud tienen diferentes climas debido a distintas cantidades de soleamiento que reciben durante el año. Cuando el hemisferio norte está en verano éste se inclina hacia el sol y el período de luz diurna es de mayor duración que en el punto opuesto de la revolución anual; el día en el hemisferio norte es más corto y los rayos solares llegan en forma oblicua, razón por la cual calientan en menor cantidad la superficie de un lugar en el hemisferio norte, presentándose entonces el invierno. Exactamente lo opuesto ocurre en el hemisferio sur. La primavera y el otoño son los períodos de transición entre el verano y el invierno, siendo el primer día de la primavera el 21 de marzo, día en que el período de luz diurna equivale a la duración de la noche, dándose uno de los equinoccios, el otro siendo el 21 de septiembre, inicio del otoño.



Otra consecuencia de los movimientos astronómicos son las mareas. Estas constituyen el resultado primario de la fuerza gravitacional de la luna y del sol sobre la tierra. La forma de la línea costera y su relación con las cuencas oceánicas también determinan la amplitud de las mareas dentro de un área particular. A través de la mayoría de las costas, el nivel del agua se eleva y baja alternativamente dos veces al día. El punto más elevado se alcanza cada 12 1/2 horas. Dos veces al mes, la fuerza gravitacional combinada del sol y de la luna determina mareas excepcionalmente altas. De igual modo, bimensualmente, las fuerzas gravitacionales del sol y de la luna se contrarrestan entre sí, causando mareas particularmente bajas.

La superficie de la tierra no se calienta de manera uniforme debida a su forma esférica y a la envoltura gaseosa que conforma la atmósfera. Las áreas cercanas a los polos reciben menor radiación solar por unidad de superficie que las cercanas al ecuador. Debido a que el calentamiento de la tierra no es homogéneo, se generan grandes movimientos de la atmósfera que dan origen a los vientos, las olas marinas y otros factores climáticos. Estos movimientos del aire y del agua mantienen la atmósfera terrestre a una temperatura relativamente constante, lo cual es básico para los desarrollos ecológicos. El calor irradiado desde la superficie de la tierra determina corrientes de convección que hacen circular al aire caliente alrededor de la tierra. La radiación solar llega a la atmósfera en la forma de calor desde abajo de la superficie terrestre, dado que el aire es transparente a la radiación solar; la mayor cantidad de calor se irradia desde el ecuador, la menor desde los polos. El aire caliente se desplaza en forma de corrientes, (vientos), desde el ecuador, hacia arriba y hacia los polos. De esta manera, el aire caliente se disemina hacia los polos. De la misma manera, el aire frío de las regiones polares se disemina hacia el ecuador, haciendo más uniforme la temperatura de toda la tierra.

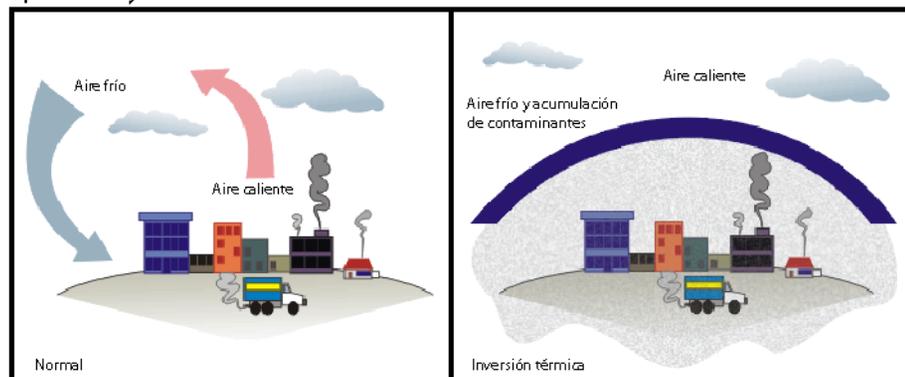
Si no hubiese circulación atmosférica durante los equinoccios cuando la luz solar llega a la tierra perpendicularmente al ecuador, la tem-

peratura de los polos descendería hasta aproximadamente  $-270^{\circ}\text{C}$ . Al cambiar la posición de la tierra el 21 de diciembre y el 21 de junio se darían temporadas excepcionalmente frías en los hemisferios norte y sur. En esas circunstancias sería muy poco probable la existencia de la vida en nuestro planeta. De esta manera los patrones globales de circulación atmosférica y marítima unifican a todo el mundo. Pero también la atmósfera y los océanos constituyen mecanismos físicos efectivos para la distribución de varias sustancias tóxicas alrededor del mundo, las cuales se depositan lejos de sus puntos de origen.

### **CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA Y CONTAMINACIÓN**

El polvo, las bacterias, el polen y las semillas se distribuyen ampliamente alrededor de la tierra, transportadas por los vientos. Vuelven hacia la tierra cuando cae la nieve o la lluvia. Las islas que se localizan en medio de los grandes océanos poseen formas de vida que han llegado ahí por el viento, las corrientes marinas y la lluvia. De esta manera, la circulación atmosférica desempeña un papel fundamental en la evolución y la distribución de los organismos. A lo largo de la historia se han utilizado las circulaciones atmosférica y marítima de manera positiva desde un punto de vista evolutivo y ecológico, pero el ser humano también las ha utilizado para diseminar materiales indeseables, tales como los plaguicidas y desperdicios radiactivos. De esta manera, la contaminación no constituye sólo un problema local puesto que los procesos globales transportan las sustancias tóxicas y las concentran muy lejos de su fuente original. No obstante que los desperdicios tóxicos suelen dispersarse ampliamente y diluirse en la vasta atmósfera global, se presentan concentraciones locales de contaminantes. Estas concentraciones pueden alcanzar proporciones ominosas debido principalmente a las condiciones geográficas y meteorológicas locales y regionales y llegar a constituir el problema ambiental más difícil que encara el hombre tecnológico.

Ciudades como la de México y de Los Ángeles en California están situadas de tal manera que el movimiento de aire está limitado por la presencia de montañas aparte de que las condiciones meteorológicas resultan ideales para la formación de **inversiones térmicas**. Una inversión térmica es una condición en la cual la capa de aire caliente descansa sobre otra de aire más frío. Normalmente la temperatura del aire disminuye con la altura; la condición inversa actúa en forma efectiva como una cubierta que atrapa los contaminantes del aire. Básicamente hay dos tipos de contaminación del aire: el de humo y niebla, como el "smog" de Londres que contiene compuestos de azufre, niebla y una inversión térmica, y el "smog" fotoquímico, como el de la Ciudad de México y de Los Ángeles, que consiste, no de contaminantes iniciales o primarios, sino de los productos que se forman cuando los primarios reaccionan fotoquímicamente. La radiación ultravioleta procedente del sol induce la reacción entre los contaminantes primarios, lo que origina contaminantes secundarios y aún terciarios. Los productos finales corresponden principalmente al ozono y a los aldehídos y compuestos orgánicos que contienen nitrógeno y que pueden producir efectos fisiológicos severos tanto en animales como en plantas. Con un parque vehicular enorme y una formación montañosa que representa una trampa de aire y las frecuentes inversiones térmicas, las ciudades de México y de Los Ángeles constituyen receptores inevitables del "smog" fotoquímico y sus consecuencias.



## CICLOS GEOLÓGICOS

El ciclo geológico se refiere a la formación y al desplazamiento del material que constituye la superficie terrestre. Constantemente se forman nuevas superficies mediante presiones procedentes del interior de la tierra a través de las grietas del fondo del mar. Los continentes - grandes láminas de corteza dura, o **placas tectónicas** - son empujados por dichas presiones del fondo del mar en expansión. A esto se le denomina **deriva continental**. A menudo, cuando se encuentran los continentes y las nuevas superficies, el fondo del mar se hunde, retornando finalmente al manto de la tierra. Comparado con otros ciclos, el geológico tiene una enorme duración: el más sencillo de estos eventos se mide en millones de años.



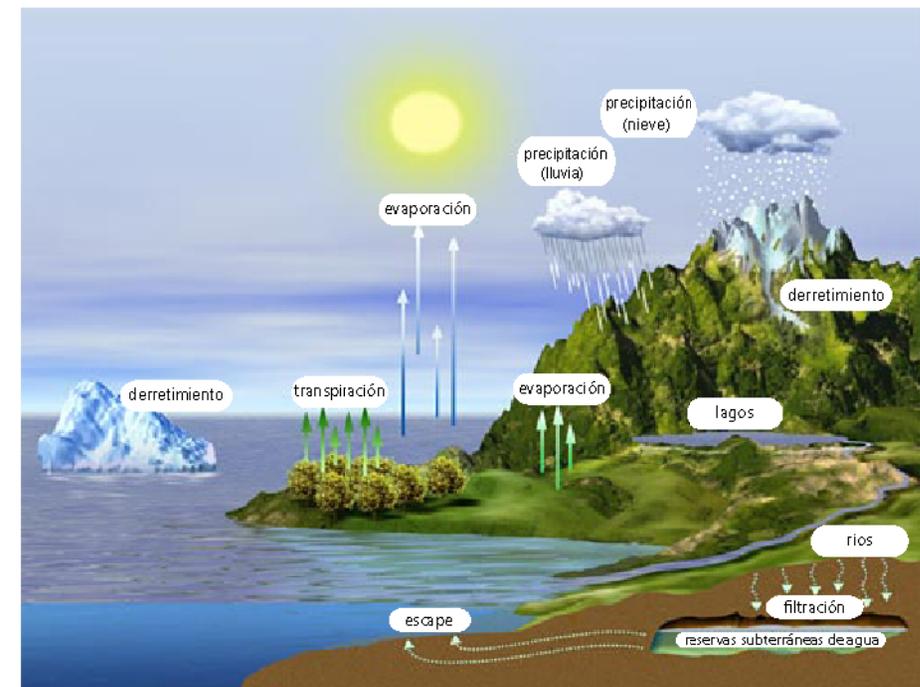
## CICLO DEL AGUA

El **ciclo del agua**, o el **hidrológico**, es uno de los ciclos ecológicos más importantes en la tierra. El agua se mueve de la atmósfera a la tierra, a los mares y océanos para después regresar a la atmósfera, y al hacer esto, modifica la superficie de la tierra, debido a que el agua es un solvente universal, e indispensable para la existencia de la vida. Además, es un agente poderoso de cambios geológicos, particularmente la **erosión**, que consiste fundamentalmente en el lavado de alguna parte de la corteza terrestre por agua en movimiento. Al fluir sobre el terreno, el agua edifica montes, cañones y mesetas. También transporta y deposita nutrientes y sedimentos. El agua circula continuamente de un sitio a otro, distribuyéndose entre los océanos, lagos de agua dulce, en forma subterránea y como vapor de agua en la atmósfera, y en la forma de lluvia, nieve y hielo en distintas partes de la tierra. El **ciclo hidrológico** está controlado por la energía solar y por la gravedad. Representa la liga entre la atmósfera, la litosfera y la hidrosfera, haciendo posible la vida sobre la tierra. El agua constituye la mayor parte de la **biomasa** o tejido vivo y actúa como el medio necesario para que se den las reacciones bioquímicas de las células vivas de los organismos y particularmente del cuerpo humano. El agua, siendo solvente universal, transporta la mayoría de los nutrientes esenciales para la vida. Los vegetales obtienen todos sus nutrientes minerales del agua proveniente del suelo, en la que están disueltas las sustancias necesarias. En el ser humano, los nutrientes básicos solubles en agua, que son los carbohidratos, las sales minerales, y las vitaminas, entre otros, son transportados por el medio acuoso de la sangre, los jugos gástricos y el líquido linfático. Los animales utilizan líquidos corporales para deshacerse de sustancias tóxicas y desperdicios disueltos.

El volumen total de agua en la biosfera ha sido calculado en aproximadamente  $1359 \times 10^{15}$  litros. El 97% de este volumen corresponde al agua de los mares, el 2.25% siendo el hielo de los glaciares y las capas

polares. La mayor parte del restante 0.75% se encuentra en el agua dulce de los lagos, ríos y demás aguas superficiales, además del agua subterránea. El vapor de agua de la atmósfera es de aproximadamente 0.001%.

El agua va de la superficie de la tierra a la atmósfera de dos maneras: (1) por **evaporación** por medio de la energía solar; la mayor parte de esta agua proviene de los océanos y se eleva a la atmósfera como vapor de agua, dándose también la evaporación del agua sobre lagos y ríos, pero en mucha menor proporción; y (2) por **transpiración** del agua almacenada en los tejidos vegetales que se difunde a través de sus membranas entrando luego a la atmósfera como vapor de agua. Por ejemplo: una hectárea sembrada con maíz transpira, en una cosecha, alrededor de 3,747,525 litros de agua.



Las corrientes de aire transportan sustancias a través de miles de kilómetros. De igual manera, el vapor de agua en la atmósfera recorre enormes distancias. Cuando se enfría el aire que lleva consigo el vapor de agua, este último se condensa y toma la forma de nubes de agua. Si persiste la condensación, el tamaño de las gotas de agua aumenta y se da la **precipitación pluvial** o lluvia. Pero no todo el vapor de agua se condensa, precipitándose un porcentaje relativamente bajo sobre los continentes. La precipitación de agua sobre los océanos y mares es más de tres veces mayor que la que cae sobre la tierra, pudiendo esta precipitación tomar varias rutas:

- A)** El agua puede reevaporarse inmediatamente, por la acción de la energía solar, denominándose a esto **evaporación simultánea**.
- B)** El agua puede caer en el depósito principal del agua - en los océanos y mares.
- C)** El agua puede precipitarse sobre las masas terrestres, siguiendo alguno de los siguientes cursos:
  - 1.** Puede filtrarse al suelo y ser absorbida por las raíces vegetales, luego empleada en la fotosíntesis y finalmente transpirada.
  - 2.** Puede fluir hasta unirse a los arroyos y ríos para llegar finalmente al mar, ocasionando, más que nada, la erosión de la superficie terrestre.
  - 3.** Puede filtrarse y llegar a los depósitos de agua subterránea, reapareciendo después como manantiales, fuentes brotantes y hasta lagos.
  - 4.** Puede reevaporarse nuevamente.

La utilidad del agua sobre la tierra depende del tiempo que permanezca ésta sobre el terreno. Mientras mayor sea esta duración, mayor su aprovechamiento. El agua dulce que utiliza el hombre proviene del agua superficial y subterránea. El agua también se detiene más tiempo debido a que la vegetación requiere grandes cantidades, prolongando el período de permanencia del agua sobre las superficies terrestres. Los pavimentos de las calles de las ciudades al igual que todas las superficies urbanas no-absorbentes, junto con las carreteras, aceleran el retorno del agua a los mares.

Las características topográficas de las superficies terrestres determinan la distribución de la precipitación pluvial al igual que las condiciones atmosféricas imperantes. Por ejemplo, el costado resguardado de una cordillera recibe menor cantidad de lluvia que aquel lado donde soplan los vientos. Cuando el aire húmedo llega hasta la cordillera, se eleva, expande y enfría ocasionando su precipitación. El aire libre de humedad cruza la cima, desciende y se calienta, recogiendo la humedad que se evapora de la superficie terrestre y liberándola a gran distancia del lado resguardado de la cordillera.

A mayor temperatura, mayor evaporación y menor cantidad de agua disponible para la tierra. En lugares calurosos la evaporación ocurre de manera simultánea con la precipitación, y el agua no llega a la tierra, evaporándose antes, no pudiendo ser aprovechada por plantas y animales. Uno de los temas que ocupan a los ecólogos es la cantidad de agua disponible para los seres vivos y, para esto, determinan la relación entre precipitación y evaporación. Es esta relación y no la mera precipitación pluvial la que establece si un lugar contiene suficiente agua para el desarrollo de seres vivos.

Las sociedades contemporáneas avanzadas tecnológicamente requieren enormes cantidades de agua para todas sus actividades. A continuación una lista de estos consumos:

## 1. ELABORACIÓN DE ALIMENTOS

### ALIMENTO LITROS DE AGUA

1.1 Una naranja	341,416
1.2 Un huevo	454,568
1.3 Un pan (454g)	1,135
1.4 Un litro de leche	3,581
1.5 Carne de res (454g)	13,248



## 1. ELABORACIÓN DE PRENDAS DE VESTIR

### PRENDA LITROS DE AGUA

2.1 Un traje de lana	851,625 a 946,250
2.2 Un vestido de algodón	42,000 a 85,000
2.3 Un traje de fibra sintética	4,731
2.4 Un automóvil tamaño mediano	246,025
2.5 Uso de una tonelada de carbón en una planta de energía eléctrica	600 toneladas de agua



Como se puede observar en la lista, se consume una cantidad de agua muy grande para elaborar los diversos productos que utiliza el ser humano contemporáneo. En la elaboración de alimentos debe considerarse el agua necesaria para cosechas tanto directa en el caso de alimentos vegetales como la indirecta o de forrajes en el caso de alimentos de origen animal, al igual que el agua que se utiliza en su aseo y las diversas etapas de producción secundaria, aparte del consumo directo de agua por parte de los animales.

Existen muchos otros problemas en relación al consumo y uso del agua. Uno de ellos es el de la distribución del agua, ya que frecuentemente la gente no habita lugares en donde se encuentra el agua y es necesario transportarla grandes distancias. Luego también, está el uso que se le da al agua según su calidad. El reciclaje del agua dulce requiere un tratamiento muy costoso, siendo el empleo más común que se le da a esta agua el de su uso como banda transportadora de desperdicios domésticos e industriales, incluyendo la conducción del calor, llevándola finalmente hacia el mar. Además, los terrenos agrícolas irrigados y con tratamiento químico descargan aguas con desperdicios, de tal suerte que los ríos contienen concentraciones máximas y peligrosas, por lo que no se trata solo de disponer de cantidades suficientes de agua, sino fundamentalmente de utilizarla de maneras correctas, en los diversos usos humanos, industriales, agrícolas y recreativos.



Las cantidades normales o naturales de sedimentos, nutrientes, venenos y calor no pueden considerarse como contaminantes, pero, si el ser humano descarga grandes cantidades de estas sustancias de manera relativamente rápida, el sistema acuoso no podrá soportar esta situación y se modificara hasta destruirse. La contaminación, entonces es básicamente un problema de exceso de cantidad y rapidez en la descarga de desperdicios y sustancias tóxicas a las corrientes y cuerpos de agua. Los ecosistemas naturales siempre reciben cierta cantidad de sustancias extrañas, las cuales se diluyen y filtran a través de procesos naturales. Al ser excesiva esta descarga de sustancias extrañas, es incontrolable y se presenta la **contaminación**.

Se dan cuatro tipos básicos de contaminación de las aguas en las sociedades Industriales:

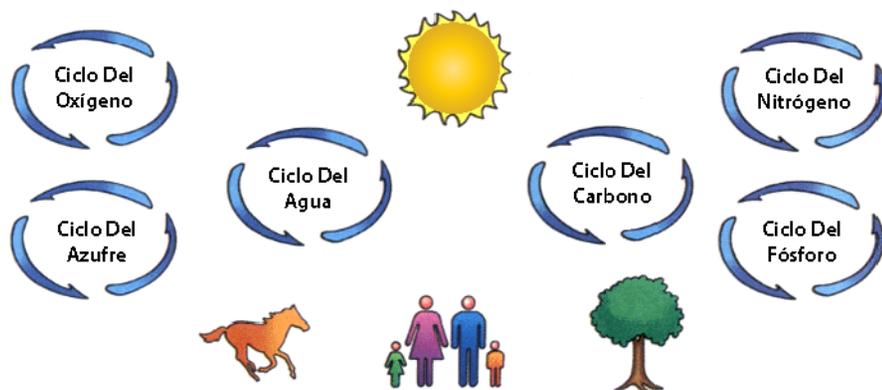
1. La **contaminación térmica** o de calor, debido a que, por la segunda ley de la termodinámica, todo proceso de transformación de energía produce calor.
2. La **sedimentación de cultivos**, en que la descarga de desperdicios sólidos se da en cantidades que exceden la entrada natural de materiales sólidos e incluye desechos tales como envases, llantas viejas, basura inorgánica, etc.
3. Los **venenos químicos y sintéticos** que resultan nuevos para los sistemas biológicos, y muy difíciles de degradar resultando venenosos en concentraciones muy altas, e incluye sustancias tales como los plaguicidas.

4. La **eutrofización de cultivos** en que los sistemas acuáticos reciben nutrientes buenos como fósforo, nitrógeno y carbono, pero en cantidades excesivas por procesos naturales y de envejecimiento o **eutrofización**, acelerándose anormalmente mediante descargas de nutrientes del ser humano, esto pudiendo convertir un lago relativamente limpio en uno maloliente, fangoso y poblado de algas y vegetación decadente.



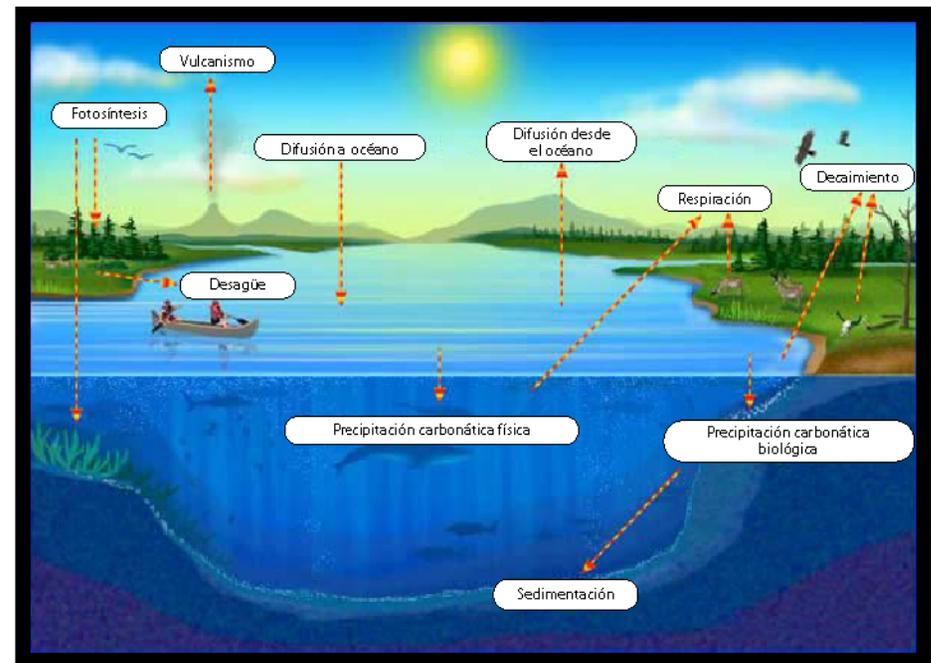
## CICLOS BIOGEOQUÍMICOS

Existen **ciclos biogeoquímicos** que, aunque importantes, solamente vamos a tratar muy brevemente. El término biogeoquímico se deriva (1) de los organismos biológicos (bio), (2) del ambiente geológico (geo), y de los cambios químicos, (qui). Los organismos vivos requieren de 30 a 40 elementos para desarrollarse normalmente, siendo los más importantes: carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, azufre y fósforo. Dado que los suministros de éstos son finitos, su continua disponibilidad depende de algún ciclo biogeoquímico. La característica mas importante de estos ciclos es el hecho de que los componentes bióticos y abióticos aparecen íntimamente entrelazados. Existen dos tipos de ciclos biogeoquímicos: (1) ciclos de nutrientes gaseosos, en que los nutrientes se colectan en la atmósfera y (2) ciclos de nutrientes sedimentarios, en que el nutriente se encuentra en las rocas sedimentarias.

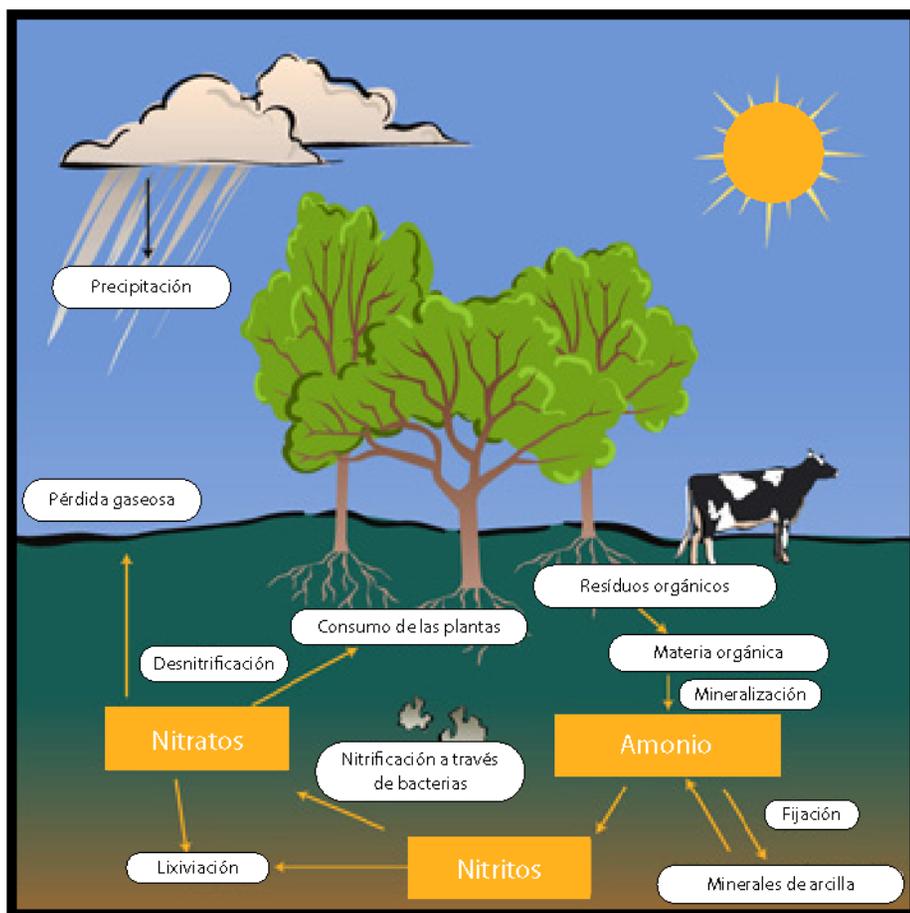


**Ciclos Biogeoquímicos**

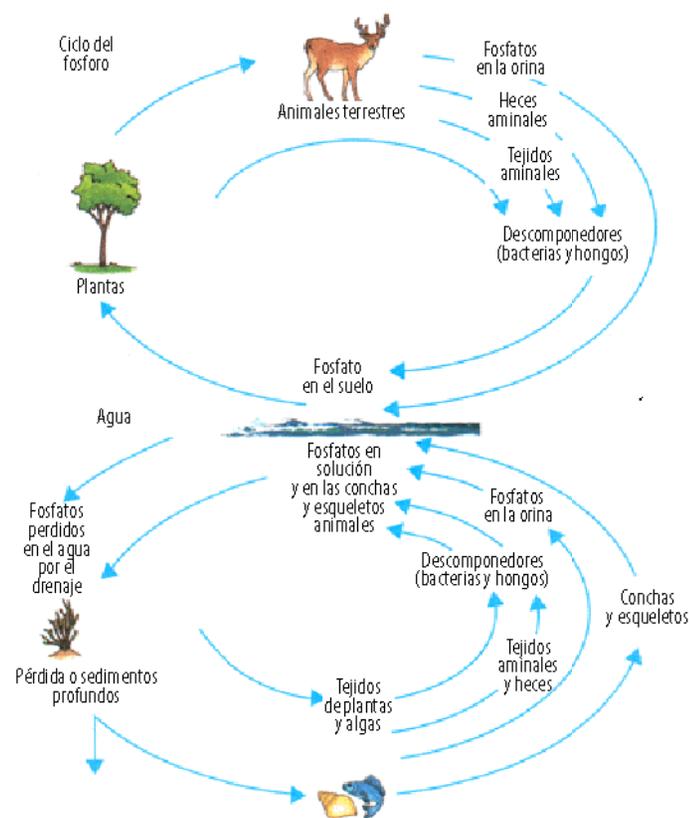
**CICLO DEL CARBONO** : El carbono se encuentra en toda la atmósfera en la forma gaseosa del bióxido de carbono o  $\text{CO}_2$ . En la fotosíntesis las plantas utilizan el  $\text{CO}_2$  directamente para producir carbohidratos. A su vez, las plantas son consumidas por animales, y el bióxido de carbono retorna a la atmósfera a través de la respiración, que representa el proceso inverso de la fotosíntesis.



**CICLO DEL NITRÓGENO:** La atmósfera es el principal depósito del nitrógeno, el cual se combina o fija con otras sustancias para producir compuestos orgánicos utilizados por plantas y animales. Forma parte vital de las proteínas indispensables a la vida. Cuando mueren las plantas y animales, se degradan por acción bacteriana, o reductores, produciendo amoníaco, un compuesto de nitrógeno. El amoníaco es transformado por otras bacterias en nitratos que también se degradan por aún otras bacterias liberando nitrógeno en forma de gas, retomando a la atmósfera y así completándose el ciclo.



**CICLO DEL FÓSFORO:** Las rocas sedimentarias son el depósito principal de fósforo, y debido a que el ciclo no posee una fase gaseosa, se mueve muy lentamente. El fósforo es componente importante de: DNA, RNA y ATP, las moléculas genéticas y productoras de energía, respectivamente, lo cual lo hace indispensable a la vida. El ciclo del fósforo empieza con los fosfatos disueltos que son absorbidos por las plantas a través de sus raíces. Los animales los obtienen mediante la ingestión de plantas. Al morir las plantas y animales, o al excretar estos últimos, productos de desecho, las bacterias fosfatizantes degradan los compuestos orgánicos muertos, transformándolos en fosfatos inorgánicos disueltos, completándose así este ciclo.



**CICLO DEL AGUA:** Juega un papel fundamental en los ciclos biogeoquímicos, puesto que los nutrientes disueltos en agua se transportan desde la superficie de la tierra hasta su interior o hasta el mar. Los nutrientes atmosféricos llegan a la superficie terrestre con el agua de lluvia. Los nutrientes retenidos en las rocas se liberan por desgaste de las mismas por acción pluvial, por erosión por agua corriente y por congelación y descongelación de hielo. Al absorber las raíces de las plantas los nutrientes, éstos generalmente se encuentran disueltos en agua. El agua también es indispensable en los cambios químicos requeridos por los nutrientes a su paso por la biofase de su ciclo. De igual modo la energía solar es indispensable para la realización de los ciclos biogeoquímicos porque: (1) mantiene la tierra suficientemente cálida para que se den las reacciones químicas, (2) permite a los organismos vivos realizar sus procesos vitales, y (3) pone en marcha los ciclos atmosférico, geológico y del agua.



## ECOLOGÍA POBLACIONAL

Una **población** es un grupo de individuos de la misma especie que ocupan un área determinada y que realizan intercambio de genes, es decir, que procrean entre sí.

La **evolución** es el proceso mediante el cual las poblaciones modifican sus características en el transcurso del tiempo. Estos cambios se presentan como resultado de una **selección natural**. Cada individuo de una población puede nacer, crecer y morir, pero sólo la población puede poseer un índice de natalidad, de crecimiento, de mortalidad y un patrón de dispersión en el tiempo y en el espacio.

Los organismos individuales poseen rasgos característicos debido a los genes que heredan. En la reproducción los genes de los progenitores pueden asociarse en diversas combinaciones resultando en diferencias en los descendientes. También ciertas influencias externas pueden producir **mutaciones**. Diferencias y mutaciones garantizan ligeras diferencias en los individuos que integran una población sencilla. Esta variación produce la evolución. Algunos individuos poseen características que les permiten adaptarse al medio por lo que procrean satisfactoriamente. Otros que no poseen estos caracteres de adaptación tienen una descendencia menor. A largo plazo, una población se compone de individuos mejor adaptados al medio ambiente, con características de adaptación que predominan en las generaciones futuras. A este proceso se le conoce como **reproducción diferencial**.



Se dice que los individuos con **caracteres de adaptación** han sido "seleccionados" por medio de la **selección natural**. Con la evolución, el material genético colectivo de una población o **banco de genoma** se altera con el tiempo, y los cambios genéticos se expresan como diferencias en la estructura y funcionamiento de los organismos individuales. Una buena adaptación de una generación en un ambiente puede ser inútil y hasta peligrosa para una generación posterior que se enfrenta a nuevas condiciones ambientales. Cuando una población no puede conseguir los recursos que requiere debido a los cambios ambientales a los que no se puede adaptar, se **extingue**.

Resumiendo: la **evolución** es el proceso mediante el cual las poblaciones modifican sus características con el tiempo siendo su causa principal la **selección natural** que da por resultado la **reproducción diferencial** de mejores **caracteres de adaptación**. Son las poblaciones y no los individuos los que evolucionan, y el éxito se juzga por medio del número de vástagos producido. Dado que el medio ambiente se transforma continuamente, las poblaciones deben evolucionar constantemente para sobrevivir.

El **potencial biótico** es la capacidad de los organismos para reproducirse en condiciones óptimas. La **resistencia ambiental** indica los factores bióticos y abióticos que impiden a los organismos alcanzar su potencial biótico, o continuar en él. El **crecimiento poblacional** es el incremento o disminución del número total de organismos de una población debido a la interacción entre el potencial biótico y la resistencia ambiental. Este proceso se puede considerar como un **sistema cibernético**, con una **retroalimentación negativa** que tiende a mantener a la población en equilibrio. El proceso de retroalimentación se fundamenta en que cuando aumenta la densidad de una población también aumenta la resistencia ambiental, lo que, a su vez, reduce la densidad poblacional.

La reproducción a velocidad máxima en un ambiente irrestricto puede conducir a una población increíblemente enorme, dado que el crecimiento sin límite de la población tiene carácter exponencial. La reproducción es un ejemplo claro de **retroalimentación positiva**: la descendencia produce descendencia que produce más descendencia. La retroalimentación positiva de la reproducción sin oposición, al igual que todas las retroalimentaciones, no puede mantenerse por mucho tiempo en un mundo de recursos limitados. Las poblaciones reales restringen la retroalimentación positiva en la realización de su potencial biótico a través de la retroalimentación negativa de la resistencia ambiental.

La tendencia a alejarse del **punto de partida** que da lugar al aumento en el número de individuos que integran una población se contrarresta con componentes de la **resistencia ambiental** tales como el hambre, las enfermedades y la competencia, que disminuyen la reproducción y la supervivencia individual. La resistencia ambiental controla el crecimiento de la población cuando ésta alcanza proporciones de "sobrepoblación" haciendo que esta población retorne al punto de partida del ambiente. En el caso de baja densidad poblacional la influencia restrictiva de la resistencia ambiental se disipa y la población regresa al punto de partida, al incrementarse la reproducción y supervivencia.



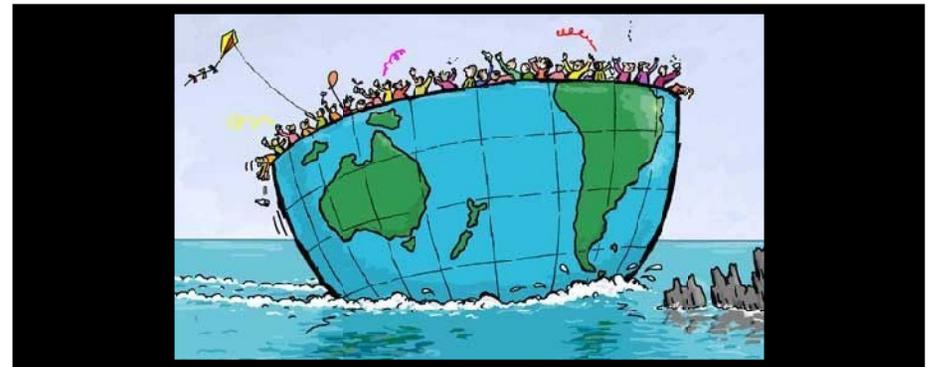
La **tasa de crecimiento** de una población se refiere a la velocidad de cambio, aumento o disminución, en el número de individuos que compone la población. Una población crece debido a los nacimientos y la inmigración, o individuos procedentes de otra área que emigran al interior del área en consideración y disminuye debido a las defunciones y emigración.

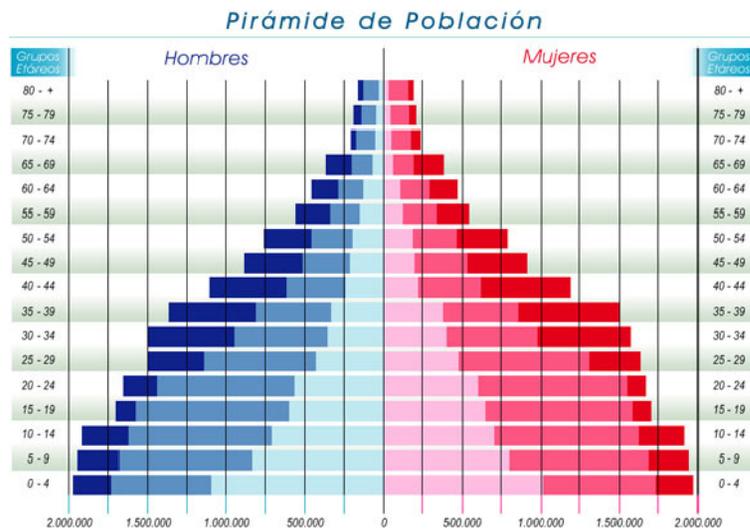
La **tasa bruta de natalidad**, o también índice de natalidad, se refiere al número de infantes que nacen en un año por cada 1000 personas de una población.

La **tasa bruta de mortalidad** se refiere al número de muertes en un año por cada 1000 personas de una población

La **tasa de migración neta** se refiere a la diferencia entre el número de personas por año por 1000 personas de la población que entran a un país (inmigración) y el número que lo abandonan (emigración). La migración neta puede ser positiva cuando la inmigración es mayor que la emigración o negativa, cuando ocurre lo contrario.

El **índice de fertilidad** describe la velocidad de nacimientos y equivale al número de nacimientos por cada 1000 miembros femeninos de una población en edades de procrear (entre 15 y 45 años).





Las generaciones se traslapan presentando una **estructura de edad** que generalmente se muestra como una **pirámide de edad**. Una pirámide de edad indica el porcentaje de una población en diferentes clases de edad. Estructura de edad y pirámide de edad son importantes para predecir las futuras tendencias de una población. Las proyecciones que se basan exclusivamente en las **tasas brutas de crecimiento** pueden resultar bastante desorientadoras.

### RESISTENCIA AMBIENTAL

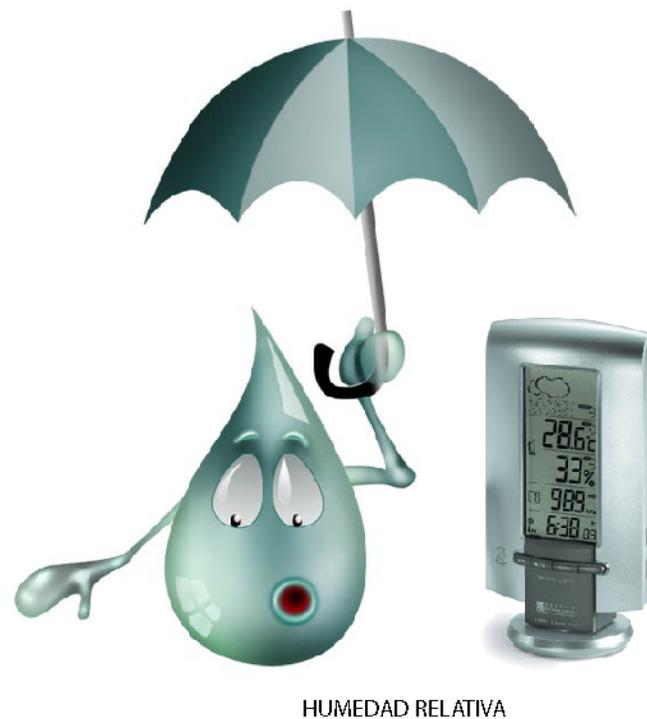
La **resistencia ambiental** comprende todos los factores bióticos y abióticos del medio que tienden a disminuir la fertilidad y la supervivencia de los individuos de una población. Los dos tipos de factores de resistencia ambiental son los **extrínsecos**, que afectan a una población desde el exterior a ella, y los **intrínsecos**, que la afectan desde su interior. Ejemplos de factores extrínsecos son el clima, la depredación, el suministro de alimentos y las enfermedades; mientras que ejemplos de factores intrínsecos son la territorialidad y la tensión social.

Si las condiciones ambientales se tornan extremas, ciertos organismos perecerán. La **ley de la tolerancia** afirma que por cada factor abiótico, un organismo posee un rango de tolerancia dentro del cual puede sobrevivir. La **ley del mínimo** establece que el crecimiento de un vegetal depende del nutriente que se tiene en menor cantidad, es decir, un organismo requiere diversos nutrientes y si recibe muy poco de alguno de ellos, esto limitará su desarrollo, sin importar la abundancia de los otros nutrientes necesarios. La **ley de la tolerancia** reconoce que los organismos poseen un máximo ecológico así como un mínimo. Solamente pueden vivir y crecer dentro del rango de tolerancia que se encuentra definido por los extremos de los factores abióticos de los cuales dependen. Los organismos también poseen un **rango mínimo óptimo** dentro del cual funcionan mejor. Cuanto mayor sea el rango de tolerancia de un organismo, en mayor grado se distribuirá. La reproducción de cualquier organismo se restringe y su supervivencia es amenazada cuando las condiciones se encuentran cerca del límite de tolerancia superior o inferior y también, los organismos serán más abundantes dentro del rango óptimo. Sin embargo, el ambiente siempre está cambiando y es posible que en cualquier momento una o más variables se salgan del rango óptimo de algún organismo, por lo que éste disminuirá en número. Las tolerancias del ser humano permanecen sin cambio, pero el propio ser humano ha estrechado los límites al emplear ropa y construir albergues. El cambio climático es un factor extrínseco de la resistencia ambiental. Los factores climáticos más importantes son la **temperatura** y la **humedad**. Estos dos factores actúan entre sí. Por ejemplo, en áreas muy calientes o frías, a los organismos les cuesta trabajo obtener humedad, mientras que la humedad excesiva tiende a atenuar la temperatura. Los organismos han desarrollado, a través de la evolución, varias formas complejas para ampliar sus rangos de tolerancia a las condiciones climáticas.

Todos los organismos viven dentro de su rango de tolerancia a la temperatura. Muy pocas especies pueden existir por largos períodos a temperaturas inferiores a  $0^{\circ}\text{C}$ , o superiores a  $55^{\circ}\text{C}$ . Cuando la temperatura desciende, se reduce la velocidad de todas las reacciones químicas incluyendo las correspondientes a las funciones vitales. Por esto los vegetales no se reproducen en el invierno y algunos animales invernán o hibernan. Los animales no pueden vivir a temperaturas elevadas debido a que éstas destruyen las enzimas esenciales para la vida, (a unos  $65^{\circ}\text{C}$ ). Los distintos organismos tienen diferentes límites de tolerancia a la temperatura, aparte de que la temperatura óptima puede variar para cualquier organismo durante su desarrollo. Estas variaciones se dan en el reino animal y en el vegetal. Por ejemplo, algunas semillas de cereales no germinan a menos que se enfríen a temperaturas invernales, por lo que las semillas que se siembran en los primeros días de la primavera, en vez de en otoño, no germinan. Si el mecanismo regulador térmico interno de los animales de sangre caliente falla, éstos mueren.



La humedad es otro factor climático de gran importancia. Debido a que el agua es el elemento principal de los tejidos, es indispensable para todos los organismos vivos. Las plantas desérticas evitan al ambiente seco a través de una vida corta, otras obtienen agua cuando ésta disponible, conservándola en la época seca. Los animales del desierto permanecen activos en las horas de frío y de menor demanda de agua, entre la puesta y salida del sol, aparte de que obtienen el agua que requieren de la degradación de los alimentos que consumen, reteniéndola a través de adaptaciones y usando repetidamente el agua de desecho. Los animales acuáticos también enfrentan diversos problemas ambientales y, por ejemplo, utilizan mecanismos de regulación que les permiten excretar el exceso de la sal de mar, pero reteniendo el agua.



## INTERACCIONES

Cuando una población interactúa con otra, una de ellas, o ambas, modificará su capacidad para crecer y sobrevivir. Si una población se beneficia con la interacción, su velocidad de crecimiento tenderá a aumentar; si resulta dañada, su velocidad de crecimiento tenderá a disminuir. De esta manera la interacción de las especies es un factor limitante extrínseco para cada una de ellas. Todas las relaciones entre los organismos se consideran relaciones *simbióticas* o de convivencia. Algunas interacciones resultan mutuamente provechosas, otras dañinas, y aún otras de efecto mixto. Se pueden distinguir siete tipos de interacción:

1. La **cooperación**, en la que se benefician ambas especies, sin ser dependientes una de otra y la interacción no es indispensable para su supervivencia. Cada una puede sobrevivir aisladamente, pero la interacción cooperativa aumenta la tasa de crecimiento de ambas.
2. En el **mutualismo** ambas especies se benefician, pero también ambas dependen la una de la otra para sobrevivir. La interacción, resultado de una historia evolutiva, es indispensable a la supervivencia de ambas especies.
3. A la interacción en la que se beneficia una especie y la otra no se ve afectada se le denomina **comensalismo**, y generalmente es indispensable a la especie beneficiada o comensal.
4. El **amensalismo** es lo inverso del comensalismo, y se caracteriza por una especie inhibiendo el crecimiento y supervivencia de la otra, sin verse afectada. La especie inhibida es la **amensal**.
5. Cuando dos poblaciones se disputan los recursos ambientales limitados tales como alimentos, nutrientes, luz solar y espacio vital, se da la **competencia**, que también puede darse entre individuos de la misma especie o de especies distintas. En una competencia entre dos especies, ambas se ven afectadas, pero al final una predomina, se apropia del recurso limitado y elimina a la otra especie.

Esto establece el principio ecológico básico: *Si dos poblaciones compiten por un mismo recurso limitado y necesario para la supervivencia de ambas, una población será eliminada.* Al conjunto de características que describen los recursos precisos que necesita un organismo para sobrevivir se le denomina **nicho**. Dos especies no pueden ocupar exactamente el mismo nicho, sin embargo sus nichos pueden traslaparse, en cuyo caso las dos especies competirán por un recurso específico. La competencia presente ayuda a definir los nichos futuros, pero las especies pueden desarrollar nuevos tipos de características de nicho, modificando sus nichos. El concepto de competencia tiene implicaciones extensas para la especie humana. Por ejemplo, el ser humano compete constantemente con los insectos por una parte de la cosecha mundial de alimentos.

6. La **depredación** es la interacción en la que una población depredadora ataca y mata a la otra que es la presa. La población depredadora se beneficia al obtener alimento, la otra se inhibe.
7. En el **parasitismo**, una de las especies, el **parásito**, se nutre a expensas de la otra especie, o **huésped**; esta interacción siendo indispensable para la supervivencia de la especie parásita, y también a veces determinando indirectamente la muerte de la especie huésped. La especie parásita tiene ventaja todo el tiempo que dura la interacción, por lo que resulta de gran interés para el parásito que el huésped permanezca con vida. Destruyendo al huésped, el parásito pierde su propio medio de supervivencia. Después de un largo periodo de evolución asociada, parásito y huésped se ajustan entre sí.



Parasitismo

Cuando las especies son cada vez más "prósperas", la lucha por la existencia deja de ser una competencia con el ambiente físico o con otras especies y se torna casi exclusivamente una competencia con los de su propia especie. Se dice que esas especies se han transformado en su peor enemigo. El ser humano disfruta de ese tipo de éxito. Ninguna actividad humana se logra sin competencia, y si nos disputamos con otras especies competiremos con nosotros mismos asegurando una ventaja propia a expensas del vecino.

El **territorio** es aquella área que un organismo defenderá contra otros miembros de su propia especie. Generalmente un grupo de organismos confina sus actividades a un área particular y a esta se le llama **rango doméstico**. La parte del rango doméstico que un organismo defiende de los intrusos de la misma especie se llama territorio. La **territorialidad** es la conducta que adopta una especie al defender su territorio y es un mecanismo de conducta social que parece controlar la densidad poblacional, limitando el acceso de los miembros individuales a habitats específicos, a los suministros de alimento y "cónyuges". Solo los individuos que poseen territorio pueden conseguir pareja. El tamaño de un territorio o de un rango doméstico varía de acuerdo con la abundancia o escasez de recursos en un lugar y momento determinado.

Los organismos individuales necesitan cierta cantidad de espacio personal. La aglomeración produce tensión y una serie de reacciones corporales denominadas **síndrome de tensión**, que se activan y pueden dar como resultado una declinación en la capacidad reproductiva y hasta la muerte del organismo individual. Al aumentar la densidad poblacional, aumenta la densidad social, presentándose más intrusiones en el espacio personal de los individuos, y, en estas condiciones, la tensión adquiere carácter de factor de **resistencia ambiental intrínseca**.

Además de la territorialidad un animal puede poseer una **distancia individual** dentro de la cual la presencia de otro produce varias reacciones adversas. Se ha demostrado que los combates sociales, que aumentan con el tamaño de la población, producen cambios cualitativos definidos en los organismos. Estos cambios, a su vez, pueden afectar su capacidad de supervivencia y de reproducción. Estos combates no tienen que ser necesariamente contactos físicos directos en que los organismos se hieren o se intimidan. El miedo al daño físico, o el recuerdo de perjuicios pasados puede inducir una reacción similar. Cualquier número de estímulos sensoriales, cuando se procesan por el cerebro, pueden dar lugar a imágenes mentales capaces de desarrollar tensión. La **tensión** es la serie específica de reacciones que sufre un organismo en respuesta a los distintos estímulos o **tensores físicos** o mentales, produciendo un conjunto de ajustes radicales en los procesos del cuerpo por medio de las glándulas endocrinas y el sistema nervioso. A este mecanismo general de defensa se le ha denominado **síndrome de adaptación general**. Bajo tensión prolongada, los organismos pueden desarrollar alguna resistencia al estímulo inicial, perdiendo capacidad para ajustarse a otros. El número de interacciones sociales de los individuos en un área determinada, se denomina **densidad social**, a diferencia con la **densidad poblacional**, representada por el número de organismos por unidad de área. En cierto tiempo, en un área determinada la densidad social puede ser mayor y crecer más rápidamente que la densidad poblacional. Se ha comprobado que la actividad reproductiva se inhibe al aumentar la densidad social aparte de que la tensión que causan los combates sociales puede incrementar también la vulnerabilidad del organismo a los factores normales de mortalidad. También se ha demostrado que acompañan al desarrollo de la densidad social una disminución de la resistencia y aumento de la susceptibilidad a las enfermedades, por lo que resulta evidente que una parte de los combates incluidos en el concepto de densidad social son dañinos a los organismos que intervienen y, mediante la tensión que provocan, son factores de resistencia ambiental intrínseca.

Ningún factor de regulación poblacional predomina en todo tiempo y lugar. Una población se regula mediante un complejo de factores ambientales o **sistema de regulación poblacional** que puede incluir varios componentes interactuantes tales como el clima, la depredación, las enfermedades, etc., los cuales actúan a través de la propia conducta y fisiología del animal.

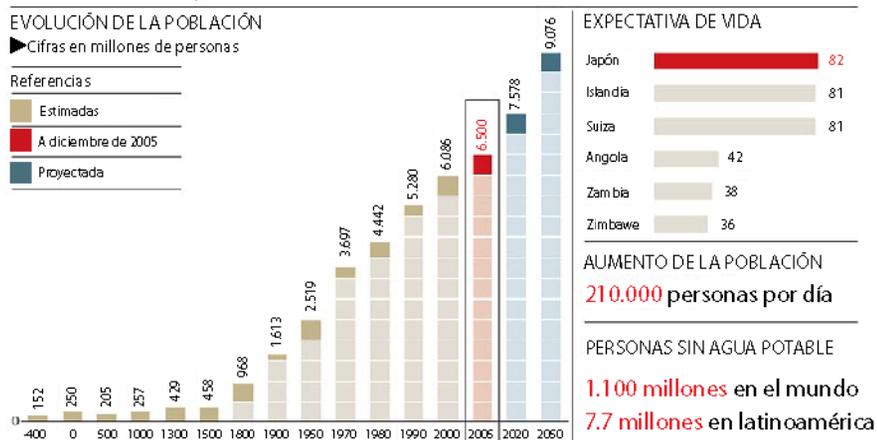
### El estado de la población mundial

#### EVOLUCIÓN DE LA POBLACIÓN

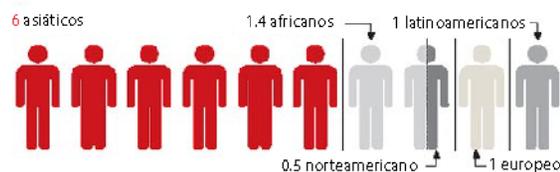
▶ Cifras en millones de personas

#### Referencias

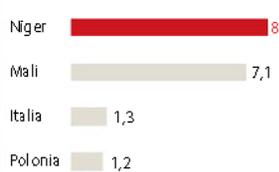
- Estimadas
- A diciembre de 2005
- Proyectada



#### POBLACION SE EN EL MUNDO HUBIERA 10 PERSONAS, SERIAN



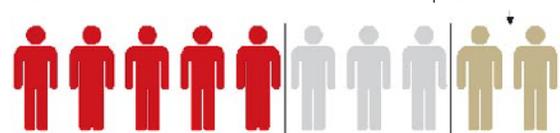
#### HIJOS POR MUJER



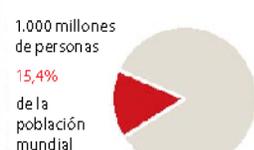
#### RIQUEZA SI EN EL MUNDO HUBIERA 10 PERSONAS...

5 vivirían con menos de 2 dólares diarios

2 vivirían con el 84% de la riqueza mundial



#### ANALFABETOS



## POBLACIONES HUMANAS

En relación al crecimiento poblacional, la especie humana difiere completamente del resto de los animales. El número de seres humanos ha aumentado gradualmente, reduciéndose continuamente el tiempo de duplicación de la población humana, ya que ésta crece exponencialmente. La población humana ha iniciado recientemente el aumento extremadamente rápido característico de la etapa final del crecimiento exponencial. Cuando se analiza el crecimiento de la población humana con gráficas logarítmicas especiales se puede observar que en ciertos puntos el crecimiento ha sido muy rápido, aún cuando la mayor parte del tiempo se presenta en forma gradual. El aumento rápido de la población humana se presentó cuando el hombre llevó a cabo avances tecnológicos que le permitieron incrementar sustancialmente la capacidad portadora de la tierra. Las tres revoluciones o avances principales incluyen la revolución **de las herramientas**, la revolución **agrícola y social** y la revolución **industrial-científica** actual. Dichas revoluciones empezaron hace aproximadamente 600,000; 8,000 y 200 años, respectivamente.

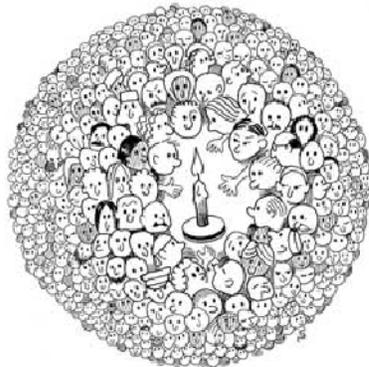
Es muy probable que las enfermedades han constituido la causa principal de muerte durante la mayor parte de la historia reciente del ser humano. El hambre y la guerra han contribuido periódicamente y en forma importante a elevar la tasa de mortalidad, pero indirectamente, favoreciendo la transmisión y desarrollo de las enfermedades, y no tanto por muerte directa.

Las ciudades se desarrollaron cuando los hombres descubrieron que podían crecer y construir más si unían sus recursos. Las villas y pueblos, además de poner en contacto gran número de personas, permitieron establecer relación con otras especies capaces de transmitir enfermedades. Los ríos se emplearon para desalojar las aguas negras y finalmente se desarrollaron las grandes ciudades. Con las aguas negras y las ciudades llegaron las ratas, cuyas pulgas eran

portadoras de las bacterias causantes de la peste bubónica. La muerte negra, como se le conoció, junto con el tifo, la viruela, el paludismo, la enfermedad del sueño, y la fiebre amarilla, constituyeron los más grandes exterminadores del género humano a través de su historia.

Muchos organismos patógenos poseen ciclos biológicos muy complicados. Cada etapa de su ciclo vital requiere un acoplamiento muy específico con otro organismo, o con su ambiente físico. La asociación rata-pulga-bacteria, que acompañaba a las colonizaciones humanas y que causaba la peste, refleja la interdependencia de los organismos patógenos. Un cambio en cualquier eslabón puede alterar drásticamente la posibilidad de transmisión de la enfermedad. Con el descubrimiento de que las enfermedades eran causadas por organismos específicos y no por diablos o demonios, aparecieron los primeros intentos directos de introducir medidas de salud. El control del suministro de agua a las comunidades, así como otras medidas de salud pública en las ciudades, redujo grandemente la frecuencia de las enfermedades infecciosas. Todos los avances en la medicina y cuidado de la salud personal son la causa principal del más reciente período de crecimiento acelerado de la población.

Hoy en día, el crecimiento de la población humana así como el consumo de los recursos naturales avanza a una velocidad exponencial.



Si esta tendencia continúa, la población humana alcanzará pronto otra **meseta homeostática**, (de estabilidad dinámica auto-regulada), donde los elementos de la retroalimentación negativa del **demóstato**, (sistema cibernético de control poblacional), otra vez tomarán su parte. La única alternativa razonable es la disminución de las tasas actuales de crecimiento y consumo. Como resultado de la presión ejercida por la población humana sobre sus medios de subsistencia, los controles de retroalimentación negativa establecerán tarde o temprano una nueva meseta homeostática. Los frenos naturales negativos como el hambre, las enfermedades y guerras, amenazan con proporcionar los controles necesarios. Las ciudades modernas, a pesar de constituir centros de avances médicos, se están transformando en fuentes de nuevas epidemias. La tensión psicológica y la patología social está aumentando en todos los centros urbanos. Más que en cualquier otra época de la historia, la gente se ha concentrado en áreas más pequeñas, pero, al mismo tiempo está viajando alrededor del mundo, como nunca antes. Como resultado, los efectos de un brote de algún virus letal o de algún "accidente" con armas militares nucleares, químicas o biológicas se transmitiría alrededor del mundo en horas, afectando a millones o miles de millones de personas. El potencial para que ocurran catástrofes masivas es aterrador.



## ECOSISTEMAS

Los *ecosistemas*, compuestos de poblaciones que actúan entre sí y con el medio ambiente en un área determinada, son sistemas abiertos y dinámicos con atributos que no muestran las poblaciones individuales, y que dependen de la entrada de energía, de los ciclos biogeoquímicos, y, a su vez, producen salidas de energía, nutrientes y agua, y en los cuales entran y salen vegetales, animales y microorganismos. Los ecosistemas poseen estructuras y funciones características, resultado de la operación de varios sistemas cibernéticos que actúan a nivel de ecosistema.

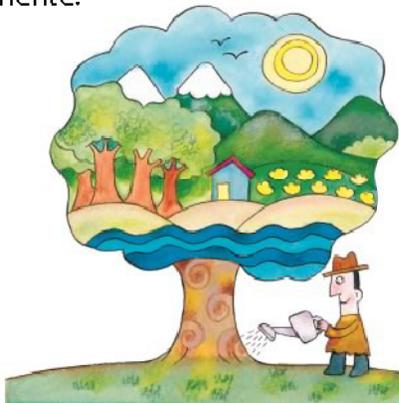
(1) Todas las poblaciones vegetales y animales que interactúan en un área determinada constituyen una *comunidad biótica*. Son *biomas* las comunidades que abarcan grandes áreas geográficas y que exhiben asociaciones similares de plantas y animales, así como estructura semejante. El bioma más grande que abarca toda la tierra es la *biosfera*.

(2) Todos los ecosistemas se estratifican en cierto grado. Una *estratificación* es una distribución en capas o bien una serie de separaciones que distribuye diferencialmente a los organismos de un ecosistema. Estas estratificaciones pueden darse en el espacio *verticalmente* en capas u *horizontalmente* en círculos concéntricos, o, también pudiendo estos ecosistemas presentar patrones diarios, lunares, estacionales, o hasta irregulares, que los separan en el tiempo, dotándolas de *periodicidad*. En los *ecosistemas terrestres*, la *estratificación espacial* se determina principalmente por las formas vegetales presentes, mientras que en los *ecosistemas acuáticos* la estratificación espacial se determina por la profundidad del agua, la penetración de la luz y la temperatura. Las comunidades presentan alguna forma de estratificación. Este tipo de diversidad ambiental aumenta el número de microhabitats y permite que haya un mayor grado de diversidad en la comunidad, asegurando la estabilidad.

(3) Al proceso dinámico mediante el cual los ecosistemas modifican su orden para desarrollar un mayor equilibrio en el curso del tiempo, cambiando de un sistema simple a uno complejo y relativamente estable, se le denomina *sucesión ecológica*. Una sucesión particular progresa como resultado de interacciones complejas de los factores bióticos y abióticos. Una especie dominante modifica la estratificación del ecosistema y del suelo, haciéndolo menos favorable para su propia descendencia y más adecuado para la entrada de alguna nueva especie. Al paso del tiempo, las nuevas especies se tornan dominantes y modifican su ambiente de tal modo que suprimen las actividades de las especies existentes y se prepara la entrada de otra nueva especie, la cual, a su vez, también altera el medio. Este proceso de reemplazo gradual y continuo se mantiene hasta que se desarrolla un ecosistema estable y relativamente complejo. Cuando se alcanza este estado de equilibrio o madurez de un ecosistema, permanece en posesión del área y se perpetúa, a menos que se presente algún evento o cambio especial como un incendio, una inundación, o un huracán, lo cual reduce al ecosistema a su etapa más simple. Al reducirse a la etapa más sencilla, los procesos dinámicos se presentan otra vez y el ecosistema procede a su maduración o estado de equilibrio. Aún cuando a los animales no se les puede considerar como agentes pasivos en la sucesión de un ecosistema, los cambios más significativos los producen las plantas. Así, las sucesiones ecológicas se llaman frecuentemente *sucesiones vegetales*. Al ecosistema en su etapa final en el proceso sucesional se le conoce como *ecosistema maduro* o *comunidad clímax* y contiene un grupo de especies relativamente estables y diversas las cuales interactúan mediante patrones complejos de redes alimenticias. La producción total del ecosistema y su respiración tienden a equilibrarse. Los ecosistemas maduros no son estáticos; están cambiando lentamente a medida que representan modificaciones biológicas autodestructivas. Las variaciones importantes de los ambientes biótico y abiótico pueden causar cambios más rápidos. En su mayor parte, las comunidades clímax constituyen ecosistemas que se han

adaptado a los patrones climáticos y topográficos. Conservan su estabilidad en la medida de su capacidad para responder favorablemente a las distintas alteraciones ambientales a corto plazo como los cambios de las estaciones. Solamente el tiempo y las condiciones específicas que se presentan en el ambiente pueden determinar la estabilidad futura de estos sistemas. Con respecto a la sucesión ecológica, podemos resumir:

- a) Los ecosistemas cambian en forma previsible, ordenada y dirigida.
- b) El cambio es el resultado de las modificaciones del ambiente abiótico por la comunidad biótica.
- c) Este cambio continúa aumentando su complejidad, hasta que da lugar a un ecosistema estabilizado, en el que las interrelaciones de la cantidad máxima de biomasa y el mayor número de organismos o funciones simbióticas se mantienen equiparables a la energía total disponible del ecosistema.
- d) Si una comunidad clímax se simplifica mediante alguna fuerza externa, se redesarrolla hasta que alcanza el equilibrio nuevamente.



## ECOSISTEMAS HUMANOS

El control intensivo ambiental que ha logrado el ser humano para satisfacer necesidades y deseos ha dado como resultado ambientes completamente nuevos que pueden denominarse *ecosistemas humanos*. No existen aislados sino que dependen como cualquier otro ecosistema de la fuente externa de energía, de los distintos ciclos y de las complicadas interrelaciones con los ecosistemas naturales. Desde el punto de vista humano los ecosistemas se dividen de la siguiente manera:

1. *Ecosistemas naturales maduros*, que son los que aparecen en sus estados naturales, es decir, que no son empleados ni habitados por el ser humano.
2. *Ecosistemas naturales controlados*, que, como el nombre indica, son los ecosistemas que controla el hombre para la producción de recursos naturales o para usos recreativos.
3. *Ecosistemas productivos*, que son aquellos que emplea el ser humano para la producción intensiva de alimentos o de recursos naturales.
4. *Ecosistemas urbanos*, o aquellos en los que el hombre vive y trabaja, como las ciudades, las áreas industriales, etc. En estos ecosistemas existen dos tipos de requerimientos: los *biológicos* y los *culturales*.

El que las sociedades contemporáneas encuentren o no una mejor vida para los habitantes del planeta depende del uso inteligente de la capacidad que tiene el ser humano para la modificación ecológica. El mantenimiento del equilibrio vital entre el hombre y los ecosistemas naturales deberá ser parte de la planeación del uso futuro de la tierra. La ecología estudia la integridad del mundo viviente. El éxito

del control humano de los ecosistemas del mundo dependerá de la profundidad con que los haya estudiado previamente. La obtención de rendimientos óptimos sostenidos y también de los recursos de la tierra en forma eficiente, puede lograrse solamente con el conocimiento de la manera natural en que se desarrollan y mantienen los ecosistemas.

Debe tenerse cuidado acerca de lo que se considere el uso más "eficiente" de los ecosistemas de la tierra, pues el ser humano no vive sólo de alimentos y fibras sino que también requiere de la acción amortiguadora que proporcionan los mares y masas de vegetación y agua limpia o improductiva. Los recursos del ciclo vital esencial, sin mencionar las necesidades de recreación y estética, los obtiene mejor el hombre de los panoramas menos productivos. La tierra es nuestro hogar y no meramente un almacén de suministros. En búsqueda de eficiencia a corto plazo, es decir, productividad inmediata, el hombre ha sacrificado la estabilidad a largo plazo. A menos de que el ser humano se considere parte de y no aparte del ambiente, las defensas y la estabilidad naturales ecológicas se verán afectadas adversamente. El hombre aún no considera estos costos ambientales externos. Al obtener máximos rendimientos, al represar los ríos, al pavimentar los caminos y, al construir las ciudades, ha destruido gran parte de la diversidad y de la estabilidad de la tierra. ¿Por cuánto tiempo será posible continuar expandiendo intensivamente la agricultura y las zonas urbanas a expensas del paisaje protector? En algún momento, la diversidad natural deberá protegerse conscientemente. La salud y supervivencia de nuestros ecosistema urbanos y agrícolas se relacionan directamente con la presencia continua de los ecosistema naturales.



Ecosistemas Naturales

## Vocabulario de Ecología

abiótico	cosecha permanente	hidrosfera	resistencia ambiental
amensal	crecimiento poblacional	humedad	resistencia ambiental intrínseca
amensalismo	distancia individual	índice de fertilidad	respiración
atmósfera	demoecología	índice de natalidad inversiones térmicas	retroalimentación
auto ecología	demóstato	ley del diez por ciento	retroalimentación negativa
autoregulación	densidad poblacional	ley de la tolerancia	retroalimentación positiva
autótrofos	densidad social	ley del mínimo	revolución agrícola y social
banco de genoma	depredación	litosfera	revolución de las herramientas
bioma	deriva continental	madura	revolución industrial y científica
biomasa	detritófagos	magnificación biológica	sedimentación de cultivos
biosfera	ecología	mecanismo de retroalimentación	segunda ley de la termodinámica
biótico	ecología humana	meseta homeostática	selección desorganizadora
cadena alimenticias	ecosistema	modelos formales	selección direccional
caracteres de adaptación	ecosistema maduro	mutaciones	selección estabilizante
carnívoros	ecosistema natural controlado	mutualismo	selección natural
carnívoro final	ecosistema natural maduro	nicho	síndrome de adaptación general
ciclo del agua	ecosistema productivo	nivel trófico	síndrome de tensión
ciclo del carbono	ecosistema urbano	omnívoro	sinecología
ciclo del fósforo	efecto de invernadero	parasíticas	sistemas
ciclo del nitrógeno	energía	parasitismo	sistemas abiertos
ciclo hidrológico	energía externa	parasite	sistemas cibernéticos
ciclos biogeoquímicos	energía interna	pirámide de edad	sistema de regulación poblacional
clorofila	entropía	placas tectónicas	sistemas informales
combustibles fósiles	erosión	población	sistemas poblacionales
comensal	estratificación	potencial biótico	sucesión
comensalismo	estratificación espacial	primera ley de la termodinámica	sucesión ecológica
competencia	estratificación horizontal	producción primaria	sucesión vegetal
componentes abióticos	estratificación temporal	productividad del área	tasa bruta de crecimiento
componentes bióticos	estratificación vertical	productividad primaria	tasa bruta de mortalidad
comunidad	estructura de edad	productores	tasa bruta de natalidad
comunidad biótica	eutroficación de cultivos	punto de partida	tasa de crecimiento
comunidad clímax	evaporación	punto de vista cíclico	tasa de migración neta
concentración de la cadena alimenticia	evaporación simultanea	punto de vista energético	temperatura
concentración idiosincrática	evolución	punto de vista poblacional	tensión social
conservación de la energía	fenotipo	rango mínimo óptimo	tensores
contaminación	fijación de la energía solar fotosíntesis	redes alimenticias	territorialidad
contaminación térmica	genotipo	reductores	territorio
contaminante final	herbívoros	regla del diezmo ecológico	transpiración
cooperación	heterótrofos	reproducción diferencial	

## Resumen de Ecología



**Ecología** = estudio de relaciones entre las especies y la totalidad del ambiente. **Ecología humana** se da entre los seres humanos y ambiente. Intercambios energéticos con otras especies vivas. **Auto-ecología** - relación entre ser vivo aislado con su medio. **Democología** = ecología de las poblaciones. **Sinecología** = conjunto de los seres vivos. **Ecosistema** = sistema compuesto por organismos de muchas especies que viven juntos y por los factores físico-químicos del ambiente en un proceso incesante de interacción. **Ecología** = biología de los ecosistemas. **Ecosistema** = unidad básica de interacción organismo-ambiente. **Ecología** es el estudio científico de las interacciones que determinan la distribución y abundancia de los organismos.

**Selección natural** es el mecanismo que mueve la evolución mediante: **(1)** La variación - no se dan individuos idénticos, **(2)** Excedente de descendientes, **(3)** Competencia entre descendientes para

sobrevivir (lucha por la supervivencia), **(4)** Supervivencia del más apto o mejor dotado), **(5)** Rasgos favorecidos se transmitirán. La selección natural es el resultado final de los procesos de la ecología. Los ambientes determinan la evolución. La distribución y abundancia de plantas y animales se fijan por procesos del pasado que inciden en medio ambiente del presente.

**Adaptación, genotipo. fenotipo:** La **selección direccional** = fenotipos en un extremo. La **selección estabilizante** = cerca de la media. La **selección desorganizadora** = extremos se ven favorecidos sobre la media y están destinados a ser eliminadas. La adaptación no produce los "mejores" fenotipos; selección natural sólo puede operar sobre fenotipos disponibles. Sobreviven los "mejores" relativos. Adaptación limitada por 3 fuerzas: **(1)** mutaciones y flujo genético, **(2)** entornos físicos cambian, **(3)** adaptación tiene cantidad limitada de tiempo y energía.



## Resumen de Ecología (continuación)

Modelos, componentes bióticos, componentes abióticos, sistemas poblacionales, comunidades, ecosistemas.

1. **Población:** organismos misma especie.
2. **Comunidad:** todos los componentes bióticos de un área.
3. **Ecosistema:** comunidad en relación con el ambiente inanimado.

- (1) Sistemas **abiertos** (La tierra es un sistema abierto).  
 (2) Sistemas **cibernéticos** = retroalimentación para autorregulación.  
 (**Homeostasis**)

**Sistemas informales** = descritos en términos verbales o gráficos.

**Modelos formales** = se describen matemáticamente.

Bióxido de carbono y el vapor de agua de atmósfera permiten entrada de radiaciones de onda corta, absorben radiaciones infrarrojas (longitud de onda mayor) evitando, en forma semejante al techo de vidrio de un invernadero, que temporalmente el calor abandone al planeta, lo cual da al fenómeno su nombre: **efecto de invernadero**. Se necesita capa atmosférica que reciba la luz visible y absorba la ultravioleta y algo opaca al calor. Actividades humanas pueden afectar equilibrio total de calor de la tierra.

**Fotosíntesis** mediante **clorofila** = fijación de la energía solar, proporciona a organismos vivientes energía para elaborar moléculas complejas, sin la cual la vida no podría existir.

**Autótrofos** = autoalimentadores = capacidad de elaborar las moléculas alimenticias iniciales. **Heterótrofos** = consumen las plantas verdes.

Mediante la respiración las plantas y los animales liberan la energía.

La **primera ley de la termodinámica** establece que la energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma. La **energía** es la capacidad para producir trabajo

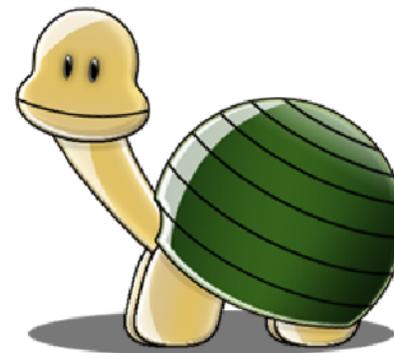
La **segunda ley de la termodinámica** establece que siempre que la energía se transforma tiende a pasar de una forma más organizada y concentrada a otra menos organizada y más dispersa. La cantidad que mide el **grado de desorganización energética** se conoce como **entropía** y la segunda ley de la termodinámica se puede enunciar de la siguiente manera: **la entropía de un sistema nunca puede disminuir- o aumenta o permanece constante.**

**Nivel trófico** = numero de etapas que separan a organismo de producción primaria.

Cadenas alimenticias se entrelazan y se constituyen en **red alimenticia**, productores, consumidores, reductores. Redes alimenticias, cadenas alimenticias.

Herbívoros, carnívoros, carnívoro final, omnívoros.

Cadenas alimenticias **parasíticas** = en las que el productor o el consumidor están parasitados. Cadenas alimenticias **detritófagas** = ingestión de material orgánico muerto o detritus.



## Resumen de Ecología (continuación)

Regla del **diezmo ecológico** o **ley del diez por ciento**:

1. Sólo una pequeña parte de la luz solar que llega a los productores se transforma realmente en materia orgánica, o sea, sustancias ricas en energía.
2. De la energía que el productor obtiene se emplea una gran parte en la respiración y se elimina del sistema.
3. La cantidad total de energía en cada nivel trófico es mucho menor que la del nivel precedente (80 - 90% menos).
4. Los reductores derivan su energía del tejido muerto de los organismos que ocupan todas las etapas precedentes, o sea, todos los niveles tróficos excepto el primero. A veces, esto se considera como una cadena alimenticia detritófaga separada.

Cantidad de material vivo = **biomasa**.

Concentración de la cadena alimenticia = **magnificación biológica**.  
ej. plaguicidas. Absorción selectiva = **concentración idiosincrásica**.

Energía interna, energía externa, combustibles fósiles. A excepción de la energía atómica todas las energías que el hombre consume, internas o externas, proceden originalmente del sol.

Primero el ser humano fue cazador y recolector, a través de los avances tecnológicos recientes, el potencial humano se ha incrementado.

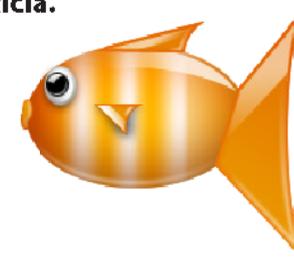
El hombre contemporáneo tecnológico emplea todo tipo de fuentes de energía para hacer funcionar sus herramientas, máquinas, aparatos e instrumentos, haciendo que el consumo energético per capita haya aumentado enormemente, pero también la capacidad de producción de alimentos. Pero esto estimula un incremento en la población humana que, a su vez, ejerce una presión mayor para obtener alimentos, lo cual obliga al ser humano a encontrar medios más efectivos de producción. Esto conduce a un ciclo vicioso o **retroalimentación positiva** que determina una velocidad de crecimiento difícil de contrarrestar.

**Productividad primaria- bruta** = fotosíntesis total; y **neta** = biomasa. **Cosecha permanente** = biomasa presente en un momento específico. **Productividad del área** = ritmo con que área puede producir biomasa.

Mientras que el ser humano ha duplicado la productividad de unas cuantas áreas, ha transformado millones de hectáreas de antiguos pastizales en desiertos.

**Contaminación térmica**: El problema básico es que toda energía se degrada en calor, el contaminante final, de acuerdo a la segunda ley de la termodinámica: La entropía o nivel de desorden en un sistema tiende siempre a aumentar.

**Nivel trófico** = número de etapas que separan a organismo de producción primaria. Cadenas alimenticias se entrelazan y se constituyen en **red alimenticia**.



## Resumen de Ecología (continuación)



Ciclos climáticos, diarios, mes lunar, estaciones.

Una **inversión térmica**: capa de aire caliente descansa sobre otra de aire mas frio. Normalmente la temperatura del aire disminuye con la altura; la condición inversa actúa en forma efectiva como una cubierta que atrapa los contaminantes del aire. Básicamente hay dos tipos de contaminación del aire: **(1)** de humo y niebla y una inversión térmica; y **(2)** el "smog" fotoquímico, como el de la Ciudad de México, que consiste, no de contaminantes iniciales o primarios, sino de los productos que se forman cuando los primarios reaccionan fotoquímicamente. La radiación ultravioleta procedente del sol induce la reacción entre los contaminantes primarios, lo que origina contaminantes secundarios y aun terciarios. Los productos finales corresponden principalmente al ozono y a los aldehídos y compuestos orgánicos que contienen nitrógeno y que pueden producir efectos fisiológicos severos tanto en animales como en plantas. Con un parque vehicular enorme y una formación montañosa que representa una trampa de aire y las frecuentes inversiones térmicas, la ciudad de México constituye un receptor inevitable del "smog" fotoquímico y sus consecuencias.

Placas tectónicas, deriva continental.

**Litosfera** = la tierra sólida

**Hidrosfera** = la zona de agua

**Atmósfera** = envoltura gaseosa.



## Créditos

- 1 Campbell, Bernard  
**Ecología Humana**  
Biblioteca Científica Salvat  
p.9
- 2 **La Ecología**  
Biblioteca Salvat de Grandes Temas  
p.10, 11
- 3 Miracle, Maria Rosa  
**Ecología**  
Aula Abierta Salvat  
p.5
- 4 Sutton, David B. y Harmon, N. Paúl  
**Fundamentos de Ecología**  
Editorial Limusa  
p. 25
- 5 Krebs, Charles J.  
**Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance**  
(Ecología: El Análisis Experimental de la Distribución y Abundancia)  
Third Edition, 1985  
(Tercera Edición, 1985)  
Harper & Row, Publishers  
p. 3-8
- 6 Sutton, David B. y Harmon, N. Paul  
**Fundamentos de Ecología**  
Editorial Limusa



1. La Ecología : Biblioteca Salvat de Grandes Temas (N2 80)
2. Ecología : Aula Abierta Salvat (N2 65)
3. Fundamentos de Ecología, B. Sutton y P. Harmon, Serie Instrucción Programada Limusa
4. Ecology : The Experimental Analysis of Distribution and Abundance, Charles J. Krebs, 3d Edition, Harper International Edition
5. El Origen de la Vida : Biblioteca Salvat de Grandes Temas (N2 17)
6. El Origen del Hombre : Biblioteca Salvat de Grandes Temas (NQ 8)
7. La Evolución de las Especies :Biblioteca Salvat de Grandes Temas (Nº 23)
8. Los Océanos : Biblioteca Salvat de Grandes Temas (NQ 39)
9. El Mundo Vegetal: Biblioteca Salvat de Grandes Temas (N2 65)
10. La Sociedad de Consumo : Biblioteca Salvat de Grandes Temas (N2 54)
11. Crisis Energética y Recursos Naturales : Biblioteca Salvat de Grandes Temas (NQ 45)
12. La Contaminación : Biblioteca Salvat de Grandes Temas (N2 1)
13. La Vida: Origen y Evolución, Benjamín Fernández Ruiz : Aula Abierta Salvat (N2 6)
14. Biología Hoy: El Hombre ante un Mundo en Crisis, Aula Abierta Salvat (NQ 23)
15. El Agua, Cultura y Vida : Aula Abierta Salvat (NQ 35)
16. Del Campo a la Ciudad : Aula Abierta Salvat (N2 64)
17. El Problema Urbano, (Fernando de Terán): Aula Abierta Salvat (NQ 82)
18. Ecología Humana, (Bernard Campbell): Biblioteca Científica Salvat (NQ 15)
19. Las Raíces de la Vida, M. Hoagland : Biblioteca Científica Salvat (N2 5)
20. El Gen Egoísta, Richard Dawkins : Biblioteca Científica Salvat (N2 9)
21. Evolución, Wolfgang Schwoerbel: Biblioteca Científica Salvat (N2 43)
22. El Legado de Darwin, Brian Leith : Biblioteca Científica Salvat (N2 38)
23. Progress for a Small Planet, Barbara Ward,:Penguin Books
24. Only One Earth, Barbara Ward y Rene" Dubos, .Penguin Books
25. Un Dios Interior, Rene" Dubos,: Biblioteca Científica Salvat (N2 26)
26. El Atlas GAIA de la Gestión del Planeta : Editorial Hermann Blume
27. Salvemos la Tierra, Jonathan Porritt, Editorial Aguilar

## Bibliografía





## Directorio

**UNAM**

**Dr José Narro Robles**  
Rector

**Dr. Sergio M. Alcocer Martínez de C.**  
Secretario General

**Mtro. Juan José Pérez Castañeda**  
Secretario Administrativo

**Dra. Rosaura Ruiz Gutiérrez**  
Secretaria de Desarrollo Institucional

**M.C. Ramiro Jesús Sandoval**  
Secretario de Servicios a la Comunidad



## Directorio

**Facultad de Arquitectura**

**Arq. Jorge Tamés y Batta**  
Director

**Arq. J. Cuauhtémoc Vega Memije**  
Secretario General

**Arq. Ángel Rojas Hoyo**  
Secretario Académico

**M. en A. Abel Salto Rojas**  
Secretario Administrativo