



**Gobierno del Estado de México**  
Secretaría de Educación, Cultura y Bienestar Social  
Subsecretaría de Educación Media Superior y Superior



**Tecnológico de Estudios Superiores del Oriente del  
Estado de México**

Organismo Público Descentralizado del Gobierno del Estado de México

---

**CUADERNILLO DE  
ECOLOGÍA  
PARA EL PROGRAMA DE COMPETENCIAS**

**AUTOR  
LIC. LUIS ISRAEL GUERRERO LUCIO**

La paz, estado de México a 27 de junio del 2011



## INDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO 1: ECOSISTEMAS.....	2
1.1 Ecosistema como unidad básica del ambiente .....	3
1.2 Clasificación, estructura y funcionamiento de los ecosistemas.....	4
1.3 Factores bióticos y abióticos.....	7
1.4 Flujo de energía en los ecosistemas.....	9
1.5 Ciclos biogeoquímicos y su importancia.....	13
1.6 Producción Primaria.....	14
1.7 Cadenas tróficas .....	16
Cuestionario de Repaso.....	17
CAPITULO 2: INTERRELACIONES ENTRE LOS ORGANISMOS VIVOS.....	19
2.1 Leyes de la Ecología.....	19
2.1.1 Ley del mínimo de Liebeg.....	21
2.1.2 Ley de la tolerancia de Shelford.....	24
2.2 Adaptación y sucesión de especies .....	25
2.3 Relaciones de comunidades y poblaciones .....	27
2.4 Relaciones de supervivencia .....	28
2.5 Extinción .....	30
Cuestionario de Repaso.....	34
CAPITULO 3: BIODIVERSIDAD.....	35
3.1 Diversidad y organización biológica.....	35
3.2 Dinámica poblacional.....	40
3.2.1 Densidad poblacional.....	41
3.2.2 Principales propiedades de las poblaciones.....	48
3.2.3 Curva de crecimiento poblacional.....	50
3.2.4 Estrategias de crecimiento poblacional “r” y “k”curvas de supervivencia.....	54
3.2.5. Patrones de crecimiento poblacional.....	55
3.2.6. Poblaciones cíclicas y poblaciones no cíclicas.....	57
3.3 Dispersión y conceptos biogeográficos.....	59
Cuestionario de Repaso.....	66
CAPITULO 4: RECURSOS NATURALES.....	67
4.1 Renovables.....	68
4.2 No renovables.....	70
4.3 Explotación de los recursos naturales .....	73
Cuestionario de Repaso.....	76
CAPITULO 5: DETERIORO AMBIENTAL.....	77
5.1 Contaminación del medio ambiente.....	77
5.2 Contaminación del aire .....	82
5.3 Contaminación del suelo.....	87
5.4 Contaminación del agua .....	93
5.5 Desarrollo urbano y explosión demográfica .....	97
Cuestionario de Repaso.....	102

## INTRODUCCIÓN

Todos los seres vivos tienen una manera de vivir que depende de su estructura y fisiología y también del tipo de ambiente en que viven, de manera que los factores físicos y biológicos se combinan para formar una gran variedad de ambientes en distintas partes de la biosfera. Así, la vida de un ser vivo está estrechamente ajustada a las condiciones físicas de su ambiente y también a las bióticas, es decir a la vida de sus semejantes y de todas las otras clases de organismos que integran la comunidad de la cual forma parte.

Cuanto más se aprende acerca de cualquier clase de planta o animal, se ve con creciente claridad que cada especie ha sufrido adaptaciones para sobrevivir en un conjunto particular de circunstancias ambientales. Cada una puede demostrar adaptaciones al viento, al sol, a la humedad, la temperatura, la salinidad y otros aspectos del medio ambiente físico, así como adaptaciones a plantas y animales específicos que viven en la misma región.

La ecología se ocupa del estudio científico de las interrelaciones entre los organismos y sus ambientes, y por tanto de los factores físicos y biológicos que influyen en estas relaciones y son influidos por ellas. Pero las relaciones entre los organismos y sus ambientes no son sino el resultado de la selección natural, de lo cual se desprende que todos los fenómenos ecológicos tienen una explicación evolutiva.

A lo largo de los más de 3000 millones de años de evolución, la competencia, engendrada por la reproducción y los recursos naturales limitados, ha producido diferentes modos de vida que han minimizado la lucha por el alimento, el espacio vital, el cobijo y la pareja.

También podemos definir el término ecología como el estudio de las relaciones mutuas de los organismos con su medio ambiente físico y biótico. Este término está ahora mucho más en la conciencia del público porque los seres humanos comienzan a percatarse de algunas malas prácticas ecológicas de la humanidad en el pasado y en la actualidad. Es importante que todos conozcamos y apreciemos los principios de este aspecto de la biología, para que podamos formarnos una opinión inteligente sobre temas como contaminación con insecticidas, detergentes, mercurio, eliminación de desechos, presas para generación de energía eléctrica, y sus defectos sobre la humanidad, sobre la civilización humana y sobre el mundo en que vivimos.

La palabra ecología es utilizada en los últimos años con mucha frecuencia. La etimología de la palabra proviene del griego: oicos significa: casa y logos significa: discurso.

La ecología estudia las interrelaciones que regulan la distribución y abundancia de los seres vivos. Pero como es imposible estudiar todas las interrelaciones del planeta, se estudian principalmente tres niveles de integración:



Los primeros hombres que caminaron la tierra ya hacían ecología cuando elegían un área de búsqueda para encontrar los alimentos. Eso no estaba protocolizado como tal y probablemente era inconsciente, pero sí lograban aprender en qué épocas y regiones podía encontrar sus fuentes de energía. Estaban aplicando ecología.

Los seres vivos están en permanente contacto entre sí y con el ambiente físico en el que viven. La ecología analiza cómo cada elemento de un ecosistema afecta los demás componentes y cómo es afectado. Es una ciencia de síntesis, pues para comprender la compleja trama de relaciones que existen en un ecosistema toma conocimientos de botánica, zoología, fisiología, genética y otras disciplinas como la física, la química y la geología.

La ecología ha alcanzado enorme trascendencia en los últimos años. El creciente interés del hombre por el ambiente en el que vive se debe fundamentalmente a la toma de consciencia sobre los problemas que afectan a nuestro planeta y exigen una pronta solución.

## **CAPITULO 1**

### **ECOSISTEMAS**

#### **Competencias**

- Conocer y comprender los conceptos fundamentales de las relaciones entre los organismos y su medio ambiente para identificar y promover las condiciones de un desarrollo sustentable.

#### **1.1 Ecosistema como unidad básica del ambiente**

Un ecosistema es un conjunto de diversas especies que interactúan entre sí formando comunidades y con su ambiente abiótico. Incluye todos los elementos físicos, químicos y biológicos para sostener la vida en un espacio dado. Es por lo tanto la mínima unidad de funcionamiento de la vida. Sin embargo los ecosistemas no están aislados, tienen relaciones entre sí e influyen indirectamente unos sobre otros. En la mayoría de ecosistemas es muy difícil establecer la división exacta entre un ecosistema y el ecosistema contiguo. En estos ecosistemas se produce un espacio de interacción denominado ecotono. Un ecotono es importante ya que tiene una elevada biodiversidad conformada por poblaciones de los dos ecosistemas. El ecotono sirve de refugio para las especies en caso de alteración de los ecosistemas.

Es un sistema dinámico relativamente autónomo formado por una comunidad natural y su medio ambiente físico. El concepto, que empezó a desarrollarse en las décadas de 1920 y 1930, tiene en cuenta las complejas interacciones entre los organismos -plantas, animales, bacterias, algas, protozoos y hongos, entre otros- que forman la comunidad y los flujos de energía y materiales que la atraviesan.

Los ecólogos emplean el término ecosistema para indicar una unidad natural de partes vivientes o inertes, con interacciones mutuas para producir un sistema estable en el cual el intercambio de sustancias entre las plantas vivas e inertes es de tipo circular. Un ecosistema puede ser tan grande como el océano o un bosque, o uno de los ciclos de los elementos, o tan pequeño como un acuario que contiene peces tropicales, plantas verdes y caracoles. Para calificarla de un ecosistema, la unidad ha de ser un sistema estable, donde el recambio de materiales sigue un camino circular.

En otras palabras el ecosistema es el conjunto de factores abióticos y bióticos de una determinada zona, y la interacción que se establece entre ellos. La interacción entre el medio abiótico y biótico se produce cada vez que un animal se alimenta y después elimina sus desechos, cada vez que ocurre fotosíntesis, al respirar, etcétera.

Krebs (1985), define ecosistema como una comunidad biótica y su ambiente abiótico, señala que puede considerarse a todo el planeta como un solo ecosistema.

Un ecosistema es entonces una unidad estructural formada por diversos componentes que al funcionar en conjunto determinan la unidad. Para estudiar los ecosistemas podemos definir sus componentes y determinar las funciones que se dan dentro de estos.

## **1.2 Clasificación, estructura y funcionamiento de los ecosistemas**

Al estar un ecosistema formado por seres vivos tiene una composición y funciones propias. No existen dos ecosistemas iguales, cada ecosistema difiere de los demás. Algunos ejemplos de ecosistemas pueden ser: los desiertos, los bosques tropicales lluviosos, los ecosistemas marinos, los ecosistemas de manglar y los bosques secos, entre otros.

¿Qué hace que ellos sean tan diferentes? Son tan diferentes debido a que las cantidades de luz solar y lluvia son muy diferentes. ¡Y también la temperatura es diferente! Igualmente, cada uno tiene plantas y animales especiales que viven allí. (fig. 1).

### *Bosque lluvioso tropical*

Miles de especies de plantas y animales viven en los bosques lluviosos del mundo. En los bosques lluviosos tropicales puede llover hasta ¡3000 milímetros! en un año. Eso es mucho en comparación con el resto del mundo. La temperatura casi nunca cambia; aquí siempre es caluroso y muy húmedo. Quizás hayas visto una película en la que aparecen gente caminando por la selva (selva es lo mismo que bosque lluvioso tropical); se ven toda clase de plantas por su camino. Pero en los verdaderos bosques lluviosos, casi todo el espacio es tomado por árboles altos los cuales bloquean la luz solar por lo que muy pocas plantas pueden crecer debajo de ellos.

### *Desierto*

Los desiertos son lugares muy calientes y secos. Cada año, llueve muy poco en los desiertos. Entonces, ¿cómo logran vivir en ellos las plantas y animales? Pero, primeramente, ¿sabes cómo luce un desierto? Está formado de arena y rocas y, a veces, la arena es ¡roja!. No hay muchas nubes sobre los desiertos, así que puede hacer mucho calor durante el día y hacer frío en la noche.

### *Bosque templado*

Los bosques templados se encuentran en todo el mundo. Los bosques templados son diferentes a los bosques lluviosos tropicales. Los bosques lluviosos se encuentran en lugares que son cálidos durante todo el año. Pero los bosques templados pueden existir en áreas de inviernos fríos, ¡incluso donde hay nieve!

Si hay suficiente agua para que crezcan los árboles, entonces se desarrolla un bosque templado. Si no, se desarrolla una pradera.

### *Tundra*

Es posible encontrar la tundra en Alaska, Canadá, Groelandia y Rusia. La tundra es especial debido a que presenta un suelo congelado. El cual llega hasta la superficie de la tundra durante la mayor parte del año.

Durante el verano, el sol derrite el hielo superficial y las plantas pueden crecer. No pueden crecer árboles debido a que el suelo está congelado a muy poca profundidad. Muchos animales van a la tundra en el verano, ¡y algunos incluso permanecen durante el frío invierno!.

### *Pradera*

¿Sabes a que se asemeja una pradera? Es como un campo de pasto. Pero hay muchas clases diferentes de pasto; algunas lucen muy diferentes al pasto del jardín de tu casa.

Las praderas son un componente importante de la superficie terrestre. Hay praderas en todos los continentes excepto en la Antártica. Muchas clases diferentes de animales viven en las praderas del mundo

### *Taiga*

La taiga es el bosque que se desarrolla al Sur de la tundra. En ella abundan las coníferas (Picea, abetos, alerces y pinos) que son árboles que soportan las condiciones de vida -relativamente frías y extremas- de esas latitudes y altitudes, mejor que los árboles caducifolios.

El ecosistema de la taiga está condicionado por dos factores:

Las bajas temperaturas durante la mayor parte del año y la escasez de agua.

La vegetación dominante en la taiga es el bosque de coníferas y los animales que viven en la taiga tienen que estar adaptados a las duras condiciones invernales. Algunos son especies migratorias y otros resisten el frío encerrándose en sus madrigueras en un estado de hibernación que les permite pasar esos meses encerrados, con muy poco gasto de energía.

### *Chaparral*

El chaparral está caracterizado por arbustos siempre verdes, esclerófilos de raíces profundas, hojas pequeñas y duras que soportan períodos de sequía extrema.

De acuerdo a sus características y especies comunes, el chaparral puede ser dividido en tres tipos: Costero, Intermedio y de Altitud. El primero de ellos se encuentra asociado al matorral costero, y se presenta por lo general en cañones y cañadas en la línea de costa. El intermedio se distribuye hacia la parte continental, y toma el nombre de la especie característica, la cual puede ser chamizo, manzanita o encino arbustivo. Por último, el chaparral de altitud se presenta a elevaciones mayores a los 800 m, en lo que corresponde a la zona límite con el bosque de coníferas.



## Océano

Es el ecosistema que más abunda en el planeta ya que ocupa el 75 % de el.

El mar se divide en dos regiones o dominios.

El dominio BENTÓNICO lo constituyen las especies, tanto fijas como móviles, que están relacionadas con el fondo marino.

El dominio PELÁGICO lo constituyen las especies que viven en las aguas libres sin conexión con el fondo y que a su vez se clasifican como:

NECTON si pueden desplazarse voluntariamente

PLANCTON si se dejan llevar por la corriente

NEUSTON si flotan en superficie.

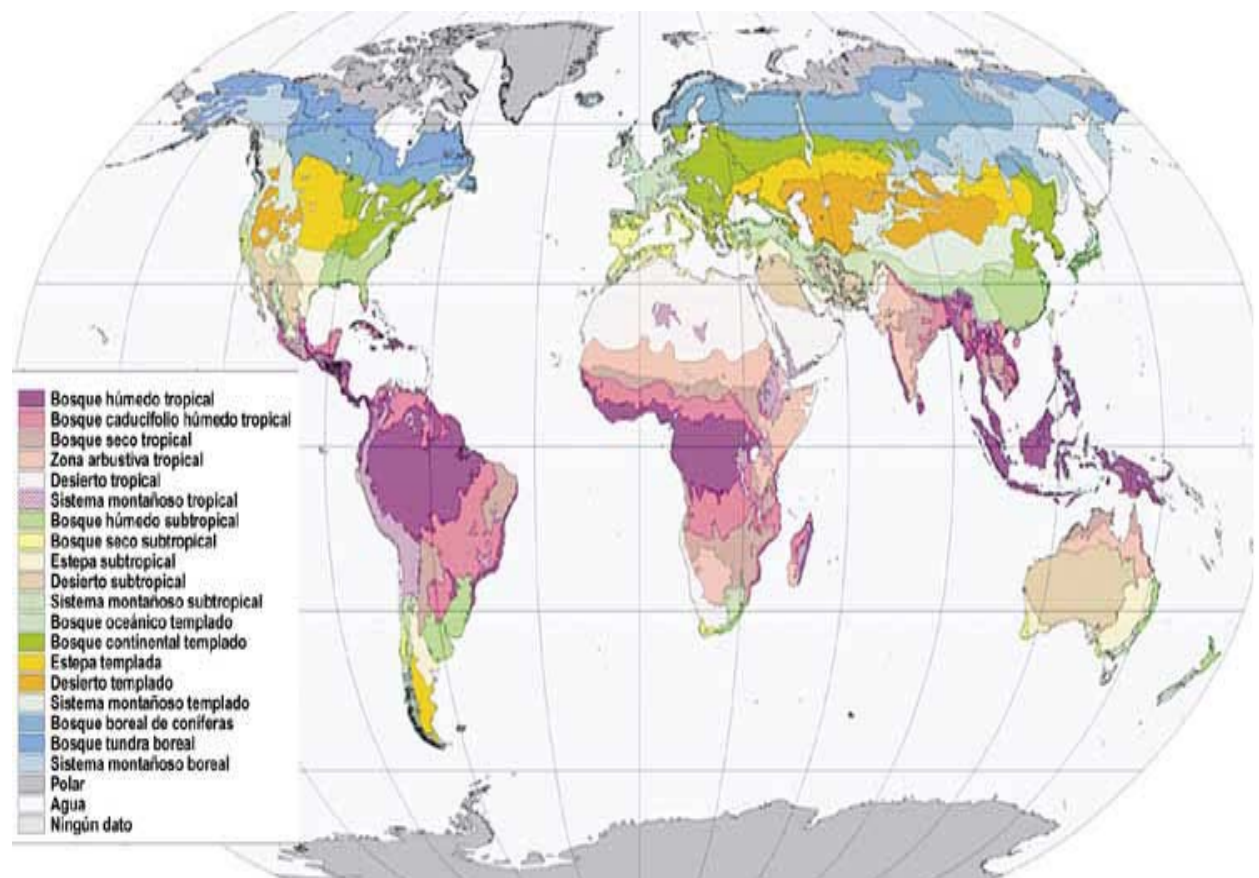


Fig. 1. Nos muestra los distintos tipos de ecosistemas a nivel mundial.

Todos los ecosistemas tienen los siguientes componentes:

1. **Sustancias inorgánicas**; estas conforman principalmente la parte abiótica del ecosistema, en los seres vivos están presentes en pequeñas cantidades. Se encuentran formando el aire, el agua y el suelo. Son sustancias inorgánicas el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), el oxígeno ( $\text{O}_2$ ), el fósforo (P), el nitrógeno ( $\text{N}_2$ ) y algunas sales. Las sustancias inorgánicas tienen una gran influencia en los demás componentes del ecosistema y en la distribución de los seres vivos.

2. **Compuestos orgánicos;** Conforman los componentes vivos del ecosistema. Todos los compuestos orgánicos tienen carbono en su composición. El carbono está en la mayoría de los casos combinado con el hidrógeno, el oxígeno, el nitrógeno y/o el azufre. Son compuestos orgánicos la clorofila, las grasas, las proteínas, los carbohidratos, el detritus, entre otros.

3. **Factores ambientales físicos;** son todos los factores climáticos, como los rayos, los truenos, las lluvias y la calidad de la luz.

4. **Productores;** organismos que llevan a cabo procesos de síntesis. Transforman sustancias inorgánicas en compuestos orgánicos. Son productores las plantas en el caso de ecosistemas terrestres, las macroalgas y el fitoplancton (microalgas) en el caso de ecosistemas acuáticos.

5. **Consumidores;** son organismos que se alimentan de otros organismos o de la materia orgánica. Aprovechan de esta manera la síntesis realizada por otros organismos. Son consumidores los venados, las ardillas, los osos, los peces y el zooplancton. Los consumidores primarios son aquellos que se alimentan de organismos autótrofos, los consumidores secundarios en cambio solo pueden alimentarse de heterótrofos.

### 1.3 Factores bióticos y abióticos

Todos los factores químico-físicos del ambiente son llamados factores abióticos (de a, "sin", y bio, "vida). Los factores abióticos más conspicuos son la precipitación (lluvia más nevada) y temperatura; todos sabemos que estos factores varían grandemente de un lugar a otro, pero las variaciones pueden ser aún mucho más importantes de lo que normalmente reconocemos.

No es solamente un asunto de la precipitación total o la temperatura promedio. Por ejemplo, en algunas regiones la precipitación total promedio es de más o menos 100 cm por año que se distribuyen uniformemente por el año. Esto crea un efecto ambiental muy diferente al que se encuentra en otra región donde cae la misma cantidad de precipitación pero solamente durante 6 meses por año, la estación de lluvias, dejando a la otra mitad del año como la estación seca.

Igualmente, un lugar donde la temperatura promedio es de 20° C y nunca alcanza el punto de congelamiento es muy diferente de otro lugar con la misma temperatura promedio pero que tiene veranos ardientes e inviernos muy fríos.

De hecho, la temperatura fría extrema –no temperatura de congelamiento, congelamiento ligero o varias semanas de fuerte congelamiento– es más significativa biológicamente que la temperatura promedio. Aún más, cantidades y distribuciones diferentes de precipitación pueden combinarse con diferentes

patrones de temperatura, lo que determina numerosas combinaciones para apenas estos dos factores.

Pero también otros factores abióticos pueden estar involucrados, incluyendo tipo y profundidad de suelo, disponibilidad de nutrientes esenciales, viento, fuego, salinidad, luz, longitud del día, terreno y pH (la medida de acidez o alcalinidad de suelos y aguas).

Resumiendo, podemos ver que los factores abióticos, que se encuentran siempre presentes en diferentes intensidades, interactúan unos con otros para crear una matriz de un número infinito de condiciones ambientales diferentes.

### Factores Bióticos

Un ecosistema siempre involucra a más de una especie vegetal que interactúan con factores abióticos. Invariablemente la comunidad vegetal está compuesta por un número de especies que pueden competir unas con otras, pero que también pueden ser de ayuda mutua.

Pero también existen otros organismos en la comunidad vegetal: animales, hongos, bacterias y otros microorganismos. Así que cada especie no solamente interactúa con los factores abióticos sino que está constantemente interactuando igualmente con otras especies para conseguir alimento, cobijo u otros beneficios mientras que compite con otras (e incluso pueden ser comidas). Todas las interacciones con otras especies se clasifican como factores bióticos; algunos factores bióticos son positivos, otros son negativos y algunos son neutros.

En la naturaleza, las poblaciones de diferentes especies no se encuentran aisladas, integrándose dentro de las comunidades.

Una comunidad se define como un conjunto de poblaciones que habitan un ambiente común y se encuentran en interacción recíproca.

Las relaciones que se establecen entre poblaciones pertenecientes a la misma especie (intraespecíficas) o diferentes especies (interespecíficas), responde a dos modelos:

1. Facultativas. Las especies aisladas no se influyen, sin embargo, cuando están en contacto siguen indiferentes o se perjudican mutuamente (competencia).
2. Obligatorias. Cuando dos especies de forma de vida diferente, al estar en contacto, una de ellas obtiene un beneficio no recíproco de su asociación con la otra (depredación, parasitismo y comensalismo), o ambas se benefician mutuamente (mutualismo). En todos los casos, al menos una de las especies necesita de la otra para su supervivencia.

## 1.4 Flujo de energía en los ecosistemas.

El funcionamiento de todos los ecosistemas es parecido. Todos necesitan una fuente de energía que, fluyendo a través de los distintos componentes del ecosistema, mantiene la vida y moviliza el agua, los minerales y otros componentes físicos del ecosistema. La fuente primera y principal de energía es el sol.

En todos los ecosistemas existe, además, un movimiento continuo de los materiales. Los diferentes elementos químicos pasan del suelo, el agua o el aire a los organismos y de unos seres vivos a otros, hasta que vuelven, cerrándose el ciclo, al suelo o al agua o al aire.

En el ecosistema la materia se recicla -en un ciclo cerrado- y la energía pasa -fluye- generando organización en el sistema. (Figura 2).

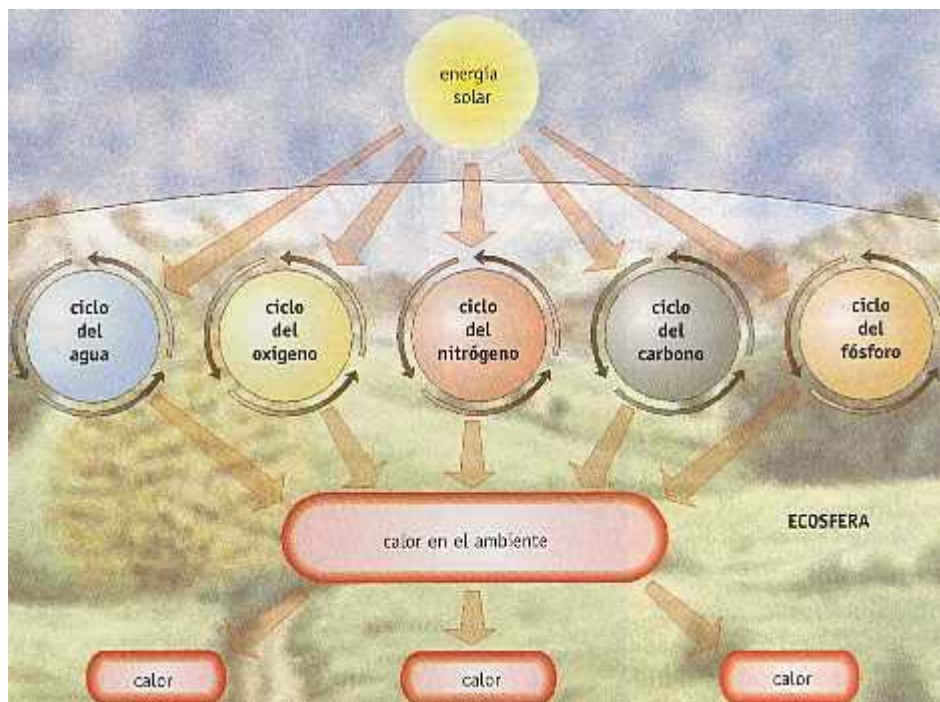


Figura 2.- Flujo de energía entre los ciclos biogeoquímicos.

Los Ciclos Bioquímicos son fenómenos naturales que ocurren de manera constante y cíclica para mantener la vida. Estos son los ciclos del agua, carbono, nitrógeno y Oxígeno.

El agua es un elemento indispensable para la vida, por esto, al conocer su ciclo estamos conociendo al mismo tiempo, su racional aprovechamiento y conservación (figura 3). Las tres cuartas partes de la tierra es agua, (sólido, líquido y gaseoso) existe en los océanos, mares, ríos, lagos, zonas polares, en la atmósfera o debajo de la tierra; por lo tanto la misma está en constante movimiento y comprende los siguientes pasos:

- Evaporación por acción del sol y la formación de nubes.

- Las nubes, por acción del viento se desplazan hacia la tierra, donde los mismos se enfrían para que produzcan gotas pequeñas que quedan suspendidas en la atmósfera a través de la condensación.
- La precipitación ocurre cuando las gotas de agua que están suspendidas en la atmósfera caen en forma de lluvia, granizo o nieve. Cuando el agua cae se filtra por los suelos, o corre por la superficie formando los ríos hasta que llegan al mar



Figura 2.- Ciclo del agua

### El Ciclo del carbono

El carbono es un elemento químico que se encuentra en todas las moléculas orgánicas, se conoce como dióxido de carbono (figura 4) o anhídrido carbónico, además se encuentra en el agua y en el aire, es el producto final en el proceso de respiración ya que todos los seres vivos lo expulsamos al respirar.

Mediante el proceso de fotosíntesis, las plantas verdes sintetizan materia orgánica y para ello utilizan carbono del para formar los glúcidos que están formados por átomos de carbono.

Los productores y los consumidores cuando utilizan la energía que hay dentro de estos compuestos, el anhídrido carbónico es devuelto a la atmósfera y al agua por medio de la respiración celular y otras funciones biológicas donde sería utilizado nuevamente por las plantas verdes para incorporarlo a la materia orgánica y así continua el ciclo.

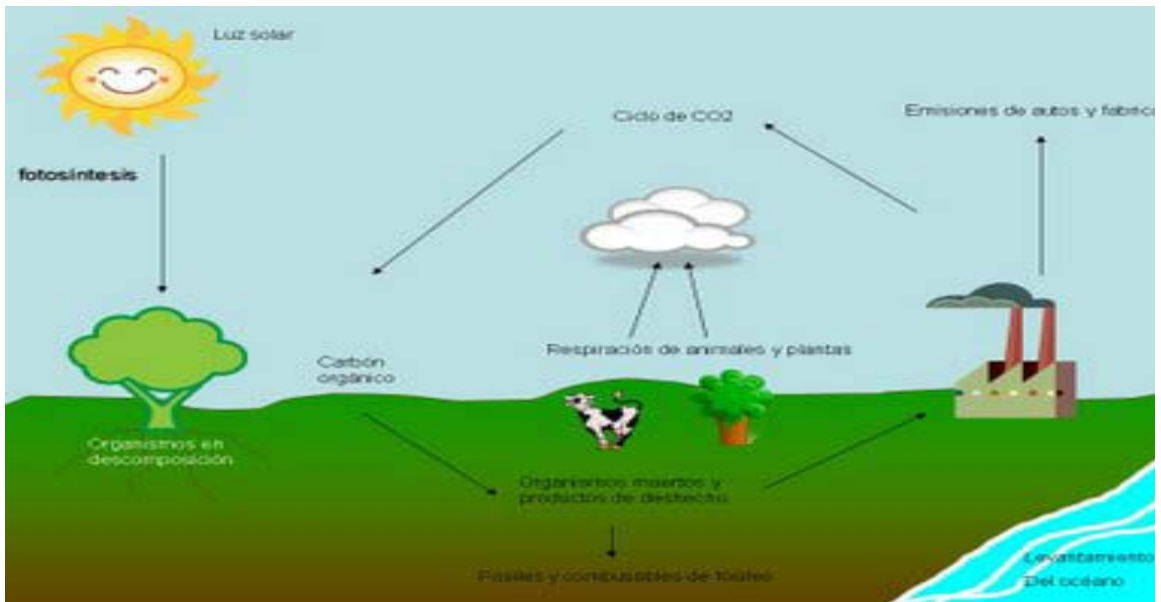


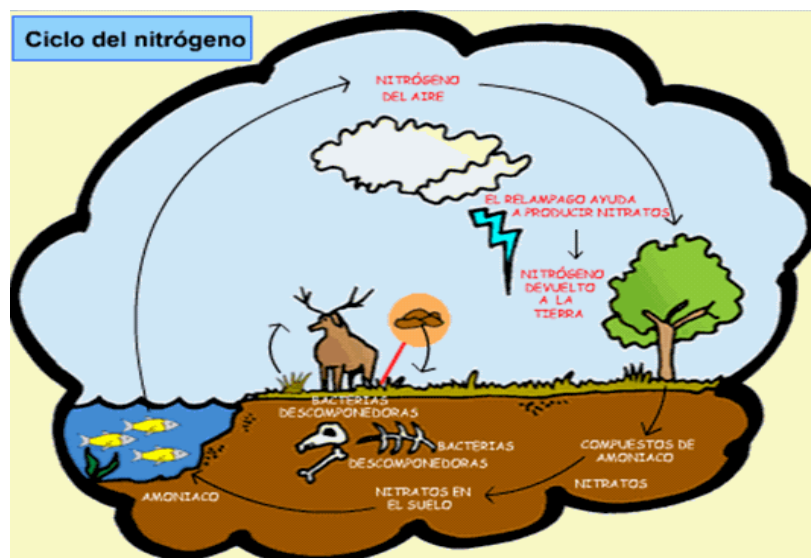
Figura 4.- Ciclo del Carbono

### EL CICLO DEL NITRÓGENO.

En un ecosistema, complejo formado por una comunidad biótica y por agentes físico-químicos íntimamente relacionados, el ciclo del nitrógeno es bastante complicado, porque las plantas lo toman combinado, formando unos determinados compuestos asimilables, es necesario para ello la presencia e intervención de microorganismos como las bacterias. Las plantas verdes absorben el nitrógeno bajo la forma de nitratos del suelo que luego se constituyen en aminoácidos, (figura 5).

Los animales toman este nitrógeno que, con la muerte, putrefacción y descomposición ocasionada por las bacterias se desprende amoniaco que después es transformado en nitritos y finalmente en nitratos por las bacterias nitrificantes. El nitrógeno atmosférico también es utilizado directamente por ciertas bacterias, las cuales son capaces de fijar el nitrógeno e incorporarlo a la materia orgánica de la cual están constituidos.

Figura 5



## El Ciclo del Oxígeno

Cuando se realiza el proceso fotosintético, parte del oxígeno que se libera es utilizado por los seres vivos durante la respiración en la formación del dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) una parte se mezcla con el monóxido de carbono para formar el dióxido de carbono y otra parte se integra en la formación de la capa de ozono, (figura 6).

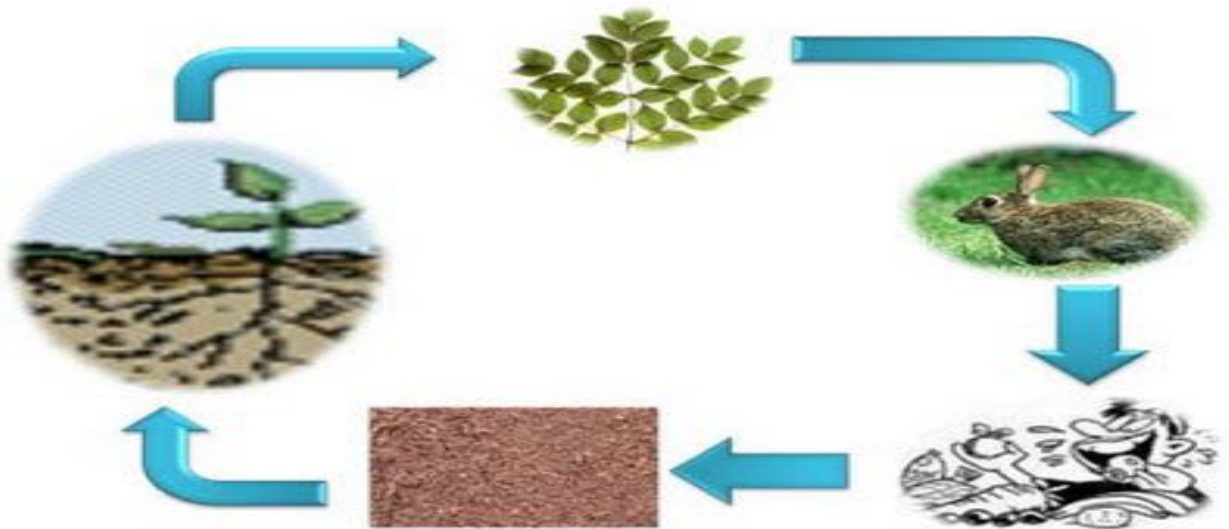
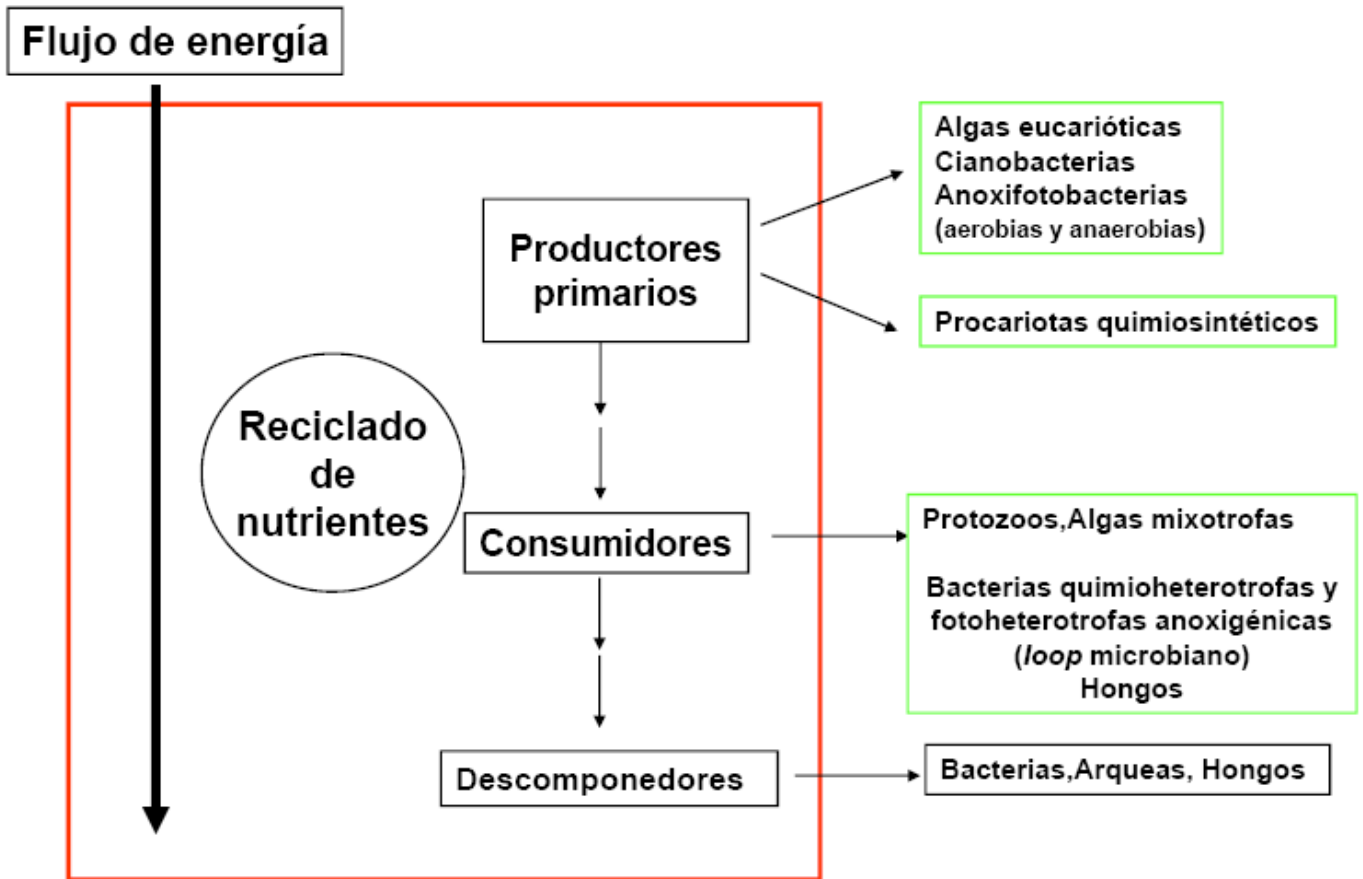


Figura 6.- Ciclo del oxígeno

El ecosistema se mantiene en funcionamiento gracias al **flujo de energía** que va pasando de un nivel al siguiente. La energía fluye a través de la cadena alimentaria sólo en una dirección: va siempre desde el sol, a través de los productores a los descomponedores. La energía entra en el ecosistema en forma de energía luminosa y sale en forma de energía calorífica que ya no puede reutilizarse para mantener otro ecosistema en funcionamiento. Por esto no es posible un ciclo de la energía similar al de los elementos químicos.

En el flujo de energía y de nutrientes inorgánicos, es posible hacer algunas generalizaciones:

1. La fuente primaria (en la mayoría de los ecosistemas) de energía es el sol.
2. El destino final de la energía en los ecosistemas es perderse como calor.
3. La energía y los nutrientes pasan de un organismo a otro a través de la cadena alimenticia a medida que un organismo se come a otro.
4. Los descomponedores extraen la energía que permanece en los restos de los organismos.
5. Los nutrientes inorgánicos son reciclados pero la energía no. (Fig. 3)



### 1.5 Ciclos biogeoquímicos y su importancia

Los ciclos biogeoquímicos describen el movimiento y la conversión de materiales por actividades bioquímicas mediante los cuales los elementos circulan por vías características entre la parte biótica y abiótica de la ecosfera.

Los ciclos biogeoquímicos incluyen transformaciones Físicas:

- Disolución
- Precipitación
- Volatilización
- Fijación

Y transformaciones Químicas:

- Biosíntesis
- Biodegradación
- Bio/transformaciones óxido-reductoras. (Fig. 7)



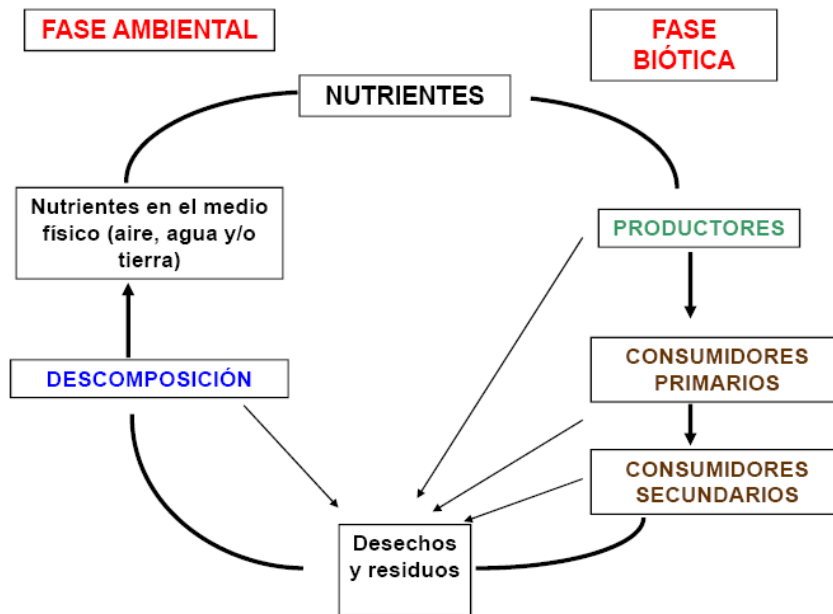


Figura 7.- Biotransformación de nutrientes

## 1.6 Producción Primaria

La productividad es una característica de las poblaciones que sirve también como índice importante para definir el funcionamiento de cualquier ecosistema. Su estudio puede hacerse a nivel de las especies, cuando interesa su aprovechamiento económico, o de un medio en general.

Las plantas, como organismos autótrofos, tienen la capacidad de sintetizar su propia masa corporal a partir de los elementos y compuestos inorgánicos del medio, en presencia de agua como vehículo de las reacciones y con la intervención de la luz solar como aporte energético para éstas.

El resultado de esta actividad, es decir los tejidos vegetales, constituyen la producción primaria. Más tarde, los animales comen las plantas y aprovechan esos compuestos orgánicos para crear su propia estructura corporal, que en algunas circunstancias servirá también de alimento a otros animales, eso es la producción secundaria. En ambos casos, la proporción entre la cantidad de nutrientes ingresados y la biomasa producida nos dará la llamada productividad, que mide la eficacia con la que un organismo puede aprovechar sus recursos tróficos. Pero el conjunto de organismos y el medio físico en el que viven forman el ecosistema, por lo que la productividad aplicada al conjunto de todos ellos nos servirá para obtener un parámetro con el que medir el funcionamiento de dicho ecosistema y conocer el modo en que la energía fluye por los distintos niveles de su organización.

La productividad es uno de los parámetros más utilizados para medir la eficacia de un ecosistema, calculándose ésta en general como el cociente entre una variable de salida y otra de entrada.

Los productores primarios son los organismos que hacen entrar la energía en los ecosistemas. Los principales productores primarios son las plantas verdes terrestres y acuáticas, incluidas las algas, y algunas bacterias. Forman el 99,9% en peso de los seres vivos de la biosfera.

Cuando se habla de producción de un ecosistema se hace referencia a la cantidad de energía que ese ecosistema es capaz de aprovechar. Una pradera húmeda y templada, por ejemplo, es capaz de convertir más energía luminosa en biomasa que un desierto y, por tanto, su producción es mayor.

La producción primaria bruta de un ecosistema es la energía total fijada por fotosíntesis por las plantas. La producción primaria neta es la energía fijada por fotosíntesis menos la energía empleada en la respiración, es decir la producción primaria bruta menos la respiración.

Cuando la producción 1ª neta es positiva, la biomasa de las plantas del ecosistema va aumentando. Es lo que sucede, por ejemplo, en un bosque joven en el que los árboles van creciendo y aumentando su número. Cuando el bosque ha envejecido, sigue haciendo fotosíntesis pero toda la energía que recoge la emplea en la respiración, la producción neta se hace cero y la masa de vegetales del bosque ya no aumenta. (Cuadro 1).

**Cuadro 1**

<b>Producción en la biosfera</b>			
	Producción anual (entre bruta y neta) (gC/m <sup>2</sup> )	Extensión (10 <sup>6</sup> km <sup>2</sup> )	Producción anual (10 <sup>6</sup> ton C)
Bosques	400	41	16 400
Cultivos	350	15	5 250
Estepas y pastos	200	30	6 000
Desiertos	50	40	2 000
Rocas, hielos, ciudades	0	22	0
Tierras		148	29 650
Océanos	100	361	36 100
Aguas continentales	100	1.9	190
Aguas		362.9	36 290
Total			65 940

En el concepto de eficiencia no interesa sólo la cantidad total de energía asimilada por el ecosistema en energía química sino que proporción es del total de energía luminosa que le llega al ecosistema.

Llamamos eficiencia de la producción primaria al cociente entre la energía fijada por la producción primaria y la energía de la luz solar que llega a ese ecosistema.

El proceso de fotosíntesis podría llegar a tener una eficiencia teórica de hasta un 9% de la radiación que llega a la superficie, sobre las plantas. Es decir un 2% de la energía que llega a la parte alta de la atmósfera. Pero nunca se han medido, en la realidad, valores tan altos. El valor máximo observado, en un caso muy especial de una planta tropical con valores de iluminación muy altos, ha sido de un 4,5% de la radiación total que llegaba a la planta.

Al analizar la productividad en los ecosistemas resulta muy interesante el cociente productividad neta / biomasa. Así, por ejemplo, en una población de algas en la que cada alga se dividiera en dos iguales cada 24 horas, ese cociente sería de 1 (eficiencia del 100%). Significa que cada gramo de algas dobla su peso en 24 horas.

La relación productividad / biomasa es muy alta en el plancton, puede ser cercana al 100% diario. Esto quiere decir que la población se renueva con gran rapidez. Significaría que pueden llegar a tener tasas de renovación de hasta un día.

En la vegetación terrestre el valor suele estar entre un 2 y un 100% anual lo que significa tasas de renovación de entre 1 y 50 años.

### **1.7 Cadenas tróficas**

Desde el punto de vista trófico o alimentario, los distintos elementos de la biocenosis está interrelacionados entre si mediante cadenas tróficas, que son secuencias coordinadas de organismos en los que unos se "comen" a otros antes de ser "comidos" a su vez.

Para comprender mejor cómo fluye la energía en un ecosistema, los seres vivos se agrupan en una serie de niveles alimentarios o tróficos, caracterizados por una alimentación semejante, denominados productores, consumidores y descomponedores.

Los productores forman el primer nivel trófico, estando integrado por organismos autótrofos que, mediante la fotosíntesis, transforman la energía luminosa en energía química, la cual acumulan en forma de compuestos orgánicos elaborados a partir de materia inorgánica. Son productores todas las plantas verdes, las algas y las bacterias quimiosintéticas.

Los consumidores son organismos heterótrofos, que se nutren de materiales orgánicos ya elaborados, al ser incapaces de producir su propio alimento. Se subdividen en:

Consumidores primarios: son los herbívoros, que comen plantas o algas, y los parásitos de plantas verdes. La mayor parte de la materia orgánica consumida por los herbívoros se elimina sin digerir, utilizándose la energía procedente del material digerido para mantener sus procesos metabólicos y realizar sus actividades cotidianas.

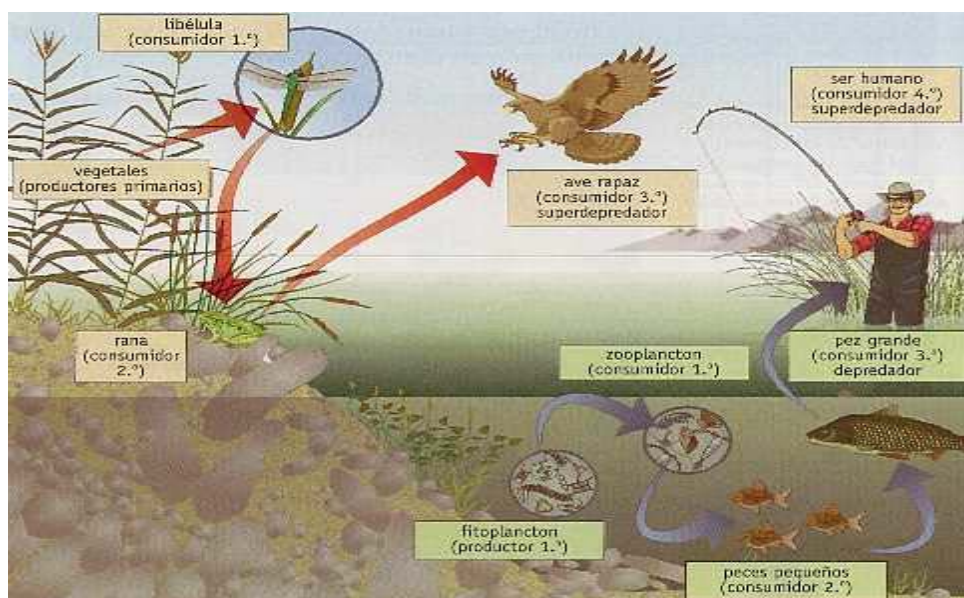
Los consumidores secundarios son los carnívoros que se alimentan de herbívoros; apareciendo frecuentemente consumidores de tercer y cuarto orden, aunque cinco eslabones son usualmente el límite. Estos consumidores (carpa, león, águila, pulga, etc.), pueden ser depredadores o parásitos.

También pueden aparecer omnívoros, que son animales con una alimentación variada (vegetales, herbívoros o carnívoros), entre los que se encuentra el hombre.

En cada nivel trófico disminuye la cantidad total de energía almacenada en la biomasa animal, y en consecuencia, disponible para otros consumidores.

Los descomponedores, se alimentan de productos de desecho, excrementos o materia orgánica muerta asegurando el retorno de los materiales inorgánicos al suelo o al agua, de manera que puedan ser nuevamente utilizados por los productores. Para ello, los transforman en compuestos inorgánicos y humus que enriquece el suelo favoreciendo el desarrollo de los vegetales. Su labor es esencial para el reciclaje de la materia y el equilibrio de la biosfera.

La cadena trófica comienza con el productor primario y sobre ella se establecen los siguientes eslabones tróficos, pero un animal puede variar su dieta y alimentarse de organismos de diferentes niveles. Debido a ello, en la mayoría de los ecosistemas, el flujo de la energía no se realiza en un proceso lineal simple del tipo hierba-vaca-hombre, existiendo una compleja trama alimentaria, denominada red trófica, la cual se representa mediante un esquema de flechas que nos indica quién se come a quién. (Fig. 8)



## **CUESTIONARIO DE REPASO**

- 1.- Define ecología
- 2.- Que es un ecosistema y da tres ejemplos
- 3.- Como se clasifican los ecosistemas
- 4.- ¿Qué es un factor biótico?
- 5.- ¿Qué es un factor abiótico?
- 6.- ¿Cual es el elemento principal para el flujo de energía?
- 7.- ¿Qué es un Ciclo biogeoquímico?
- 8.- ¿Cómo se da la producción primaria?
- 9.- ¿Qué es una cadena trófica?
- 10.- Elabora un ejemplo de cadena trófica

## **CAPITULO 2**

### **INTERRELACIONES ENTRE LOS ORGANISMOS VIVOS**

#### **Competencias**

- Capacidad de conocer e identificar todos los aspectos físicos y biológicos que influyen en una población; así como las condiciones medioambientales que pueden favorecer o perjudicar la vida de cualquier ser vivo en el planeta.

#### **2.1 LEYES DE LA ECOLOGÍA**

Un problema de los estudios ecológicos hasta el momento es la abundancia de estudios particulares pero sin que sea posible referirlos a unas leyes ecológicas generales ni mucho menos a una teoría ecológica general. La carencia de un marco teórico general puede estar en gran modo condicionada por la gran dificultad, y en la práctica la casi imposibilidad, de llevar a cabo experiencias significativas con variables controladas. La ecología está por eso más cerca de ser una ciencia observacional que experimental. Ante esta situación han sido varios los intentos de formular leyes generales en ecología, como el de Lawton (LAWTON, 1999), que atendiendo a tres principios, termodinámica, estequiometría y selección natural, y enfatizando los aspectos en la mesoescala pero omitiendo otros no ha permitido alcanzar hasta el momento resultados suficientemente satisfactorios.

Jørgensen y Fath (JØRGENSEN, FATH, 2004) presentan una tentativa que partiendo de múltiples contribuciones pretenden pueda servir para explicar las observaciones ecológicas. Los principios básicos observacionales de la teoría de ecosistemas que proponen son ocho, agrupados en tres categorías:

#### Contexto medioambiental

1) Todos los ecosistemas son sistemas abiertos embebidos en un entorno del que reciben energía-materia (input) y descargan energía-materia (output). Desde un punto de vista termodinámico este es un prerequisite para los procesos ecológicos. Si los ecosistemas estuviesen aislados, sin limitar con una fuente de energía de baja entropía y un sumidero de energía de alta entropía, se aproximarían al equilibrio termodinámico sin vida y sin gradientes.

2) Los ecosistemas poseen varios niveles de organización y operan jerárquicamente. Este principio se utiliza reiteradamente cuando se describen ecosistemas: átomos, moléculas, células, organismos, poblaciones, comunidades, ecosistemas y la ecosfera.

3) Termodinámicamente la vida basada en el carbono tiene un dominio de viabilidad entre 250 – 350 K aproximadamente. Es dentro de este rango donde existe un balance adecuado entre los procesos opuestos de orden y desorden, es decir, la descomposición de la materia orgánica y la generación de compuestos bioquímicamente importantes.

A menores temperaturas las velocidades de los procesos son demasiado lentas y a mayores temperaturas los enzimas que catalizan los procesos de formación bioquímica se descomponen demasiado rápido. Por otra parte a 0 K no existe desorden, pero tampoco es posible crear orden (estructura). Los procesos que implican creación de orden (estructura) se favorecen por el aumento de la temperatura, pero también aumenta el coste de mantener la estructura frente a los procesos de desorden.

#### Elementos / partes ecológicos

4) La masa, incluyendo la biomasa, y la energía se conservan. Este principio es usado reiteradamente en ecología y particularmente en modelización ecológica.

5) Los organismos con vida basada en el carbono comparten una bioquímica básica característica común. Esto implica que muchos compuestos bioquímicos pueden encontrarse en todos los organismos vivos. Así los organismos tienen casi la misma composición elemental y pueden representarse por un relativamente pequeño número de elementos, unos veinticinco. Este principio, que permite realizar cálculos estequiométricos en ecología considerando una composición promedio de la materia viva, se usa ampliamente.

6) No existen organismos aislados sino conectados con otros. La unidad mínima teórica para cualquier ecosistema son dos poblaciones, una de las cuales fija energía y la otra descompone y recicla los residuos, pero en la realidad los ecosistemas viables son redes complejas de poblaciones que interactúan entre sí. Este principio ha sido utilizado en numerosos trabajos sobre redes ecológicas.

#### Procesos en ecosistemas

7) Todos los procesos de los ecosistemas son irreversibles. El mantenimiento de los procesos vitales necesita energía, que se cede como calor al medio de acuerdo con la Segunda Ley de la Termodinámica.

8) Los procesos biológicos usan la energía captada para apartarse del equilibrio termodinámico manteniendo un estado de baja entropía respecto a su entorno. Después de la captura inicial de energía a través de la frontera, el crecimiento y desarrollo del ecosistema puede hacerse incrementando la

estructura física (biomasa), incrementando las redes (más ciclos) o incrementando la información incorporada al sistema. Las tres formas de crecimiento implican que el sistema se aleja del equilibrio termodinámico y las tres formas de crecimiento están asociadas con:

1) la energía almacenada en el sistema

2) la energía que fluye en el sistema (potencia).

- Corolario: Además, un ecosistema recibiendo radiación solar intentará maximizar el almacenamiento de energía o la potencia de tal modo que si se le ofrece más de una posibilidad, a largo plazo, se selecciona la que más aleja al sistema del equilibrio termodinámico.

Según Jørgensen y Fath los primeros siete son una reformulación de principios básicos de termodinámica y bioquímica referidos a ecosistemas y ampliamente aceptados en ecología; el octavo principio y su corolario tiene, según ellos, un buen apoyo en muchas observaciones y modelos ecológicos pero por ser el más controvertido y novedoso es el que precisa una discusión detallada, que desarrollarán a continuación, reconociendo que su formulación, aunque diferente de la que han usado otros ecólogos, se relaciona en cuanto a los conceptos básicos con otras como la de potencia máxima de Odum (ODUM, 2002) o la teoría termodinámica-infodinámica-del desarrollo de Salthe (SALTHER, 2002).

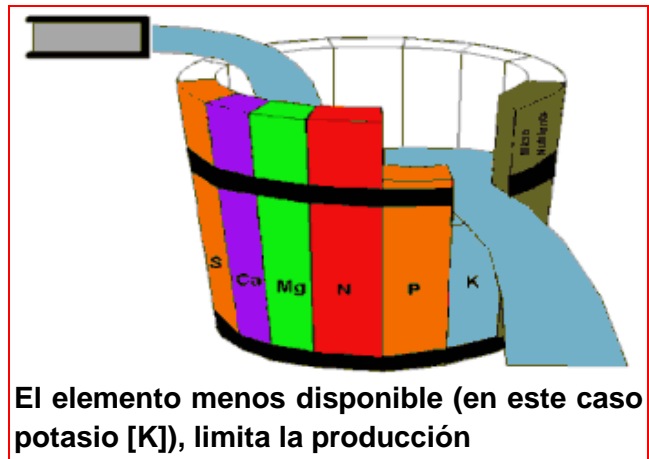
Los autores se plantean también la cuestión de si esos ocho principios o las reglas que de ellos deriven serán suficientes para explicar directa o indirectamente las observaciones ecológicas, aceptando explícitamente que su teoría puede estar abierta a posteriores

### **2.1.1 Ley del mínimo de Liebig.**

La idea de que un organismo no es más fuerte que el eslabón más débil en su cadena ecológica de requerimientos fue expresada claramente por Justus Liebig en 1840. Liebig fue uno de los pioneros en el estudio del efecto de diversos factores sobre el crecimiento de las plantas. Descubrió, como saben los agricultores en la actualidad, que el rendimiento de las plantas suele ser limitado no sólo por los nutrientes necesarios en grandes cantidades, como el dióxido de carbono y el agua, que suelen abundar en el medio, sino por algunas materias primas como el cinc, por ejemplo, que se necesitan en cantidades diminutas pero escasean en el suelo. La afirmación de Liebig de que "el crecimiento de una planta depende de los nutrientes disponibles sólo en cantidades mínimas" ha llegado a conocerse como "ley" del mínimo de Liebig. (Fig. 9)



Figura 9.- La ley del mínimo de Liebig dice que el nutriente que se encuentra menos disponible es el que limita la producción, aún cuando los demás estén en cantidades suficientes.



La Ley del Mínimo fue reemplazada por Bartholomew (1958) para que fuese aplicable al problema de la distribución de especies y que tuviera en cuenta los límites de tolerancia de la manera siguiente: La distribución de una especie estará controlada por el factor ambiental para el que el organismo tiene un rango de adaptabilidad o control más estrecho.

Es importante enfatizar que tanto *demasiado* como *demasiado poco* de cualquier factor abiótico simple puede limitar o prevenir el crecimiento a pesar de que los demás factores se encuentren en, o cerca de, el óptimo. Esta modificación de la ley del mínimo se conoce como la Ley de los Factores Limitantes. El factor que esté limitando el crecimiento (o cualquier otra respuesta) de un organismo se conoce como el factor limitante.

La razón por la cual una especie de un ecosistema no penetra indefinidamente en un ecosistema adyacente se debe a que con frecuencia se enfrenta a uno o más factores abióticos en el sistema adyacente que son limitantes. Sin embargo, los factores biológicos como depredación, enfermedad, parásitos y competencia por otras especies también pueden ser factores limitantes.

Con respecto a las plantas, el factor abiótico que con mayor frecuencia es limitante en los ecosistemas terrestres naturales es el agua. El agua es el principal factor de definición de los principales biomas en bosques, pastizales y desiertos. Esto ocurre de la manera siguiente: La cantidad óptima de lluvia para muchas especies de árboles es de alrededor de 150 cm por año; ellos alcanzan su límite (inferior) de tolerancia alrededor de 75 cm por año. Los pastos (gramíneas) tienen un límite inferior para el agua mucho menor, alrededor de 25 cm por año, pero hay especies de cactus y otras plantas especializadas que pueden sobrevivir con tan poco como 5 a 10 cm por año. A consecuencia de ello, los ecosistemas naturales de regiones con pluviometrías superiores a 100 cm por año son típicamente bosques. Las regiones con 25 a 75 cm de lluvia son típicamente pastizales (sabanas), y las regiones con menos de 25 cm de lluvia presentan una vegetación esparcida con especies como cactus, artemisas y similares. Tales áreas son reconocidas como desiertos.

Como es de esperarse, en los valores intermedios de lluvia, los bosques penetran en los pastizales y estos, a su vez, en los desiertos.

También la temperatura juega un papel en limitar las principales comunidades de plantas. Sin embargo, excepto en el frío extremo (que origina la tundra o hielo permanente), el efecto de la temperatura se superpone al de la pluviometría. Esto es, el bosque se encuentra donde se presenta una precipitación anual de 100 cm o más, pero la temperatura determinará la clase de bosque. Los abetos y píceas son lo que pueden enfrentar mejor los inviernos severos y las cortas estaciones de crecimiento que se encuentran en las regiones nórdicas y/o altas elevaciones. Los árboles deciduos, que se desprenden de sus hojas y entran en un período de letargo, también resisten bien las temperaturas invernales bajo cero, pero ellos requieren de una estación de crecimiento más prolongada. Por lo tanto, las especies deciduas de árboles predominan en latitudes más templadas donde es adecuada la precipitación. Finalmente, en los bosques tropicales predominan los árboles de hoja ancha y siempre verdes debido a que estas especies, que no toleran temperaturas de congelamiento, son más exitosas donde exista una estación continua de crecimiento. Igualmente, un desierto caliente tiene especies diferentes a las encontradas en un desierto frío, pero las áreas que reciban menos de 25 cm de precipitación serán, en ambos casos, desiertos con apenas unas pocas especies tolerantes de la sequía.

La temperatura también ejerce alguna influencia debido a su efecto sobre la evaporación de agua: el agua se evapora más rápidamente a temperaturas superiores. Consecuentemente, las transiciones de desiertos a pastizales y de pastizales a bosques se encuentran en niveles mayores de precipitación en las regiones cálidas y en niveles inferiores de precipitación en regiones frías.

En las regiones más al norte, la capa superficial de suelo se descongela cada verano pero permanece congelado permanentemente (permafrost) unos pocos centímetros debajo de la superficie. Este factor limita la extensión hacia el norte de los bosques de coníferas de abetos y píceas pero permite el crecimiento de pequeñas plantas resistentes que ocupan la tundra. Desde luego, las temperaturas todavía más frías limitan la vegetación de tundra y producen los casquetes polares de hielo.

Por todo lo anterior, la distribución de las especies vegetales que caracterizan los principales biomas del planeta está determinada en gran parte por los factores abióticos de precipitación y temperatura. Sin embargo, es frecuente que otros factores abióticos causen variaciones dentro del bioma principal. Por ejemplo, dentro de los bosques de caducifolias del Este de Estados Unidos, generalmente predominan los robles y nogales sobre los suelos rocosos, pobres y bien drenados; las hayas y arces se encuentran en los suelos más ricos. Dicho de otra manera, dentro del bioma bosque de caducifolias (deciduo), el tipo de suelo frecuentemente es el factor que determina la

distribución de ciertas especies de árboles. Igualmente, la abundancia relativa o ausencia de ciertos nutrientes en el suelo puede determinar la distribución de varias especies en los pastizales.

En ciertos casos, un factor abiótico diferente a la precipitación o temperatura puede ser el factor limitante principal. Por ejemplo, la banda de tierra próximo a la costa recibe frecuentemente una aspersion salada desde el océano, una factor que relativamente pocas plantas pueden tolerar, por lo que esta banda es ocupada por una comunidad única de plantas tolerantes a la sal. Otro ejemplo es una roca con poco o sin suelo. Tal área puede tener una rica comunidad de musgos y líquenes similar a una tundra, pero aquí el factor limitante es la ausencia de suelo. La concentración de sal es comúnmente el factor limitante en la distribución de plantas y animales acuáticos. La disponibilidad de luz es el factor que determina la cantidad y clase de vegetación debajo de los árboles en un bosque. Casi no hay vegetación bajo un bosque denso siempre verde debido a la ausencia de luz. En un bosque decido, hay especies en el sotobosque que se aprovechan de la falta de cobertura a principios de la primavera; otras especies aprovechan la luz al final del otoño luego que han caído las hojas de los árboles. El fuego también es un factor muy significativo que limita algunas especies pero no a otras.

Un factor abiótico secundario puede ser crucial, especialmente en las áreas de transición. Por ejemplo, considere un área con una precipitación de más o menos 25 cm, lo que viene a ser la cantidad fronteriza entre desierto y pastizal. En tal área, un suelo con buena capacidad de retención de agua puede presentar pastos mientras que un suelo arenoso con poca capacidad retentiva solamente tendrá especies desérticas.

Los ecólogos, frecuentemente, hablan en términos de microclimas. Los patrones prevalecientes de precipitación y temperatura de la región crea un clima global que determina el bioma principal. Sin embargo, cualquier otra cantidad de factores pueden intervenir y provocar que las condiciones sobre o cerca del suelo sean marcadamente diferentes. El microclima abarca las condiciones particulares desde el piso hasta una altura de 2 metros. Así que, cuando se considera las interrelaciones de un organismo con su ambiente, debe tenerse en cuenta el microclima de su localidad particular. Debemos enfatizar de nuevo que todos los factores abióticos interactúan unos con otros para crear el ambiente resultante.

### **2.1.2 Ley de la tolerancia de Shelford**

Señala que la existencia y prosperidad de un organismo o una especie en particular dependen del carácter completo de un conjunto de condiciones.

La ausencia total o el descenso de ese organismo o de la especie, podrán deberse a la deficiencia o al exceso cualitativo o cuantitativo con respecto a

cualquiera de los diversos factores que se acercan tal vez a los límites de tolerancia del organismo en cuestión, por lo que a una especie pueden perjudicarla tanto las carencias como los excesos de los factores físicos, químicos o biológicos que condicionan su desarrollo.

Un oso panda pertenece al reino animal, al tipo cordado, a la clase mamífera, al orden carnívoro, herbívoro, omnívoro, a la familia Ursidae, y a la especie *Ailuropoda melanoleuca*.

Es un animal que se alimenta principalmente de bambú (Los bambúes pertenecen a la familia de las Poaceas; en clasificaciones clásicas (p. ej.: Linneo) corresponden a las Gramíneas. Constituyen la subfamilia o tribu de las bambusoides con más de 100 géneros y unas 1.500 especies.

Son originarios de Asia, América, África y Oceanía; pueden adaptarse a numerosos climas (tropicales, subtropicales y templados).

Son plantas muy antiguas (Mioceno), rústicas y, sobre todo, muy atípicas, tiene un tallo leñoso y es poco nutritivo).

Comparándolo con la ley de la tolerancia, durante mucho tiempo se pensó que los únicos motivos que llevaron al panda al borde de la extinción tenían que ver con sus hábitos alimenticios; su dieta basada principalmente en el bambú podía afectarlos no sólo porque ese arbusto no crece en todas partes sino porque además no les cae muy bien porque al tener un aparato digestivo carnívoro, no lo digiere bien. Por eso debe ingerir gran cantidad para sobrevivir.

Un ejemplar adulto come 40 kg. de bambú por día. Solo existen 1000 ejemplares en el mundo de los cuales 140 se encuentran en cautiverio (de ellos, únicamente 18 están fuera de China; los cuidan en los zoológicos de Atlanta, Washington y San Diego, en los Estados Unidos; en el de Chapultepec, México; en el de Berlín, Alemania y en los de Kobe, Tokio y Wakayama, en Japón).

## 2.2 ADAPTACIÓN Y SUCESIÓN DE ESPECIES

**Sucesión.** Se trata del desarrollo de una comunidad o biocenosis, que comprende desde su origen, crecimiento hasta el punto en que existe un equilibrio con el medio. Las biocenosis tienen influencia de su biotopo que por su parte está influenciado por su comunidad.

Acción: La influencia del medio ambiente sobre la comunidad

Reacción: Es la influencia de la comunidad sobre el hábitat

Coacción: Es la influencia que ocurre entre los organismos

## Estados de la sucesión

Clímax es denominado por el grado máximo de desarrollo de la especie, o sea, la propagación de la especie no ocurre bruscamente, ella es lenta en alcanzar su punto de crecimiento, la misma no sufre alteraciones.

Esta propagación ocurre a través de las migraciones a en la búsqueda de alimentos y reproducción, el suelo desfavorable, el calor excesivo y la humedad, estos factores tardan el crecimiento de la especie.

Las primeras especies que realizan la migración encontrando suelo con líquenes, musgos y plantas son denominadas “pioneras”, o sea, son especies de gran porte, difícilmente insatisfechas y no soportan solamente la densidad.

Esta sucesión se llama “ecesis”, o sea, el desarrollo y la adaptación de los pioneros en el nuevo ambiente. Con ello, el suelo es modificado por la nueva especie, recibiendo nuevas vegetaciones. Con el pasar de las sucesiones, varias especies murieron hasta alcanzar su punto máximo en el clímax.

Y las secuencias ocurrían entre las propias especies, mayores o menores, simples o complejas, herbáceas hacia arbóreas, llamadas como comunidades provisorias. Existen tres tipos de sucesiones: primarias, secundarias y destructivas

Sucesiones primarias. Se trata de la acomodación de seres en un lugar jamás habitado antes.

Sucesión en una roca desnuda. Esta sucesión ocurre por los líquenes, o sea, los pioneros que corrompen las rocas a través de sus ácidos orgánicos, ocasionan así la muerte de otros individuos consintiendo la aparición de los musgos que por su parte, autorizan el crecimiento de las bromélias

Sucesiones secundarias. Se trata de la disposición de seres en un lugar ya habitado, antes por seres vivos que ya fueron excluidos de esta área por acción de los cambios climáticos, geológicos o por intervención del hombre.

Es por medio de la sucesión secundaria que ocurre la formación del disclímax. Como ejemplo, tenemos el caso de la sucesión de una selva deforestada, donde ocurre la invasión de una comunidad de plantas rastreras que dan origen a arbustos hasta la aparición de nuevos árboles.

Sucesiones destructivas. Se trata de las sucesiones que no se concluyen en un clímax final. Las transformaciones ocurren por medio de los factores bióticos, donde el medio será degradado por diversos seres. Ejemplo: cadáveres.

## Características de una sucesión

- a) Variedad de las especies y aumento de la biomasa
- b) Durante los primeros estadios, la función autotrófica sobrepasa la heterotrófica, por ello la producción bruta (P) es mayor que la respiración (R) y la relación entre ellas es mayor 1 ( $P/R > 1$ ).
- c) Durante el clímax, existe equilibrio y la producción bruta (P) es igual a la respiración (R) ( $P/R=1$ )

El ecotono es el área de transición entre dos biocenosis, donde existe una cantidad considerable de especies propias del área y otra cantidad referente a las áreas fronterizas. (Fig. 10)

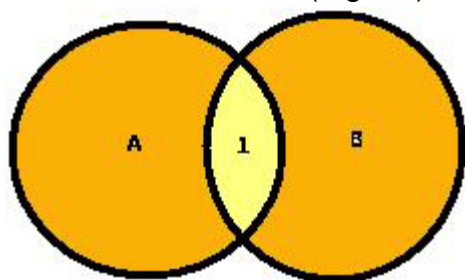


Figura 10.- Número 1 representa el ecótono, área de transición entre las comunidades A y B.

## 2.3 RELACIONES DE COMUNIDADES Y POBLACIONES

En la naturaleza, las poblaciones de diferentes especies no se encuentran aisladas, integrándose dentro de las comunidades.

Una comunidad se define como un conjunto de poblaciones que habitan un ambiente común y se encuentran en interacción recíproca. Las relaciones que se establecen entre poblaciones pertenecientes a la misma especie (intraespecíficas) o diferentes especies (interespecíficas), responde a dos modelos:

1. Facultativas. Las especies aisladas no se influyen, sin embargo, cuando están en contacto siguen indiferentes o se perjudican mutuamente (competencia).
2. Obligatorias. Cuando dos especies de forma de vida diferente, al estar en contacto, una de ellas obtiene un beneficio no recíproco de su asociación con la otra (depredación, parasitismo y comensalismo), o ambas se benefician mutuamente (mutualismo). En todos los casos, al menos una de las especies necesita de la otra para su supervivencia

Se denominan relaciones intraespecíficas a aquellas que se producen entre individuos de la misma especie, dentro de una población o de una biocenosis. Existen dos tipos de mecanismos que rigen estas relaciones:

La dispersión, que asegura la suficiente separación para cubrir las necesidades de espacio y alimentos.

La cohesión, que posibilita la reproducción y protección mutua.

Según las diferentes formas de relación que se pueden establecer en una población, estas pueden ser:

1. Poblaciones familiares. Se componen de individuos emparentados entre sí, que conviven con la finalidad de facilitar la procreación y el cuidado de las crías. Es típica en los mamíferos y en las aves.

2. Poblaciones gregarias. Consisten en grupos de individuos, no necesariamente emparentados, que permanecen unidos durante cierto tiempo para buscar alimento, emigrar, defenderse, etcétera. Este tipo de asociación se observa en las manadas de mamíferos, bandadas de aves o bancos de peces.

3. Poblaciones coloniales. Están formadas por individuos que proceden de un mismo progenitor, a través de reproducción asexual, y que permanecen unidos durante toda su existencia. Una de sus ventajas es capturar el alimento con mayor facilidad. Las esponjas, corales y otros pólipos forman este tipo de asociaciones.

4. Poblaciones sociales. Formadas por individuos que constituyen una auténtica sociedad jerarquizada con distribución del trabajo, de forma que aunque son independientes, están estrechamente unidos en su forma de vida, siendo incapaces de sobrevivir aislados. Un ejemplo son las hormigas o las abejas, en cuyas poblaciones encontramos zánganos (que son los machos), obreras (hembras) y reina (hembra fértil).

## 2.4 RELACIONES DE SUPERVIVENCIA

Las relaciones interespecíficas son las que se establecen entre los individuos de diferentes especies, y por tanto, pertenecientes a poblaciones distintas.

Se diferencian, según sean, por mantener el nicho ecológico (misma función dentro del ecosistema) o por las relaciones beneficiosas o perjudiciales que puedan establecerse entre las especies. Consideremos cada relación:

**Competencia.** Se produce cuando dos especies desempeñan una función semejante dentro del ecosistema, luchando ambas por mantener el nicho ecológico y vencer sobre la otra. La competencia es necesaria para el equilibrio del ecosistema, actuando como un mecanismo evolutivo en la aparición de nuevas especies, ya que al competir, la selección natural favorecerá las diferencias que permitan la explotación del entorno de manera distinta.

Hay un principio general en ecología que dice que dos especies no pueden coexistir en un medio determinado si no hay entre ellas alguna diferencia ecológica. Si no hay diferencias una acaba desplazando a la otra.

**Efectos alopáticos.** Algunos organismos eliminan a sus competidores por medio de sustancias químicas tóxicas. A esto se le denomina alopatía. Así tenemos hongos que usan antibióticos, como la penicilina, para eliminar las bacterias que podrían crecer a su alrededor. El brezo o el nogal también impiden, con venenos, que otras plantas crezcan en sus proximidades. El Tamarix enriquece en sal el suelo en el que se asienta por lo que las plantas no adaptadas a suelos salinos mueren.

**Mutualismo o simbiosis:** consiste en una asociación en la que ambas especies obtienen un beneficio mutuo. Este tipo de asociación, es tan positiva para algunas especies que no podrían sobrevivir de forma independiente, como ocurre con los líquenes, unión de algas y hongos.

Existen muchos ejemplos de simbiosis como el cangrejo ermitaño y la anémona o la abeja y la flor.

**Comensalismo:** es una interacción en la que una especie se beneficia y la otra no se ve afectada. El animal comensal se aprovecha de los restos de comida no utilizados, así como de mudas, descamaciones o secreciones de otra especie sin causarle perjuicio. Un ejemplo característico es el del pez rémora que se adhiere a un tiburón y se desprende para alimentarse de los restos de su comida; aunque existen otros muchos ejemplos, como las bacterias que viven en nuestro intestino.

**Inquilinismo:** se puede entender como un tipo de comensalismo en el que la especie inquilina obtiene cobijo y protección del otro, que permanece indiferente. Las aves que anidan en los árboles son ejemplos del inquilinismo, como también lo son las rubiocas que viven en el interior de los pepinos de mar.

**Parasitismo:** las especies parásitas son aquellas que viven a expensas de otras especies denominadas hospedadores. El parásito perjudica al hospedador aunque no suele causarle la muerte inmediata ya que su objetivo inicial es alimentarse de él. Los parásitos pueden ser: Ectoparásitos o parásitos externos: son los que viven fuera del hospedador, se adhieren a su superficie y succionan parte de sus líquidos, como las garrapatas, mosquitos, piojos, etcétera.

**Endoparásitos o parásitos internos:** se alojan en el interior del hospedador donde obtienen su alimento. Entre ellos destacan las lombrices intestinales y los microorganismos patógenos que provocan enfermedades.



**Depredación:** es la forma de relación por la cual el depredador se alimenta de la presa, capturándola y provocándole la muerte. Los depredadores más conocidos son los grandes felinos como los leones o tigres, pero también hay otros muchos ejemplos como serpientes, águilas, arañas, etcétera.

Las poblaciones de depredadores y presas se autocontrolan, de manera que cuando aumenta la población de presas, aumentan también los depredadores, lo que hace bajar la población de presas, y en consecuencia disminuye la población depredadora.

## 2.5 EXTINCIÓN

La extinción de las especies parece ser la constante inevitable durante todas las eras geológicas, desde que se inició la vida en el planeta. La ocurrencia de este fenómeno se define como la desaparición total de los individuos que conforman una población o linaje, por unidad de tiempo; con una escala de impacto que varía desde puntual, (cuando ocurre en un área en particular) a masiva, (cuando cubre varias zonas geográficas del planeta al mismo tiempo). Indudablemente representa un fenómeno cíclico de impacto negativo pero, las poblaciones biológicas se renuevan y, entre ambos, ambiente y biodiversidad, se modelan los nuevos paisajes e inicia una nueva carrera de especiación.

La extinción es un evento que se presenta cuando una región o todo el planeta experimenta cambios o alteraciones ambientales drásticas frente a los cuales los organismos residentes no son capaces de responder adaptativamente; entre estos cambios podemos citar: aumento o disminución de la temperatura global, cambios en el régimen de la pluviosidad, procesos orogénicos como el desplazamiento de las placas y la fragmentación de hábitats, competencia entre las poblaciones por los recursos del ambiente y la llegada de nuevos organismos ante un sistema ecológico totalmente nuevo. Estas extinciones de ocurrencia ordinaria permiten que la selección natural opere y las especies con mejores condiciones físicas, genéticas y de adaptación ecológica, sobrevivan y dejen descendencia, mientras las especies menos favorecidas desaparecen.

La extinción en masa hace referencia a un evento periódico que acontece en espacios de tiempo geológico relativamente cortos, en los que desaparece un alto número de grupos taxonómicos (especies, géneros, familias, e incluso ordenes)<sup>3</sup>. El fenómeno es de tal proporción que literalmente se “borran del mapa” millones de plantas, animales y pequeños organismos, quedando casi despoblado el planeta. (Cuadro2)

cuadro 2

ERAS	PERÍODOS		TIEMPO (millones de años)	EVENTOS
CENOZOICA	CUATERNARIO	Holoceno	Hasta el presente	Las plantas con flores dominan la tierra. Los Andes Colombianos alcanzan su altura actual. Ocurren las glaciaciones. Aparecen simios antropoides y el hombre.
		Pleistoceno	1.8	
	TERCIARIO	Plioceno	65	Mayor complejidad y especialización de las plantas con flores (Angiospermas). Se diversifican ampliamente los mamíferos. Surgen los primeros primates.
		Mioceno		
		Oligoceno		
		Eoceno		
	Paleoceno			
MESOZOICA	CRETÁCICO		144	<b>EXTINCIÓN EN MASA: Fin los dinosaurios</b> Aumenta en gran proporción la diversidad en grupos como: Angiospermas, Mamíferos y Aves.
	JURÁSICO		206	Aumenta la diversidad de Dinosaurios. Aparecen las primeras aves.
	TRIÁSICO		251	Surgen los primeros dinosaurios. Las gimnospermas dominan la tierra. Aparecen los primeros mamíferos.
PALEOZOICA	PÉRMICO		290	<b>EXTINCIÓN EN MASA</b> Los continentes se unen y forman una sola masa de tierra llamada PANGEA. El clima en toda la tierra es calido y húmedo. Formación de los arrecifes coralinos.
	CARBONIFERO		355	Licopodios gigantes. Formación del carbón y el petróleo. Los anfibios se diversifican ampliamente. Surgen los primeros reptiles.
	DEVÓNICO		409	<b>EXTINCIÓN EN MASA</b> Aparecen los primeros licopodios y helechos. Se originan los amonites, los anfibios y las plantas con semillas.
	SILÚRICO		439	Primeras plantas terrestres: Hepáticas y musgos. Aparecen los insectos y las arañas. Surgen los primeros peces en los mares.
	ORDOVÍCICO		500	<b>EXTINCIÓN EN MASA</b> Radiación de incontables formas de equinodermos.
	CÁMBRICO		453	Aparecen múltiples formas de animales marinos y algas.

Aunque podría pensarse que las extinciones en masa sólo son procesos destructivos de grandes proporciones puede decirse, con razonable certeza, que la naturaleza genera a partir de ellas procesos similares de creación.

Desde un punto de vista evolutivo, la cantidad de especies que logran sobrevivir a una catástrofe de extinción masiva son las responsables de renovar las poblaciones y ocupar los nuevos hábitats disponibles. Esto se logra mediante complejos procesos de especiación, adaptación y especialización, logrando que la historia de la vida escriba un nuevo capítulo en el escenario

ambiental, con rumbo hacia una naciente era de diversidad biológica floreciendo sobre la tierra.

Aunque se han planteado diversas hipótesis respecto a las causas de la extinción en masa, los biólogos evolucionistas creen que dos fenómenos tienen fundamental importancia:

1. Impacto de cuerpos extraterrestres: los datos más consistentes hasta el momento permiten afirmar que, en al menos tres ocasiones, asteroides de grandes dimensiones han golpeado la tierra, generando extinción de organismos. El primero de ellos está sustentado por el descubrimiento de un cráter submarino en la costa noroeste de Australia. El segundo corresponde a un cráter ubicado en la península de Yucatán. El impacto de estos asteroides sobre la superficie de la tierra tuvo una potencia similar a la detonación de miles de bombas nucleares. Una explosión así debió originar una densa nube de polvo que oscureció la atmósfera por varios meses o años, de manera que los rayos solares no calentaron la superficie terrestre provocando un descenso en la temperatura global, la destrucción de la capa de ozono y el incremento de la radiación ultravioleta. Bajo estas condiciones los organismos fotosintéticos como plantas y algas marinas murieron rápidamente, lo cual conllevó a la desaparición de los consumidores primarios y secundarios y, con ellos, sus depredadores. Aquellos organismos con hábitos carroñeros y nocturnos, tuvieron más probabilidades de sobrevivir, mientras los demás grupos desaparecían lentamente con el paso de los días.

2. Congelamiento del planeta: las primeras extinciones en masa de la era paleozoica son atribuidas a un drástico cambio ambiental generado por el congelamiento del planeta y los mares. Se alteraron las temperaturas del fondo de los océanos y su superficie, se modificaron las concentraciones de salinidad y los ciclos geotérmicos marinos y continentales. Para ésta época los organismos no habían colonizado exitosamente la superficie terrestre, por eso las primeras extinciones impactaron directamente a los organismos marinos.

3. Combinación de múltiples factores ambientales: son eventos separados que ocurren en el mismo período de tiempo. Entre ellos, la disminución en el nivel del mar, el desplazamiento de las placas continentales (deriva continental), el surgimiento de sistemas montañosos y las erupciones volcánicas. Estas últimas tienen efectos devastadores cuando ocurren de manera sincronizada en diferentes lugares a la vez. Las emanaciones volcánicas depositaron sobre los océanos y la atmósfera altas cantidades de sulfuro de hidrógeno, vaporizando cualquier cosa en un radio de cientos de kilómetros, esto bloqueó la entrada de luz a la tierra y generó la mortandad de grandes cantidades de organismos.

## El hombre como agente causante de la extinción

Queda claro que la extinción es un evento natural que afecta con mayor o menor proporción y a diferentes tasas de velocidad a todos los grupos de organismos. Sin embargo, en la actualidad, el problema radica en que la intervención del hombre sobre el ambiente y la diversidad biológica está provocando la mayor extinción en masa de todos los tiempos. Esto está ocurriendo en un lapso de tiempo muy corto y a una velocidad muy acelerada, generando la pérdida permanente de especies.

Las actividades humanas que desencadenan la extinción son: la deforestación, la expansión de la frontera agrícola, la conversión de sabanas en tierras de pastoreo, la destrucción de los arrecifes de coral, y la construcción de caminos y represas de agua. Algunos de estos sucesos son los responsables de la pérdida definitiva de muchas especies; cuando un hábitat natural es fragmentado, las poblaciones se dispersan, se reduce su diversidad genética y el sistema ecológico se vuelve insostenible.

Por ello, los biólogos e investigadores ambientales en su afán de generar políticas de conservación de los recursos naturales, han creado una serie de categorías que indican el riesgo de extinción al que está sometida la riqueza biológica. Este es el punto de partida para formular programas que estimulen la educación ambiental, el rescate del conocimiento etnobiológico, el uso y valoración de la biodiversidad y la elaboración de inventarios bióticos; de tal forma que estas estrategias permitan reducir el impacto causado en la naturaleza por la acción humana.

### Categorías de Extinción. (Cuadro 3)

CATEGORIA		CARACTERISTICA
EX	Extinto	Una población (taxón) se extingue cuando no queda duda que el último individuo existente ha muerto.
EW	Extinto en estado silvestre	Cuando sólo sobrevive en cultivo, en cautiverio o como población (o poblaciones) naturalizada completamente fuera de su distribución original.
CR	Críticamente amenazado	Cuando enfrenta un riesgo sumamente alto de extinción en estado silvestre y en un futuro inmediato.
EN	En peligro	Un taxón está en peligro cuando no está en <b>peligro crítico</b> pero enfrenta un alto riesgo de extinción en estado silvestre en un futuro cercano.
VU	Vulnerable	Cuando no está en <b>peligro crítico</b> o <b>en peligro</b> , pero enfrenta un alto riesgo de extinción en estado silvestre a mediano plazo.
LR	Bajo riesgo	Cuando después de una evaluación no clasifica para ninguna de las tres categorías anteriores. Los taxa (poblaciones) incluidos en esta categoría pueden ser divididos en tres subcategorías: <u>cd.</u> <u>dependiente de la conservación</u> , <u>nt.</u> <u>casi amenazado</u> , <u>pm.</u> <u>preocupación menor</u> .
DD	Datos insuficientes	Cuando la información es inadecuada para hacer una evaluación (directa o indirecta) de su riesgo de extinción con base en la distribución y/o condición de la población.
NE	No evaluado	Cuando un taxón todavía no ha sido evaluado con relación a estos criterios.

## **CUESTIONARIO DE REPASO**

- 1.- Menciona las leyes de la Ecología
- 2.- Define la Ley del mínimo de Liebeg.
- 3.- Explica la Ley de la tolerancia de Shelford
- 4.- ¿Qué es la sucesión de especies?
- 5.- ¿Cuáles son los estados de la sucesión?
- 6.- ¿Qué es una comunidad y cómo se divide?
- 7.- ¿Qué es una relación de supervivencia y cuáles son sus tipos?
- 8.- ¿Qué es la extinción?
- 9.- ¿Cuáles son las características de la extinción?
- 10.- ¿Qué fenómenos intervienen en la extinción?

## **CAPITULO 3**

### **BIODIVERSIDAD**

#### **Competencias a desarrollar**

- Ser consciente y capaz de discutir la importancia de preservar la biodiversidad, del manejo sostenible de los recursos y servicios naturales, así como de los problemas ambientales provocados por la actividad humana.

#### **3.1 DIVERSIDAD Y ORGANIZACIÓN BIOLÓGICA.**

Bio significa vida. Diversidad significa variedad. Por lo tanto, la diversidad biológica o biodiversidad incluye la variedad de organismos vivos en un hábitat o zona geográfica determinada y de los complejos ecológicos de los que forman parte. Se compone en esencia de tres niveles:

- Diversidad o variedad genética entre una misma especie (variedad intraespecífica).
- Diversidad o variedad de especies dentro de ecosistemas.
- Diversidad o variedad de ecosistemas y/o biomas en la biosfera (la biosfera es la parte de la corteza terrestre en la cual es posible la vida).

La diversidad genética es la cantidad total de información y variación genética que existe dentro de cada especie. Existen distintos genes y muchos de ellos se expresan en el ámbito individual; son heredables y resultan ser la materia prima de la selección natural. Un ejemplo claro de este último aspecto es la propia especie humana, cuya diversidad genética le ha permitido adaptarse a condiciones de vida muy diferentes a lo largo de su proceso evolutivo.

La diversidad de especies es la variedad existente entre los organismos vivos de un sistema ecológico o ecosistema. También se le denomina riqueza de especies en un ecosistema.

La variedad de ecosistemas es entendida como la diversidad de comunidades bióticas (vivas) y los procesos ecológicos que ocurren en determinadas áreas; lo anterior incluye a las especies que las componen, los procesos ecológicos que desempeñan y los cambios en la composición de especies de una región a otra. También se le conoce como diversidad ecológica. Por biomas consideramos las grandes unidades ecológicas, que pueden desarrollarse en diferentes áreas de la región, por ejemplo: los bosques de neblinas, las estepas, etc.

La biodiversidad sustenta el funcionamiento de los ecosistemas que, entre otras cosas, proveen servicios y contribuyen a elevar la calidad de vida de la población humana, pero como resultado de las actividades humanas muchas especies se están extinguiendo.

El impacto global de la economía humana es todavía más evidente considerando los cambios climáticos que responden al aumento de las concentraciones de gases atmosféricos, lo que se conoce como efecto invernadero. La concentración de los gases de efecto invernadero se incrementa a tal grado que podría conducir a un calentamiento global.

Los organismos en los ecosistemas naturales también influyen el clima, aunque de una manera distinta a la simple regulación de los gases atmosféricos. Los extensos bosques lluviosos del Amazonas, en un alto grado, crean las condiciones de humedad que ellos requieren para su propia supervivencia, logrando esto por medio del reciclaje de la lluvia. A medida que los bosques se reducen debido a actividades humanas, se anticipa que habrá un crítico retroceso y que los bosques remanentes no mantendrán el clima necesario para su propia existencia.

La deforestación, y la consiguiente sequía en el clima, pueden tener serios efectos globales, esperándose una reducción de las lluvias en áreas agrícolas importantes. También se perciben efectos globales en el clima cuando se produce desertificación en regiones semi-áridas, pero su extensión todavía permanece sin conocerse.

El uso y aprovechamiento de la biodiversidad representa para todos los países uno de los ejes fundamentales para su desarrollo, pero al hacer una utilización inadecuada se originan las amenazas que atentan contra la integridad y permanencia de los recursos naturales y la biodiversidad. Éstas se pueden manifestar en los diferentes niveles de ecosistemas, especies y genes, por lo que sus efectos pueden ser de amplio espectro.

Las formas en que se produce la protección de la diversidad biológica o su pérdida pueden estar asociadas a distintos usos o abusos de la misma (fig. 11).

Niveles de organización en orden decreciente:

**Biosfera:** La suma de todos los seres vivos tomados en conjunto con su medio ambiente. En esencia, el lugar donde ocurre la vida, desde las alturas de nuestra atmósfera hasta el fondo de los océanos o hasta los primeros metros de la superficie del suelo (o digamos mejor kilómetros sí consideramos a las bacterias que se pueden encontrar hasta una profundidad de cerca de 4 Km. de la superficie). Dividimos a la Tierra en atmósfera (aire), litosfera (tierra firme), hidrosfera (agua), y biosfera (vida).

**Ecosistema:** La relación entre un grupo de organismos entre sí y con su medio ambiente. Los científicos a menudo hablan de la interrelación entre los organismos vivos. Dado que, de acuerdo a la teoría de Darwin los organismos se adaptan a su medio ambiente, también deben adaptarse a los otros organismos de ese ambiente.

**Comunidad:** Es la relación entre grupos de diferentes especies. Por ejemplo, las comunidades del desierto pueden consistir en conejos, coyotes, víboras, ratones, aves y plantas como los cactus y otras suculentas. La estructura de una comunidad puede ser alterada por sucesos o actividades tales como el fuego, la actividad humana y la sobrepoblación.

**Especie:** Grupo de individuos similares que tienden a aparearse entre sí dando origen a una descendencia fértil. Muchas veces encontramos especies descritas, no por su reproducción (especies biológicas) sino por su forma (especies anatómicas)

**Poblaciones:** Grupos de individuos similares que tienden a aparearse entre sí en un área geográfica limitada. Esto puede ser tan sencillo como un campo con flores separado de otro campo por una colina sin flores.

**Individuo:** Una o más células caracterizadas por un único tipo de información codificada en su ADN. Puede ser unicelular, multicelular o pluricelular. Los individuos pluricelulares muestran tipos celulares especializados y división de funciones en tejidos, órganos y sistemas.

**Sistema:** (en organismos pluricelulares). Grupo de células, tejidos y órganos que están organizados para realizar una determinada función, p.ej. el sistema vascular en las plantas superiores o el sistema circulatorio en animales.

**Órganos:** (en organismos pluricelulares). Grupo de células o tejidos que realizan una determinada función. Por ejemplo la hoja, es un órgano que se encarga habitualmente de llevar a cabo la fotosíntesis.

**Tejido:** (en organismos pluricelulares). Un grupo de células que realizan una determinada función. Por ejemplo el tejido epidérmico

**Célula:** la más pequeña unidad estructural de los seres vivos capaz de funcionar independientemente. Cada célula tiene un sistema químico para adquirir energía; un soporte químico para la herencia (ADN); etc.

**Orgánulo:** una subunidad de la célula. Un orgánulo se encuentra relacionado con una determinada función celular p.ej. la mitocondria (el sitio principal de generación de ATP en eucariotas).



Niveles de organización morfológica. Por su organización morfológica y según el grado de complicación del cuerpo vegetativo, existen tres niveles de organización (artificiales):

**Protófitos:** unicelulares o agregados poco coherentes de unicelulares. Pueden ser de tres tipos:

- Unicelulares: constan de una única célula a menudo desnuda (p.e. Euglena y otras flageladas). Esta célula puede alcanzar alto grado de complejidad.
- Cenobios. Cuando tras la división celular las células hijas quedan reunidas entre sí por una masa gelatinosa producida en común se originan consorcios celulares laxos o cenobios, a veces, de aspecto filamentoso (p.e
- Plasmodios. Masa de plasma desnuda y plurinucleadas propias de los mixomicetos. Son capaces de realizar movimientos de reptación muy lentos (p.e. Spirogyra y Anabaena, Dictyostelium).

**Talófitos:** pluricelulares, agregados celulares con división de trabajo entre células. Poseen un TALO, cuerpo vegetativo multicelular con especialización de células o grupos de células (tejidos) pero no diferenciado en un eje vascularizado hojas y raíces y no dispone de mecanismos de regulación de su contenido hídrico (poiquilohídricos). Se consideran talófitos las algas verdes, los hongos inferiores, y los líquenes. Los talos pueden formarse de dos maneras:

Por yuxtaposición de células al principio libres (consorcios de agregación).

Por separación incompleta de las células hijas resultantes de la división (pluricelulares auténticos).

**Briófitos.** Ocupan una posición intermedia entre los talos típicos de las algas y el cormo bien constituido de las plantas superiores. Ejemplos: Marchantia ó Mnium Adaptados pobremente a la vida terrestre. Pueden absorber agua por toda su superficie. Poseen un tallo y unas hojitas análogos a los de los cormófitos pero carentes de toda la diferenciación tisular interna de estos. No tienen raíces aunque sí rizoides.

**Cormófitos:** cuerpo vegetativo organizado en raíz, tallo y hojas, con tejidos altamente diferenciados y con capacidad de regular su contenido de agua (homeohídros). Son los helechos y plantas con semilla (Gimnospermas y Angiospermas).

- Aparición de una epidermis con cutícula para regular la economía hídrica.
- Aparición de estomas desarrolladas que controlan el flujo de gases.

- Aparición de estructuras destinadas a la absorción y transporte del agua.
- Aparición de elementos de sostén ricos en lignina.

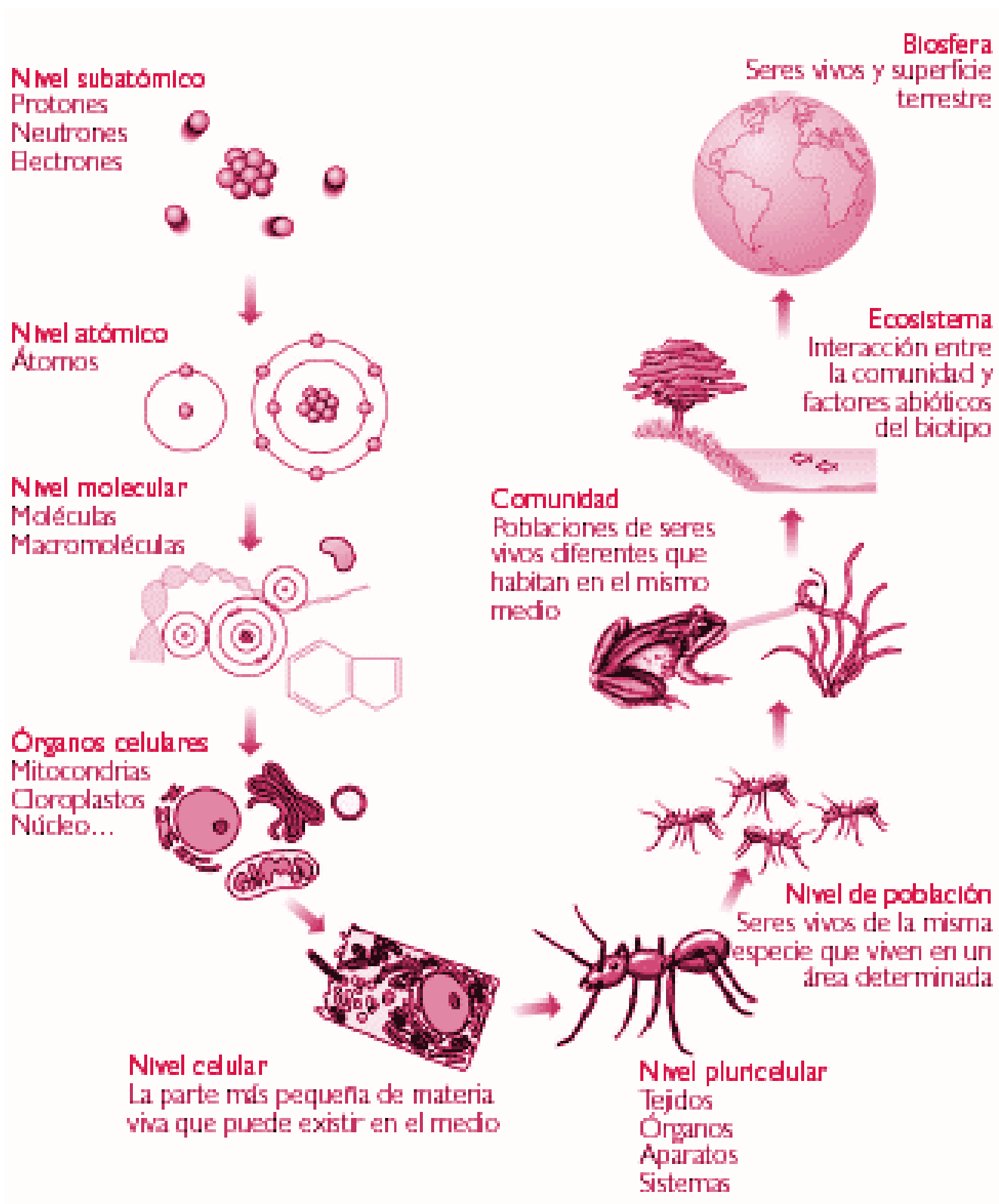


Figura 11.- Niveles de Organización

### **3.2 DINÁMICA POBLACIONAL.**

En las últimas décadas ha crecido la necesidad de determinar el tamaño poblacional de las especies amenazadas, dado que es un indicativo para incluirlas en categorías del grado de amenaza a la extinción. En muchas de las especies amenazadas las estimaciones poblacionales se han realizado a partir de estudios temporales, determinando una estimación poco certera.

La dinámica de poblaciones es la especialidad de la ecología que se ocupa del estudio de los cambios que sufren las poblaciones biológicas en cuanto a tamaño, dimensiones físicas de sus miembros, estructura de edad y sexo y otros parámetros que las definen, así como de los factores que causan esos cambios y los mecanismos por los que se producen.

Tiene gran importancia en la gestión de los recursos biológicos, como las pesquerías, en la evaluación de las consecuencias ambientales de las acciones humanas y también en campos de la investigación médica relacionados con las infecciones y la dinámica de las poblaciones celulares.

Todas las especies biológicas están concentradas en producir mayor número de descendientes que los necesarios para mantener el tamaño de la población. Este es un principio fundamental para el concepto de selección natural con que el darwinismo explica la evolución biológica en su aspecto mecanístico. En ausencia de limitaciones impuestas por el medio, el destino natural de una población es su crecimiento exponencial, tal como explicó, hace casi dos siglos, Robert Malthus. En la práctica, el crecimiento de la densidad de la población hace aparecer obstáculos a su continuidad, relacionados esencialmente con la progresiva escasez de recursos que provoca, a la vez que pone en marcha mecanismos intrínsecos de control del crecimiento.

El crecimiento poblacional es un fenómeno biológico y natural que está íntimamente ligado con aquella característica principal de la materia viva conocida como la capacidad reproductiva de los seres vivos. Es decir, el hecho de que una población llegue, con el tiempo, a saturar una determinada área geográfica, además de haber agotado todos los recursos que éste le pueda brindar, no es otra cosa que la manifestación de la ley natural. La ley natural de la vida que determina la existencia de las cosas. Podemos definir entonces, apoyados en la ley natural de la vida, tres fases en el crecimiento poblacional: El Inicio o Fase de Asentamiento, El intervalo de Abundancia o Fase de Desarrollo y La Decadencia o Fase de Control.

### 3.2.1 DENSIDAD POBLACIONAL.

¿Cuántos organismos componen la población de un área determinada? Esta pregunta se halla estrechamente vinculada con el objeto de estudio de la Ecología y trasciende los límites de este campo. A veces, esa información es necesaria para determinar la disposición espacial de las poblaciones; otras veces, para saber cómo ha cambiado con el correr del tiempo, o evaluar el impacto de cierta modificación ambiental o la aplicación de cierto pesticida sobre las poblaciones. Incluso estudios aparentemente alejados del aspecto numérico de la ecología, tales como la energética, el comportamiento y los cambios genéticos, llevan implícitos una evaluación del número de individuos que constituye una población (Rabinovich 1980).

La abundancia de individuos en una población puede ser descripta a través de:

**Densidad absoluta:** el número de organismos o su biomasa por unidad de área o volumen (e.g., 2000 copépodos por mililitro). La densidad absoluta puede ser **cruda**, cuando se refiere a una unidad espacial cualquiera habitable o no, o puede ser **específica**, cuando se refiere a una unidad de espacio habitable. Es necesario diferenciar **densidad poblacional** de **intensidad poblacional**; esta última es una medida del número de organismos por unidad de hábitat (número de insectos por hoja, rama u hospedador). Para que la medida de intensidad poblacional tenga verdadero significado es necesario también estimar el número de unidades de hábitat.

**Densidad relativa:** el número de organismos de una población relativo al número de organismos de otra población (1 perro cada 2 personas). Dentro de este tipo de medidas, frecuentemente se usan **índices de abundancia o densidad**. Un índice (I) es una medida que se halla relacionada de alguna forma con la abundancia real de una población (N):

$$I \propto N$$

Los signos o indicios utilizados pueden ser las llamadas o cantos de aves, huellas de venados, nidos de ardillas, heces de mamíferos, excavaciones o cuevas, etc. Ejemplos de índices son número de cuevas de vizcachas por hectárea; número de insectos capturados por noche en trampas de luz; número de ballenas avistadas por hora de navegación, etc. A veces, estos índices de densidad relativa pueden ser convertidos en estimaciones de densidad absoluta por medio de rectas o curvas de calibración; en este procedimiento se estiman índices de poblaciones cuya densidad absoluta es conocida en forma independiente, y luego se grafica densidad absoluta en ordenada y los índices en abscisa. En esencia, este procedimiento permite estimar un factor de corrección o conversión de índices de densidad relativa en densidades absolutas. Idealmente la relación entre I y N sería lineal, del tipo  $y = bx$ , donde b es el factor de corrección. No obstante, relaciones no lineales entre el índice

y la densidad pueden ser linealizadas usando logaritmos u otras transformaciones.

Existen diversos métodos para determinar la abundancia de una población. Se los puede clasificar en: a) métodos que implican recuentos directos de individuos; b) métodos que implican signos o productos de los individuos, y c) métodos que implican el marcado o la remoción sucesiva de animales. Estos últimos se verán separadamente.

La manera más directa de determinar el tamaño poblacional es la de contar a todos los individuos (*censo*) o a una parte de la población (*muestra*). El censo de una población puede ser irrealizable por cuestiones de costo (tiempo, personal, dinero), interferencia o destrucción de la población, imposibilidad de acceder a todos los individuos, y destrucción del hábitat. En consecuencia, en la mayoría de los casos se recurre a técnicas de muestreo que permiten estimar el tamaño de la población a partir del recuento de los individuos o sus productos en una serie de unidades muestrales. En síntesis, el muestreo es preferible a los censos por cuestiones de **costo, rapidez, exactitud, y posibilidad de contar con mayor número de datos para cada individuo.**

La exactitud es una medida de cuán cerca se halla una estimación de su **valor real** (=paramétrico). La precisión es una medida de cuán cerca se halla una estimación de su **valor esperado**; a mayor variabilidad entre observaciones menor precisión. El sesgo es la diferencia entre el valor real y el estimado en promedio.

El objetivo de un programa de muestreo es proveer una estimación poblacional con la mayor exactitud posible con relación a la cantidad de esfuerzo (= trabajo o costo) invertido. No existe un diseño de muestreo perfecto, sino que cada problema requerirá su propio diseño adaptado a la distribución y ciclo de vida del organismo en cuestión. Por lo tanto, es condición indispensable estar profundamente familiarizado con el organismo que vamos a estudiar, tanto en lo que respecta a información preexistente como a experiencias a campo y laboratorio propias.

En todo muestreo existe una serie de pasos necesarios:

1. Determinar los objetivos de la investigación.
2. Definir la población objetivo (la que es de nuestro interés y sobre la que haremos inferencias) y la muestreada.
3. Especificar los datos necesarios para evitar un exceso de información.
4. Especificar el nivel de precisión deseado: se halla afectado por la variabilidad natural de lo que deseamos medir y los errores de medición del método, entre otros factores.
5. Definir los métodos de medición: se halla relacionada con la validez, el costo y la precisión.
6. Definir la unidad de muestreo; por ejemplo, una hoja, o todas las hojas de una rama, o todas las hojas de un árbol. Si fuera posible, realizar una lista de

todas las unidades de muestreo posible, sin repetición ni superposición de las mismas.

7. Definir el programa (o diseño) de muestreo: determinado por las características biológicas y ecológicas de la población en estudio.

8. Realizar una encuesta piloto para probar la metodología a campo y recabar estimaciones preliminares de media, varianza, etc., si no existen datos previos pertinentes que puedan ser usados.

9. Organizar el trabajo de campo: incluye el entrenamiento y la supervisión del personal que intervendrá.

10. Resumen y análisis de datos: incluye la edición, corrección y eliminación de observaciones anómalas.

11. Como regla general, toda muestra obtenida es una guía potencial para muestreos futuros.

El **objetivo de la investigación** incluye plantear claramente la hipótesis de investigación para poder ponerla a prueba teniendo en cuenta las escalas temporal y espacial de trabajo.

La **selección del área de estudio** es necesariamente subjetiva y depende del objetivo del estudio, si éste es extensivo (cubriendo una gran área) o intensivo (detallado con esfuerzos de muestreos frecuentes). El criterio de selección debe expresarse claramente puesto que los resultados y conclusiones son de aplicación inmediata al área de estudio y de extrapolación posible a otras áreas comparables.

Respecto a **cómo situar las unidades de muestreo**, se define como programa de muestreo al diseño bajo el cual se cuentan los organismos en unidades muestrales de tamaño y número ya fijados. Aquí el aspecto esencial es asegurar que las muestras sean **representativas** de la población que se está muestreando. La selección de las muestras al azar persigue el fin de garantizar su representatividad. Los programas de muestreo completamente al azar más frecuentemente utilizados son el muestreo al azar simple y el muestreo al azar estratificado.

*Muestreo al azar simple:* se seleccionan  $n$  unidades muestrales al azar entre  $N$  posibles unidades, de tal manera que cada una de las posibles combinaciones de selección tenga la misma probabilidad de ser elegida. Lo que verdaderamente importa es el proceso de selección aleatorio más que el propio resultado; por ejemplo, es posible que luego de un muestreo aleatorio en un campo un 80% de las muestras provengan de una de las mitades del campo, lo cual no invalida al muestreo si bien puede alterar la representatividad de las muestras seleccionadas.

La ubicación de las muestras se selecciona con números al azar extraídos de una tabla o mediante un programa de computación. Varios métodos frecuentemente usados por comodidad no son realmente aleatorios y deben

evitarse (e.g., arrojar un cuadrado hacia cualquier dirección luego de dar vueltas sobre si mismo).

El muestreo aleatorio simple presenta varios inconvenientes. En zonas heterogéneas el error de muestreo es considerable; algunas porciones de la zona pueden resultar sub o sobrerrepresentadas; algunas unidades de muestreo pueden caer en sitios inaccesibles o muy deteriorados. Por ello, el muestreo aleatorio simple es excluido para el estudio de zonas muy extensas y heterogéneas ya que no se obtiene información sobre variaciones entre sus subdivisiones homogéneas dado que se promedian todos los datos. Esto ha propiciado el uso del muestreo al azar estratificado y el muestreo sistemático.

*Muestreo al azar estratificado:* es preferible al muestreo al azar simple cuando el ambiente a muestrear es heterogéneo y la probabilidad de encontrar a los organismos es diferente en diferentes porciones del hábitat. Para aumentar la precisión de las estimaciones y disminuir los costos, se subdivide el hábitat en *estratos* para que la muestra esté constituida por elementos de cada uno de ellos; esto mejora la representatividad y precisión en comparación a un muestreo aleatorio simple. Un estrato es una porción de terreno (o subconjunto) de características homogéneas. Los estratos no se eligen al azar. Si la selección de unidades muestrales en cada estrato es por muestreo aleatorio simple, entonces el procedimiento se denomina muestreo *aleatorio estratificado*. La elección sobre qué aspecto usar para estratificar se basa en el sentido común y en una apreciación de los factores que pueden afectar la magnitud de la variable que se estudia. Si se muestrean insectos plaga forestales, el diámetro del tronco probablemente sea un factor relevante para estratificar el muestreo.

En general, se subdivide al área de estudio de forma tal que se minimiza la varianza de la densidad de individuos dentro del estrato, y por lo tanto se maximizan las diferencias entre estratos. Generalmente es suficiente usar entre 3 y 6 estratos.

Si el tamaño de la muestra en cada estrato ( $n_h$ ) es proporcional al tamaño de cada estrato  $N_h$ , el muestreo se llama estratificado con asignación proporcional. En este caso, las medias del muestreo aleatorio estratificado y del muestreo aleatorio simple son iguales. Las fórmulas de cálculo de medias y varianzas se pueden hallar en Rabinovich (1980) y Cochran (1963).

*Muestreo sistemático:* en estos muestreos las unidades muestrales se **ordenan** de acuerdo a algún criterio espacial o temporal del 1a  $N$ , se toma al azar una unidad entre las primeras  $k$ , y luego se extrae un nuevo elemento repetidamente cada  $k$  unidades hasta completar la muestra de tamaño  $n$ . El principal inconveniente del muestreo sistemático es que inadvertidamente el  $k$  puede coincidir con algún patrón regular del ambiente o de los organismos, dando como resultado una estimación sesgada. El muestreo sistemático no es

al azar y por eso es frecuentemente criticado bajo argumentos de pureza estadística. Los defensores del muestreo sistemático aducen ventajas de costo y representatividad de toda el área de estudio con relación al muestreo aleatorio simple.

*Muestreo por conglomerados ("clusters"):* en este modelo cada unidad muestral tomada al azar es en realidad un grupo (o "cluster") de ítems en lugar de un único ítem. Este modelo permite disminuir costos, dado que es menos costoso muestrear varios ítems próximos entre sí que si estos ítems se hallan distantes entre sí. Por ejemplo, si se quiere muestrear aleatoriamente una especie de planta en un bosque que ocupa 30 x 50 km utilizando cuadrados muestrales de 10 x 10 m, lo más probable es que arribar a cada sitio de muestreo para tomar sólo una muestra demande gran cantidad de tiempo e incremente los costos.

La principal desventaja del muestreo por conglomerados es que las unidades dentro de cada conglomerado frecuentemente no son independientes entre sí; es decir, es muy probable que sean más similares entre sí que aquellas que se hallan alejadas. En general, es esperable que el muestreo por conglomerados sea más preciso que un muestreo aleatorio simple para un cierto costo de muestreo.

*Muestreo en múltiples etapas:* también llamado submuestreo, en este procedimiento se muestrea a varios niveles de clasificación de una población. Por ejemplo, para muestrear un insecto plaga en un bosque primero se seleccionan al azar las unidades de muestreo primarias (por ej., áreas geográficas diferentes dentro del bosque), luego se selecciona al azar una muestra de los árboles que componen la unidad primaria, luego se selecciona al azar una muestra de las ramas, luego se selecciona al azar una muestra de las hojas, y en éstas se cuentan todos los insectos posados sobre ellas. Los costos y la precisión del muestreo en múltiples etapas tienden a ser intermedias entre el muestreo aleatorio simple y el muestreo por conglomerados, pero muy a menudo es superior a ambos.

Para **determinar el tamaño de la muestra** (número de unidades muestrales) a tomar, es necesario recordar qué esperamos obtener de esas muestras en términos de límites de error tolerable (precisión). Esta se puede expresar en función de alcanzar (i) un nivel *absoluto* de precisión  $d$ , en el que uno fija un error estándar de tamaño predeterminado: por ej., que el intervalo de confianza del 95% sea  $\pm 2.8$  mm; o (ii) un nivel *relativo* de precisión  $R$ , en el que se determina un intervalo de confianza de cierta longitud como porcentaje (o proporción) de la media; por ej., que el intervalo de confianza del 95% sea  $\pm 6\%$  de la media (Krebs, 1989). Los niveles absoluto y relativo de precisión se hallan relacionados por:

Error relativo porcentual = (Error absoluto / Media) x 100



Para establecer el número de muestras  $n$  se necesita una ecuación que conecte el tamaño muestral con la precisión deseada para la media. Para una distribución normal, el intervalo de confianza es  $\text{media} \pm ES \times t_{\alpha}$ , donde  $ES$  es el error estándar ( $=s/\sqrt{n}$ , donde  $s$  es la desviación estándar). El error absoluto deseado  $d$  por ende es:  $ES \times t_{\alpha}$ , o en forma expandida:  $s/\sqrt{n} \times t_{\alpha}$ . Esta fórmula puede ser usada para determinar el número de muestras que necesitamos. Finalmente, para estimar  $n$  es necesario realizar un *muestreo piloto* o *contar con información previa* sobre la desviación estándar ( $s$ ) y el tipo de disposición espacial de los organismos.

La magnitud del error estándar tolerable depende de la magnitud de cambio poblacional que se desea poder registrar. Por ejemplo, para insectos plaga que típicamente exhiben cambios poblacionales de 10 a 100 veces sus números dentro de una misma estación, una estimación poblacional con un error estándar del 25% de la media nos permitirá detectar cambios estadísticamente significativos si la población se llega a duplicar o a reducir a la mitad de su tamaño.

En contraste, si se trata de estudios sobre tabla de vida que requieren mayor exactitud, el error estándar aceptable es del 10% alrededor de la media (Southwood 1978).

Para un hábitat homogéneo y suponiendo que los organismos se disponen según una distribución normal y el verdadero tamaño poblacional es grande, el número de muestras  $n$  requerido para alcanzar un nivel de precisión absoluto  $d$  es:

$$n = (t_{\alpha} s/d)^2$$

donde  $t$  es el valor de la distribución  $t$  de Student ( $t_{\alpha/2}$  para más de 10 muestras a un nivel del 5%).

Cuando se usa un nivel de precisión relativo  $R$ , donde  $R$  es expresado como proporción con valores típicos de 0.05, 0.1 o 0.2, la fórmula de cálculo es:

$$n = (s/R \text{ media})^2$$

Ambas fórmulas dan el mismo resultado si los valores de  $R$  y  $d$  se ajustan a su verdadero significado.

Desafortunadamente, las distribuciones de frecuencias de censos, densidades e índices muy raramente son normales. Esto no tiene efectos adversos sobre la estimación de la media y la varianza, pero sí afecta las estimaciones del error estándar y los intervalos de confianza basados en la suposición de normalidad de la distribución. Una solución parcial es transformar los datos; por ejemplo, la distribución de recuentos de organismos puede ser normalizada tomando la raíz cuadrada de los recuentos. Otra solución es tomar muestras de tamaño grande; apelando al teorema central del límite, "a medida que el tamaño muestral se incrementa, las medias de una población con cualquier tipo de

distribución tenderán a una distribución normal". Finalmente, otra posible solución es ajustar una distribución de probabilidades particular a los datos, tales como la distribución de Poisson o binomial negativa.

Si la disposición de los organismos es adecuadamente descripta por la distribución de Poisson, entonces:

$$n = (t_0 / R)^2 / \text{media}$$

Si la disposición de los organismos es agrupada y puede ser descripta por la distribución binomial negativa, entonces:

$$n = (t_0 / R)^2 (1/\text{media} + 1/k)$$

donde k es el parámetro de dispersión de la distribución binomial negativa.

Cuando se desea estimar la proporción de organismos con cierto atributo (infección por un patógeno o que tienen determinado genotipo), entonces:

$$n = t^2 p q / d^2$$

donde p es la proporción de ocurrencia del atributo,  $q = 1 - p$ , y t fue definido antes. Como aproximación para poblaciones grandes, cuando p varía entre 0.3 y 0.7 n se aproxima a  $1/d^2$ .

Por ejemplo, para  $d = 0.05$  se necesita una muestra con  $n = 400$ .

Una nota de cautela: estas fórmulas son aproximaciones. Debido a que las características de una población cambian en el tiempo (e.g., densidad, disposición espacial, etc.), el número de muestras necesario para alcanzar un determinado nivel de precisión por fuerza también cambia.

El tamaño de la unidad muestral puede estar referido a superficie, volumen, longitud de una transecta, cantidad de tiempo invertido en capturas, etc. Respecto a la **determinación del tamaño y la forma de la unidad muestral**, las unidades muestrales deben satisfacer varios requisitos importantes: a) deben distinguirse claramente; b) su tamaño debe estar en relación con el tamaño del organismo a muestrear, y proveer un balance razonable entre varianza y costo; c) las reglas de exclusión e inclusión del material a medir deben establecerse de antemano por convención y ser respetadas durante la obtención de los datos, y d) la forma y el tamaño seleccionados deben mantenerse a lo largo del trabajo.

El tamaño de la unidad muestral tiene efectos sobre la eficiencia del muestreo. En general, una unidad muestral pequeña es más eficiente que una grande cuando los organismos tienen una disposición agregada (el caso más habitual)

porque: 1) se puede emplear un mayor número de unidades muestrales para una misma cantidad de trabajo; 2) un tamaño muestral más grande permite un mayor número de grados de libertad, y 3) permite cubrir una mayor cantidad de hábitats. Sin embargo, la menor dimensión posible está acotada por el tamaño del organismo que se muestrea, y por el error de conteo que se genera en el borde de la unidad muestral (efecto borde). Este error es proporcional a la razón entre la longitud del perímetro y el área de la unidad muestral. El error producido por el efecto borde es máximo cuando la forma de la unidad muestral es cuadrada o rectangular, mínima cuando es un círculo, e intermedio con otros polígonos. Los círculos dejan espacios vacíos entre ellos (i.e., área sin cubrir), y los polígonos también producen dificultades para su disposición.

En consecuencia, generalmente se usan cuadrados (que producen menor efecto borde que los rectángulos) y se realizan convenciones para minimizar el efecto borde. Por ejemplo, sólo se incluyen los organismos que caen sobre los límites superior e izquierdo del borde. Siguiendo las formas tradicionalmente usadas en la bibliografía, en lo sucesivo nos referiremos a cuadrado (“quadrat”) teniendo en mente a cualquier figura utilizada para muestrear, aunque tenga forma irregular e incluso circular.

Para determinar el tamaño o forma óptima de cuadrado muestral se puede usar el método de Wiegert (Krebs 1989). Según éste, los factores más importantes para determinar el tamaño y forma óptima son la variabilidad relativa y el costo relativo (tiempo o dinero invertido en muestrear). La variabilidad se cuantifica por la varianza por unidad de área específica para cada tipo de cuadrado.

Dado que los distintos tipos de cuadrados difieren en área, para poder compararlos sobre una misma base primero es preciso estandarizar las varianzas por una misma unidad de área; para esto se divide la varianza calculada para cada cuadrado por su área relativa elevada al cuadrado. Luego se calcula una varianza relativa para cada tipo dividiendo cada varianza observada por la varianza mínima observada. El costo tiene una componente fija independiente del tamaño o forma elegido (representada por el costo de llegar al área de estudio, el tiempo invertido en caminar entre sitios de muestreo o localizar una muestra al azar, etc.) y una componente a veces variable que es específica para cada cuadrado. El costo relativo se obtiene al dividir el costo de cada cuadrado por el costo mínimo observado. El cuadrado óptimo es aquel que minimiza el producto de la variabilidad relativa y el costo relativo.

### **3.2.2 PRINCIPALES PROPIEDADES DE LAS POBLACIONES.**

Toda especie animal o vegetal puede desarrollarse en un determinado espacio en forma óptima sólo con una población en equilibrio con su ambiente. Este equilibrio es determinado principalmente por la cantidad de alimentos disponibles. Cuando existe un exceso poblacional, o sea mayor cantidad de

individuos y menor disponibilidad de alimentos y de espacio, se producen diversos fenómenos de control natural para restablecer el equilibrio entre la oferta de alimento y la población. Los fenómenos más importantes de control natural de la población en un espacio determinado son los siguientes:

- Desarrollo lento: Ante la falta de alimentos y espacio suficiente los individuos se desarrollan en forma más lento, lo que contribuye a bajar o disminuir el aumento poblacional al retardarse los procesos reproductivos o tener menor número de crías.
- Disminución del tamaño: En muchos casos el tamaño de los individuos disminuye y también el peso de los mismos. Esto es simplemente por la falta de alimentos que no permite un desarrollo normal.
- Baja fertilidad: El número de crías disminuye por el debilitamiento de las madres o por la mayor mortandad de las mismas al no disponer de alimentos suficientes. Es frecuente el caso de abortos y de reabsorción de fetos por el debilitamiento de las madres. En Pampa Galeras (Ayacucho), después de cinco años de sequía, el porcentaje de crías de la vicuña disminuyó en un 82%.
- Aumento de la mortalidad: Por debilitamiento de los individuos de la población, al faltar alimento, la incidencia de enfermedades aumento y, también, el número de muertos.
- Emigración: Si es posible y si las condiciones de; área lo permiten, una parte de la población se traslada o migra a otras partes en busca de mayor espacio y alimentos. Por ejemplo, el guanaco realiza migraciones entre las lomas costeras en invierno, cuando éstas están verdes, y las vertientes occidentales andinas, cuando éstas tienen pastos en el verano por las lluvias en la Sierra.
- Colapso de la población: Cuando las condiciones ambientales son alteradas en forma muy significativa (destrucción de los pastos, de los bosques, catástrofes, epidemias, etc.) se puede producir el colapso de la población en un área determinada y su desaparición total. Cuando una especie sólo vive en un ambiente determinado y éste es alterado la especie se extingue.

De esta manera, y en forma natural, disminuye la densidad poblacional hasta encontrar nuevamente el punto justo de equilibrio entre la disponibilidad de alimentos y el número de individuos, contribuyendo otros factores como los depredadores, los concurrentes o especies que compiten con otras, los parásitos, etc.

En la densidad poblacional también pueden influir factores químicos, como la acumulación de sustancias de desecho (excrementos, cadáveres, etc.), especialmente en los animales acuáticos (peces, protozoarios) y en los terrestres de poco desplazamiento.

Otros animales reaccionan en forma muy sensible ante perturbaciones de tipo mecánico y síquico de otros individuos, entre ellos el desgaste energético para defender un territorio, como en el caso de la vicuña, que es una especie territorial donde un macho defiende un área con sus hembras. A mayor densidad de población en un espacio determinado, el desgaste físico y síquico para defender el territorio aumentará.

### 3.2.3. CURVA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL.

El tamaño de las poblaciones de seres vivos se mantiene en equilibrio, oscilando más o menos ampliamente en torno a un valor medio, en función de variables como la natalidad o la mortalidad, que a su vez dependen de relaciones más complejas con otras poblaciones de otras especies, variaciones en las condiciones ambientales, etc.

El crecimiento de una población, es decir el incremento en el número de individuos que la componen en cada generación depende de la tasa de natalidad, característica de cada especie y variable en función de ciertos factores ambientales, y del número de individuos reproductores de que se parte. Esta tasa de natalidad TN se expresa en *tanto por uno*. Según esta aproximación tan simple, en una generación el número inicial de individuos  $N_0$  se verá incrementado en  $N_0 \cdot TN$ :

$$N_1 = N_0 + N_0 \cdot TN = N_0 \cdot (1 + TN)$$

Al mismo tiempo, ocurre que cierto número de individuos mueren. La proporción de muertes respecto al total es la tasa de mortalidad TM. Luego:

$$N_1 = N_0 \cdot (1 + TN - TM)$$

La acción conjunta de TN y TM determinan el incremento real de  $N_0$ . La diferencia entre TN y TM es la tasa intrínseca de crecimiento de una población, cuyo valor máximo se denomina potencial biótico ( $r$ ), el cual es característico de cada especie:

$$r = TN - TM$$

Teniendo en cuenta ambos factores, tenemos que el número de individuos presentes en la población en la siguiente generación será:

$$N_1 = N_0 \cdot (1 + r)$$

Y en la siguiente generación tendremos:

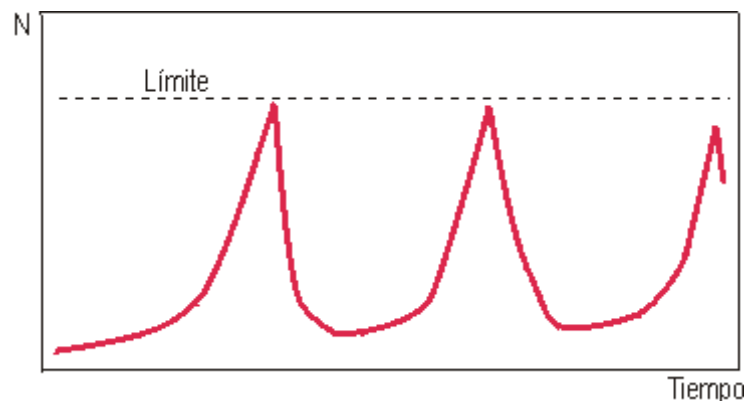
$$N_2 = N_1 (1 + r) = N_0 (1 + r) (1 + r) = N_0 (1 + r)^2$$

Y generalizando:

$$N_t = N_0 (1 + r)^t$$

Si  $T_N > T_M$ , significa que la natalidad supera a la mortalidad,  $r$  será mayor que 0 y la población tiende a crecer. En estas condiciones y si no existen limitaciones de otro tipo, la población crece de manera exponencial. El siguiente ejemplo muestra este tipo de crecimiento partiendo de  $N_0 = 6$  y  $r = 0,1$ , o sea una tasa del 10% (se ha elegido una tasa tan alta para mejorar la visualización de la función; empleando los controles se pueden alterar los parámetros de partida):

Sin embargo, este tipo de crecimiento sólo es posible en circunstancias muy específicas, por ejemplo cuando una especie coloniza un nuevo espacio y no hay restricciones en los recursos ni competencia por ellos, tal como ocurre en un cultivo bacteriano recién inoculado durante los primeros momentos de su crecimiento. Algunas especies siguen este modelo de crecimiento siguiendo ciclos de explosión demográfica seguidos por elevados índices de mortalidad, por ejemplo al comienzo de la estación reproductora. Presentan curvas de crecimiento en forma de dientes de sierra:



Al potencial biótico, como capacidad de una especie para reproducirse en *condiciones ideales*, se opone una serie de factores que, en conjunto, constituyen la resistencia ambiental, la cual establece un límite al crecimiento de las poblaciones. En especies con un comportamiento como el descrito estos factores suelen ser *independientes de la densidad* de población, como variaciones climáticas, en la cantidad de alimento disponible, etc.

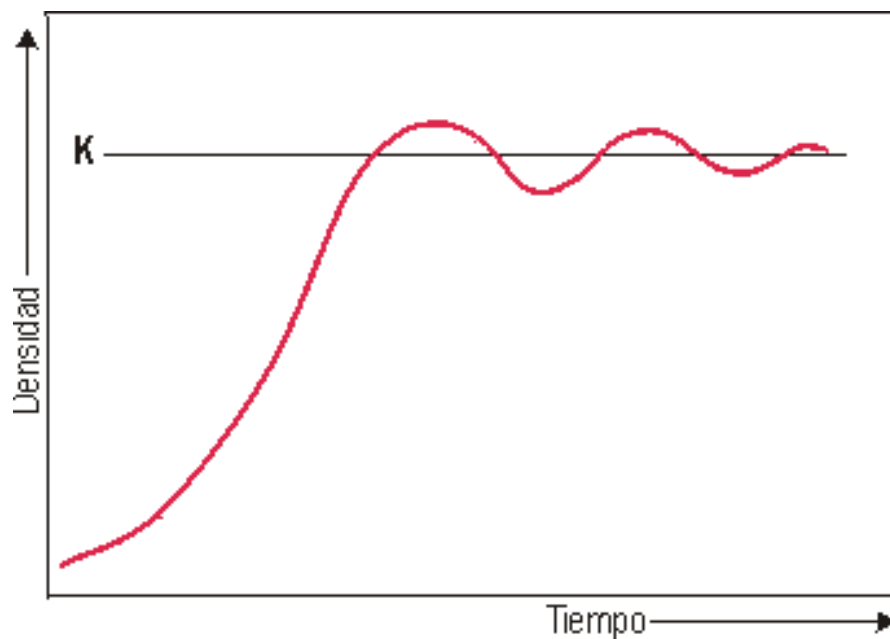
En otras especies cobran importancia factores *dependientes de la densidad*, en general de tipo intraespecífico. El ritmo de crecimiento en estas poblaciones va decreciendo a medida que va aumentando la densidad de población y se aproxima a un valor máximo denominado **capacidad de carga (K)**, para el cual el crecimiento se hace 0.

Este tipo de crecimiento recibe el nombre de **logístico**. Se ajusta a una función del tipo:

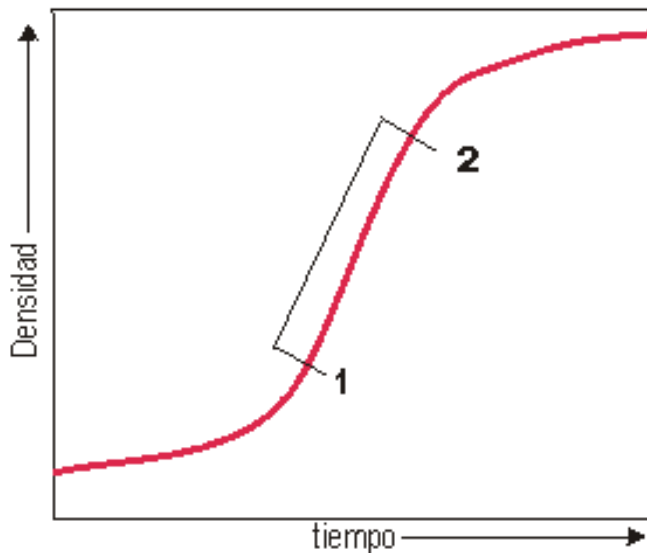
$$N_t = rN (K-N/K)$$

Donde vemos que a medida que N aumente y se aproxime al valor máximo K, el último factor  $(K-N / K)$  decrece y se aproxima a cero y, por lo tanto,  $N_t$  crecerá cada vez más despacio. En cambio, si N es pequeño, el valor de ese cociente se aproxima a la unidad. La representación gráfica de esta función logística tiene una característica forma de "S", en la que el valor de K es la asíntota de la curva.

La tasa de natalidad es primero muy elevada y luego va siendo menor hasta igualarse a la de mortalidad cuando la población alcanza el límite de carga. Por encima de éste, la tasa de mortalidad supera la de natalidad e impide que la población crezca. Sin embargo, es frecuente que tras un período de crecimiento rápido este ajuste tarde en ocurrir lo suficiente como para que la población supere el nivel K momentáneamente, tras lo cual se produce una elevada mortalidad y caída de la población. Puede ocurrir que el valor de N oscile en torno a K hasta alcanzar el equilibrio:



El máximo crecimiento de la población y la máxima **producción** se da mientras se mantiene la etapa de crecimiento exponencial, antes que los factores dependientes de la densidad tomen importancia limitando el crecimiento. En la siguiente figura, corresponde al segmento comprendido entre los puntos 1 y 2:



La explotación de los ecosistemas por el hombre, ya hablemos de agricultura, ganadería o pesca, consiste en extraer biomasa manteniendo el ecosistema inmaduro, evitando que progrese la sucesión y el consumo respiratorio suponga una menor producción neta. Desde el punto de vista de la demografía se trataría de mantener la población en ese segmento 1-2 de crecimiento exponencial, evitando que el aumento de la densidad haga decrecer la producción. Pero la sobreexplotación significa extraer más deprisa de lo que puede crecer la población, se reducirá su densidad a un nivel inferior al de producción óptima (antes del punto 1 de la gráfica). El buscar el máximo beneficio en el menor plazo posible puede conducir a reducir los niveles de la población objeto de explotación por debajo de ese umbral crítico que permita la recuperación de la misma.

En condiciones naturales, no todas las especies utilizan la misma estrategia en la búsqueda de su adaptación a las condiciones ambientales y su permanencia en el tiempo. El tamaño de la población depende del equilibrio entre **fertilidad** (o *potencial biótico*) y **supervivencia**:

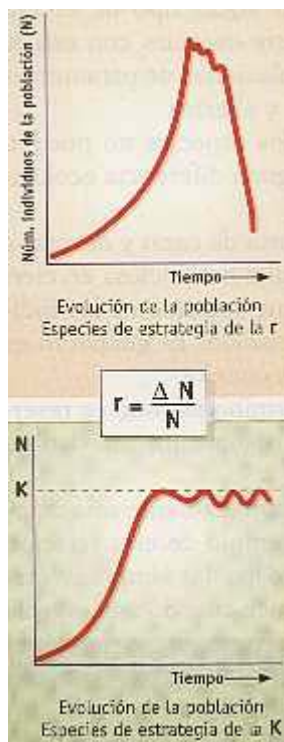
- Unas especies presentan elevada fertilidad (gran potencial biótico) aunque su supervivencia sea baja. Se denominan **r estrategas**, y son propias de ambientes cambiantes o inestables, sometidas a elevados índices de mortalidad, que compensan con crecimientos explosivos en períodos favorables (véase la **gráfica II**). Son especies **oportunistas, pioneras o colonizadoras** que basan su éxito en producir un gran número de esporas, huevos, larvas o juveniles aunque su mortalidad sea muy elevada (**curva de supervivencia tipo III**)
- Otras especies sitúan el número de individuos por debajo de la **capacidad de carga K**, son los **K estrategas**, que priman la supervivencia por encima de la fertilidad. Son especies propias de ambientes estables, muy adaptados a ellos, en general grandes y longevos. Adoptan esta estrategia especies muy territoriales, con marcada organización social. Pero son la



densidad de población tiene un gran efecto y presentan mecanismos de regulación social: no todos los individuos se reproducen, son muy sensibles a cambios ambientales, etc. Su **curva de supervivencia** es de tipo I)

### 3.2.4. ESTRATEGIAS DE CRECIMIENTO POBLACIONAL “R” Y “K”. CURVAS DE SUPERVIVENCIA.

En muchas ocasiones las especies tienen que competir entre ellas para ocupar un lugar en el ecosistema. Las diferentes especies han ido adquiriendo, a lo largo de su evolución, una serie de características que les facilitan la competición. Pero las "habilidades" que les ha convenido adquirir son muy distintas según sea el ambiente en el que deben vivir. Son muy distintas las características que debe tener un ser vivo para adaptarse a un ambiente cambiante que a otro relativamente estable.



Por eso se distinguen dos grandes tipos de **estrategias de supervivencia**: la de la r y la de la K. Estas letras hacen referencia a la importancia relativa que tengan los parámetros **K** (densidad de saturación) y **r** (tasa de incremento) en sus ciclos de vida.

Las **especies** que siguen **estrategia de la r** suelen ser microscópicas o de tamaño pequeño, como bacterias, protozoos, plantas fugaces, animales pequeños, etc. Su población mantiene un crecimiento exponencial hasta desaparecer bruscamente cuando las condiciones cambian. Es lo que sucede, por ejemplo, cuando llueve y se forman charcos. Si la temperatura es adecuada la población de protozoos del charco crecerá rápidamente hasta que llegue un momento en el que el charco se seque o se termine el alimento y entonces la población disminuirá bruscamente.

Las especies con estrategia de la r son típicas de lugares efímeros: charcas de lluvia, montones de tierra junto a madrigueras, rocas desnudas, zonas polares, desiertos, terrenos arados, etc. Son oportunistas o pioneras, ocupan áreas nuevas con facilidad y se extienden por ellas con rapidez. El papel que cumplen en los ecosistemas es colonizarlos en las primeras etapas de su desarrollo y, para ello, suelen ser organismos que producen muchas unidades de dispersión (hasta millones y miles de millones de esporas o huevos). Pero no pueden tener éxito si la competencia es fuerte, frente a organismos con estrategia de la K.

El hombre favorece la dispersión de las especies oportunistas con sus viajes y transportes y, además, con su actividad degrada los ecosistemas facilitando su colonización por especies pioneras. Las plantas que se usan para los cultivos son, normalmente, de este tipo.

Las **especies con estrategia de la K** suelen ser los animales y plantas grandes y longevas. Su población se mantiene con altibajos, pero cerca de la densidad máxima (K) que puede tener, dadas esas condiciones. Es lo que sucede, por ejemplo, con los robles de un bosque, las gaviotas o los lince, (Cuadro 4).

Los organismos con estrategias de la K tienen, por su tamaño, gran capacidad de competencia, gran longevidad y reducido número de descendientes. Los encontraremos en medios que permanecen estables largo tiempo (selva, bosques, regiones esteparias, etc.).

Cuadro 4

	Estrategia de la r	Estrategia de la K
Clima	Variable y/o impredecible;	Casi constante y/o predecible
Mortalidad	A menudo catastrófica, independiente de la densidad	Dependiente de la densidad.
Tamaño de la población	Variable con el tiempo; sin equilibrio; generalmente muy por debajo de la capacidad de soporte del medio; comunidades sin saturar; recolonización cada año.	Casi constante a lo largo del tiempo; equilibrio; en o cerca de la capacidad de soporte del medio; comunidades saturadas; colonización no necesaria
Competencia inter e intraespecífica	Variable, a menudo débil	Normalmente fuerte.
La selección favorece	1. Desarrollo rápido. 2. $r_m$ elevadas. 3. Reproducción temprana. 4. Pequeño tamaño corporal. 5. Reproducción única	1. Desarrollo lento. 2. Mayor habilidad competitiva. 3. Reproducción retardada. 4. Gran tamaño corporal 5. Reproducciones repetidas.
Longitud de la vida	Corta, normalmente de menos de un año.	Larga, normalmente de más de un año.

### 3.2.5. PATRONES DE CRECIMIENTO POBLACIONAL.

**Crecimiento exponencial:** representa el crecimiento de la población en una fuente de presión constante. La fuente de presión constante puede abastecer tanta energía como se necesita. Por ejemplo, piense en una población de conejos en crecimiento, con abastecimiento de alimento que no considera la rapidez con que ellos comen, como la población de conejos aumenta, esta retroalimenta para traer más energía (a través de más alimentación) para procrear más conejos. Si el sistema comienza con un conejo macho y una hembra, y ellos producen cuatro conejitos que a su vez producen ocho; y así, en la misma tasa de aumento, la próxima generación producirá 16, la próxima 32, la próxima 64 y así sucesivamente. Como el número de conejos aumenta, ellos usan más de la fuente de energía y el número aumenta rápidamente. Existe una aceleración del crecimiento de la población de conejos a lo largo de la misma concentración de abastecimiento de alimento.

La curva de una población bajo estas condiciones se denomina crecimiento exponencial. El crecimiento exponencial aumenta en un constante porcentual en función del tiempo.

**Crecimiento Logístico:** Las poblaciones creciendo inicialmente rápido en una fuente de presión constante, se vuelven tan numerosas que pierden su capacidad de crecer debido a interacciones entre los miembros de la población, resultando entonces un estado de equilibrio. Este tipo de crecimiento se llama crecimiento logístico. Crecimiento logístico es el balance entre producción en proporción a la población, y a las pérdidas en proporción a la oportunidad de interacciones individuales. Un ejemplo es el crecimiento de levadura en el fermento del pan. Primeramente, el crecimiento de la población es casi exponencial. La disponibilidad de alimento es constante y como la población crece esto implica comer más y más. Sin embargo, las células de levaduras se vuelven tan numerosas que sus productos comienzan a interferir con el propio crecimiento. Resultando un estado de equilibrio entre producción y pérdida de células.

**Crecimiento en una fuente de flujo constante:** Los ecosistemas utilizan muchas fuentes cuyo flujo es controlado por sistemas externos. Ejemplos de fuentes de flujo constante son el sol, la lluvia, el viento y las corrientes de ríos. Las poblaciones en los sistemas no pueden aumentar los flujos externos. Su crecimiento se limita a aquello que pueda ser mantenido por el flujo interno de energía. Un ejemplo es la utilización de la luz solar por los árboles, no hay nada que los árboles puedan hacer para aumentar o disminuir la incidencia de luz solar. Este tipo de fuente es también llamado fuente renovable.

Un ejemplo de crecimiento, en una fuente de flujo constante, es la construcción de ciudades a lo largo de un río. Las ciudades usan agua para beber, producción agrícola, pesca y uso de aguas servidas tratadas. Nuevas ciudades pueden construirse hasta que toda el agua sea utilizada tan rápido cuanto fluya por el río. El modelo logístico no es limitado por su fuente (presión constante no limita el crecimiento) es limitado por la super-población. El modelo de fuente de flujo constante es limitado por la tasa de abastecimiento de su fuente.

Factores que regulan el crecimiento de la Población:

- Natalidad es el cociente entre el número de individuos que nacen en una unidad de tiempo dentro de la población y el tamaño de la población.
- Mortalidad es el cociente entre el número de individuos que mueren en una unidad de tiempo dentro de la población y el tamaño de la población.
- Inmigración es la llegada de organismos de la misma especie a la población. Se mide mediante la Tasa de Inmigración que es el cociente entre individuos llegados en una unidad de tiempo y el tamaño de la población.
- Emigración es la salida de organismos de la población a otro lugar. Se mide mediante la Tasa de Emigración > que es el cociente entre individuos emigrados en una unidad de tiempo y el tamaño de la población.

Si en una población la suma de la Natalidad y la Tasa de Inmigración es superior a la suma de la Mortalidad y la Tasa de Emigración su tamaño aumentará con el tiempo; tendremos una población en expansión y su crecimiento se representará con signo positivo (+).

Si por el contrario la suma de la Natalidad y la Tasa de Inmigración es inferior a la suma de la Mortalidad y la Tasa de Emigración, la población disminuirá con el tiempo; tendremos una población en regresión y su crecimiento se representará con signo negativo (-)

Distribución de la Población:

Es la manera en que los organismos de una población se ubican en el espacio, hay tres tipos de distribución en todas las poblaciones:

1- AZAROSA: Al azar la cual no muestra ningún patrón en un área determinada.

2- AGREGADA: Amontonada o apiñonada muestra una serie de conjuntos donde se concentran los individuos de la misma población.

3- UNIFORME: Lineal en la cual los organismos de la población están separados más o menos uniformemente. Una gran parte de la Ecología de poblaciones es matemática, ya que buena parte de su esfuerzo se dirige a construir modelos de la dinámica de poblaciones los cuales deben ser evaluados y refinados a través de la observación en el terreno y el trabajo experimental.

La Ecología de poblaciones trabaja a través de muestreos y censos para comprobar la estructura de la población (su distribución en clases de edad y sexo) y estimar parámetros como natalidad, mortalidad, tasa intrínseca de crecimiento ( $r$ ) o capacidad de carga del hábitat ( $K$ ). Vemos estos últimos relacionados, por ejemplo, en el modelo clásico de crecimiento de una población en condiciones naturales, el del crecimiento logístico o curva logística que corresponde al crecimiento exponencial denso-dependiente.

### 3.2.6. POBLACIONES CÍCLICAS Y POBLACIONES NO CÍCLICAS.

**Fluctuaciones cíclicas:** se producen cada cierto período de tiempo. Este tipo de fluctuación es el menos conocido y el más espectacular, ya que no está relacionado con cambios estacionales o anuales, pero a menudo se producen con tal regularidad que puede predecirse cuando volverán a repetirse. Un ejemplo típico son las poblaciones de trucha de Alaska, las cuales tienen un ciclo de cuatro años, o algunos insectos, que constituyen plagas forestales, cuyos ciclos aparecen periódicamente al cabo de uno o varios lustros.

Cuando las poblaciones completan su crecimiento y  $\Delta N/\Delta t$  es cero en promedio durante un periodo prolongado, la densidad de la población tiende a pulsar o fluctuar por encima o por debajo del nivel de la capacidad de carga, porque las poblaciones están sujetas a diversas formas de control por retroalimentación más bien que a controles de punto fijo. Algunas poblaciones (en particular insectos, especies de plantas exóticas y plagas en general) irrumpen, es decir, su número explota de manera inesperada siguiendo un patrón de estallido y reducción drástico. A menudo este tipo de fluctuaciones se debe a cambios estacionales o anuales en la disponibilidad de recursos, pero puede ser estocástica (aleatoria). Además, algunas poblaciones oscilan de manera tan regular que se clasifican como *cíclicas*.

En la naturaleza es importante diferenciar entre 1) los *cambios estacionales* en el tamaño de la población, controlados principalmente por adaptaciones del ciclo de vida acopladas a cambios estacionales de los factores ambientales; y 2) *fluctuaciones* anuales. Para los fines de este análisis, las fluctuaciones anuales pueden ser consideradas bajo dos encabezados: 1) fluctuaciones controladas principalmente por diferencias anuales en factores extrínsecos (como temperatura y lluvia) que se encuentran fuera de la esfera de interacciones de la población; y 2) oscilaciones sujetas a factores intrínsecos (factores bióticos, como disponibilidad de energía o alimento, enfermedad o depredación), controladas de manera primaria por la dinámica de la población.

En muchos casos, los cambios en la abundancia de uno a otro arto parecen evidentemente correlacionados con variaciones en uno o más factores limitantes extrínsecos, pero algunas especies muestran tal regularidad en su abundancia (aparentemente independiente de los indicios ambientales obvios) que el término ciclos parece el más adecuado (las especies con variación regular de este tipo en el tamaño de la población a menudo se denominan *especies cíclicas*).

Las poblaciones modifican y compensan las perturbaciones de factores físicos. Sin embargo, *por la falta de controles de punto fijo, este tipo de balances en los sistemas maduros no constituyen estados estables, sino que son balances intermitentes cuyas oscilaciones tienden a variar de amplitud en teoría. A medida que la comunidad está más organizada y madura, o el entorno físico es*

más estable, o ambas cosas, menor será la amplitud de la fluctuación de densidad de la población con el transcurso del tiempo.

Los humanos están familiarizados con variaciones estacionales en el tamaño de las poblaciones. Esperamos que en determinadas épocas del año abunden los mosquitos o los jejenes, el bosque este lleno de aves, y los campos cubiertos de ambrosia. En otras estaciones, las poblaciones de estos organismos se reducirán hasta casi extinguirse. Aunque sería difícil de encontrar en la naturaleza las poblaciones de animales, microorganismos y plantas herbáceas que no presentan algún cambio estacional de tamaño. Las fluctuaciones estacionales más pronunciadas ocurren en organismos que tienen estaciones limitadas de apareamiento, especialmente aquellos con ciclos de vida cortos y pirones de dispersión estacional pronunciada (como las aves migratorias).

### **3.3 DISPERSIÓN Y CONCEPTOS BIOGEOGRÁFICOS**

La biogeografía es la disciplina que estudia la distribución de los seres vivos, tanto en el tiempo como en el espacio, considerando también los procesos que dieron lugar a dicha distribución. Básicamente esta disciplina presenta dos vertientes: la biogeografía histórica y la biogeografía ecológica (Morrone y cols., 1996).

Dentro de la biogeografía histórica contemporánea existen tres enfoques para explicar la distribución de los seres vivos, a saber: el dispersalismo, la panbiogeografía y la biogeografía cladística. De ellos, el más antiguo es la biogeografía dispersalista, la cual se considera que se originó a partir de las ideas de Darwin y Wallace a mediados del siglo XIX (Crisci y Morrone, 1992).

Este enfoque trabaja con taxones individuales, en el sentido de que son los organismos los que se dispersan sobre una geografía estable. Como reacción a la biogeografía dispersalista, a mediados del siglo XX surge la panbiogeografía, la cual fue propuesta originalmente por León Croizat (1958). Este autor hizo énfasis en el análisis conjunto de diferentes taxones para buscar patrones comunes de distribución, evitando analizar un solo taxón como se hacía tradicionalmente. Esto se debe a que organismos con distintas capacidades de dispersión pueden compartir similitudes en sus distribuciones, ya que cualquier distribución en plantas de alguna u otra forma tiene su contraparte en los animales (Craw y cols., 1999). A partir de la combinación de la panbiogeografía con la sistemática filogenética de Willi Hennig, surge la biogeografía cladística en la década de los setenta (Espinosa y Llorente, 1993; Morrone y cols., 1996).

La Biogeografía se nutre de métodos empleados por otras disciplinas como la ecología, la climatología las ciencias del suelo, la botánica, la zoología, las ciencias de comportamiento, las geociencias y la paleontología.

La biogeografía como disciplina científica involucra una serie de preguntas a las que intenta dar respuesta:

- ¿Por qué las especies están confinadas a un presente rango de distribución?
- ¿Qué hace posible que las especies vivan donde están y que impide que colonicen otras regiones?
- ¿Qué papel juega el clima, el paisaje y las interacciones con otros organismos en la delimitación de la distribución de las especies?
- ¿Cómo hacen los diferentes tipos de organismos para reemplazarse a medida que trepamos una montaña o viajamos desde el trópico hacia los polos?
- ¿Qué son especies estrechamente relacionadas, dónde se encuentran, ¿dónde vivieron sus ancestros?.
- ¿De qué manera, eventos históricos tales como la deriva continental, la glaciación Pleistocénica y los recientes cambios climáticos modelaron la distribución de las especies?
- ¿Por qué hay animales y plantas aisladas en grandes regiones como Australia, Nueva Caledonia y Madagascar tan diferentes?
- ¿Por qué hay algunos grupos de especies estrechamente relacionadas confinadas a la misma región y otros grupos se encuentran en regiones opuestas del mundo?.
- ¿Por qué hay muchas más especies en los trópicos que en las zonas templadas?
- ¿Cómo son colonizadas las islas oceánicas aisladas y por qué tienen casi siempre menos especies que las islas situadas más cerca al continente, aunque tengan áreas y hábitats similares?

La Biogeografía contempla tres procesos fundamentales: evolución, extinción y dispersión.

Evolución: cualquier cambio irreversible en la composición genética de una población.

Extinción: proceso por el cual las especies llegar a ser permanentemente eliminadas, sin quedar individuos supervivientes sobre la tierra.

Dispersión: Es la capacidad que tienen los organismos para migrar de su lugar de nacimiento a nuevos lugares de su punto de origen. La dispersión es un proceso ecológico que es parte de la historia de cada especie. Sin la dispersión el intercambio genético sería muy limitado y las especies no tendrían oportunidad para adaptarse a nuevos ambientes. La dispersión es una importante parte del proceso de la evolución.

Los animales se dispersan porque son capaces de caminar, nadar o volar. Las plantas carecen de medios de locomoción directa, usan entonces el viento, el agua y a los animales terrestres y acuáticos para transportar sus semillas. La dispersión en las plantas se efectúa en una segunda generación de individuos.

Sin embargo el proceso de la dispersión no es libre, está condicionado por una serie de barreras, sin las cuales, teóricamente las especies podrían ocupar cualquier lugar. Estas barreras afectan de manera específica a las diferentes especies. Existen barreras de tipo físico como accidentes geográficos, ríos, montañas, océanos, etc. que frena la dispersión de unas especies, pero no son obstáculos para otras. Barreras ecológicas que son dadas por los patrones de interacción de una especie con otra, especialmente las referidas a la predación y a la competencia. Barreras fisiológicas referidas a ciertos condicionantes ambientales. Por ejemplo la salinidad del agua afecta la distribución de la mayor parte de los peces de aguas dulces.

Geográficamente una especie puede estar circunscrita a un área restringida, denominándose especie endémica; el área puede ser tan pequeña como una pequeña isla o muy grande como un continente. Ahora bien, puede que la especie hubiera tenido en el pasado una amplia distribución poblacional, pero en la actualidad está restringida debido a la extinción de la mayor parte de sus poblaciones, se le denomina entonces especie relictual epibiótica o simplemente se dice que la especie es un relictivo.

Una especie puede tener una distribución pantropical cuando ella tiene poblaciones en todas las áreas tropicales del mundo. Su distribución es boreal, cuando la distribución de las poblaciones de una especie ocurre a lo largo de todo este bioma. Su distribución es gondwanadiana cuando el taxon puede ocurrir en la expresión geográfica actual del antiguo supercontinente de la Gondwana.

Las especies pueden tener una distribución disjunta cuando dos organismos estrechamente relacionados viven en áreas separadas.

La Biogeografía ha desarrollado dos grandes enfoques de estudio:

➤ Biogeografía Ecológica: Intenta dar cuenta de las distribuciones presentes en términos de interacciones con su ambiente físico y biótico. Su



interés básico es investigar la influencia de los factores ecogeográficos y bióticos sobre los organismos a una escala global, regional o local.

➤ El abordaje de esta perspectiva usa un enfoque jerárquico que proporciona un esquema de estudio de los seres vivos en, ecosistemas, comunidades y poblaciones:

**Poblaciones:** son grupos de individuos que viven en un área geográfica específica.

**Comunidades:** Son ensamblajes de especies de diferentes poblaciones que exhiben un grado de cohesión e interdependencia e intercambio genético.

**Ecosistemas:** son las interacciones entre componentes biótico y abiótico de la naturaleza y de éstos con las comunidades.

La Biogeografía Ecológica usa escalas espaciales como un método de acercamiento a la identificación de lugares de ocurrencia similar de poblaciones, comunidades y ecosistemas en áreas restringidas o en todo el mundo. Una medida de escala espacial es el concepto de "Bioma" o "Formación". Los Biomas incluyen términos como "bosque húmedo tropical", "desierto", "vegetación subtropical", etc.

**Biogeografía Histórica:** Intenta reconstruir el origen, la dispersión y la extinción de los taxa y biotas. Se interesa por el estudio de las causas que han operado en el pasado, afectando la distribución de los organismos, abarcando escalas y jerarquías amplias (taxonómicas, geográficas cronológicas). Se apoya en la sistemática en las geociencias y en la paleontología para postular explicaciones de los patrones biogeográficos actuales.

Usa la escala temporal, que permite estudiar fenómenos que evolucionan día a día por periodos hasta de millones de años. Nuestro conocimiento de la naturaleza actual representa un pequeño punto en el tiempo, si lo comparamos con el cambio constante en el mosaico de paisaje terrestre a lo largo de los eones, como respuesta a cambios geológicos y climáticos. La Biogeografía es entonces una disciplina dinámica cuando analiza los efectos de los cambios sucedidos hace millones de años, como el impacto de la edad de hielo o el incremento del nivel del mar sobre los ecosistemas de ese entonces y las consecuencias que ésta derivada para la configuración moderna de ecosistemas, comunidades, poblaciones y especies del planeta.

#### Dispersión Vs Modalidad

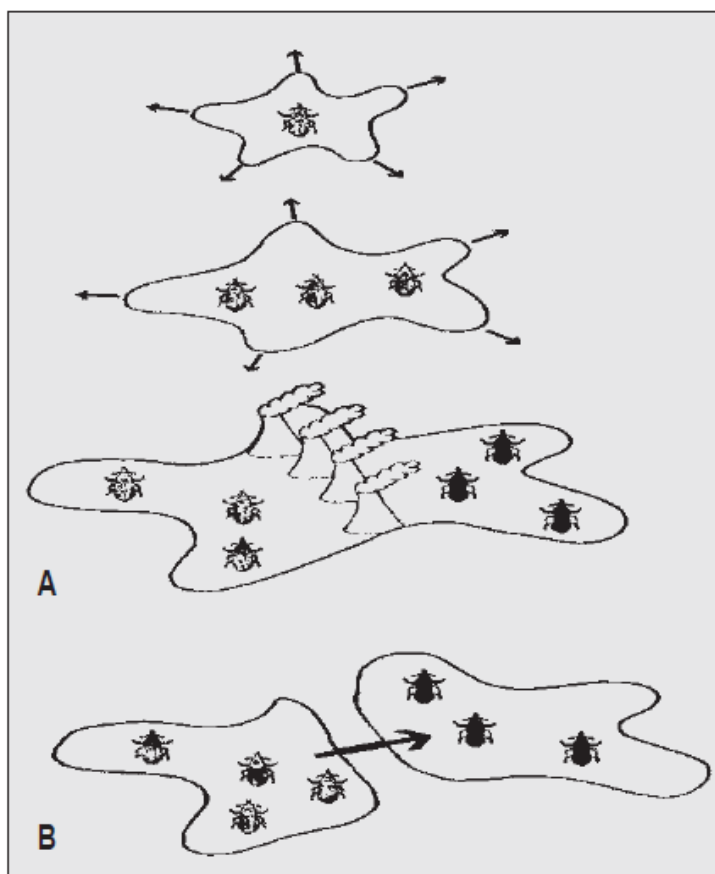
La dispersión atañe a un grupo sistemático el cual está sometido a variaciones en el tiempo que afectan sus fronteras. En un sentido amplio, el término dispersión implica el proceso mediante el cual un organismo es capaz de propagarse gradualmente desde su lugar de origen hacia otro sitio (Udvardy,

1969). En tendiéndose por propagación al movimiento azaroso y distante, y que atraviesa barreras, que llevan a las especies a establecerse en nuevos sitios que antes no habitaban

En un sentido amplio, el término dispersión implica el proceso mediante el cual un organismo es capaz de propagarse desde su lugar de origen hacia otro sitio (Udvardy, 1969). En el idioma inglés existen dos términos diferentes que a veces se confunden, pero que implican conceptos completamente distintos: *dispersal* y *dispersion*; ambas palabras hacen referencia a la dispersión en español (fig. 12). La primera se refiere al movimiento azaroso a grandes distancias y atravesando barreras, que lleva a que la especie se establezca en nuevos sitios que antes no habitaba; por esta razón varios autores que escriben en español prefieren utilizar el nombre de biogeografía dispersalista en lugar de biogeografía dispersionista (e.g. Crisci y Morrone, 1992; Morrone y cols., 1996;

Morrone, 2000), debido a que el primero se ajusta mejor al proceso más importante en esta escuela biogeográfica. *Dispersion* implica la expansión gradual del área de distribución bajo condiciones favorables del medio, lo que permite la ampliación del área de distribución original de una especie sin atravesar barreras. Sin embargo, en nuestro idioma un solo término (dispersión) alude a ambos conceptos y no existe diferencia entre ellos, por lo que no es raro que exista confusión.

Desde el punto de vista de Croizat, los organismos de una especie presentan una etapa de movilidad que consiste precisamente en la expansión del área de distribución original a todas las áreas con condiciones favorables posibles sin que intervengan barreras, generación tras generación (Figura 1A), lo que se podría definir como difusión a zonas adyacentes al sitio original de distribución de una especie (Espinosa y Llorente, 1993; Craw y cols., 1999). Como puede observarse, la movilidad no se relaciona con la dispersión de la escuela dispersalista, proceso que involucra el traslado a través de barreras.



**FIGURA 1.** Comparación entre: A, periodo de movilidad de la panbiogeografía (dispersión) y posterior surgimiento de barreras; B, dispersión (*dispersal*).

Figura 12.- Diferencias entre dispersión y dispersal

Si comparamos los dos términos del inglés con los enfoques biogeográficos, *dispersion* equivaldría a la etapa de movilidad en ausencia de barreras propuesta en la panbiogeografía, mientras que *dispersal* implicaría el proceso de cruzar barreras de la biogeografía dispersalista.

Centro de origen *versus* centro de masa

Uno de los conceptos fundamentales de la biogeografía dispersalista se refiere al sitio particular del planeta donde se originó un determinado taxón – denominado centro de origen– a partir del cual se dispersó y adquirió su distribución actual (Croizat y cols., 1974). Aunque el significado de este concepto no representaría problema alguno, los criterios que se han utilizado para establecerlo son muy variables. Cain (1944) discutió trece criterios diferentes para reconocer centros de origen, los que en ocasiones pueden ser contradictorios entre sí al analizar el sitio probable de origen de un taxón. Ya en 1909, Adams (en Cain, 1944) reconoció que un criterio puede tener gran peso en algunos casos, mientras que para otros grupos no tiene valor.

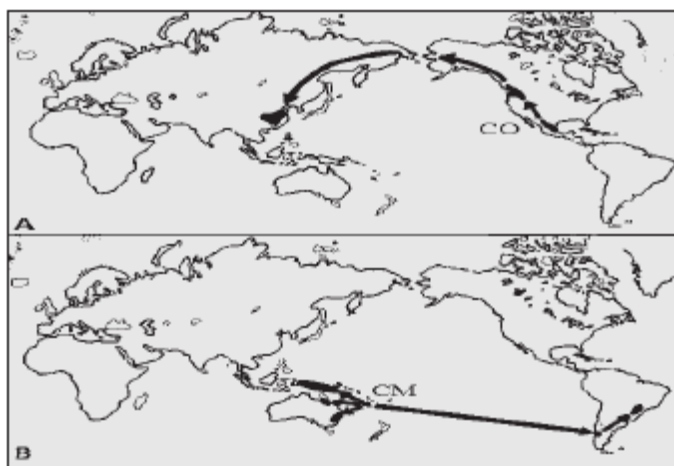
Aunque existen otros problemas asociados con el concepto de centro de origen, como las ideas de dominancia, razas favorecidas y de dispersión a través de barreras, la falta de un solo criterio para reconocer tales centros es el

mayor problema de la biogeografía dispersalista, sobre todo si se considera que en este enfoque una de las tareas fundamentales es precisamente determinar el centro de origen de los taxones estudiados (Croizat y cols., 1974).

En relación con los centros de origen, cabría hacer una aclaración (fig. 13). Suele pensarse que los biólogos que no siguen los principios de la escuela dispersalista, como aquellos que aplican los métodos de la biogeografía cladística y la panbiogeografía, niegan rotundamente que las especies se hayan originado en un área determinada. Ésta es una idea errónea, porque dichos biólogos no niegan la existencia de áreas donde se originaron las especies, pero determinar su ubicación no constituye un tema central de sus investigaciones, enfocadas más bien a la búsqueda de patrones comunes y no de historias biogeográficas individuales.

El centro de masa es un concepto panbiogeográfico que se refiere al sitio donde se encuentra la máxima concentración de diversidad de un taxón dentro de su área de distribución (Craw y cols., 1999). Junto con la línea de base y el análisis filogenético, constituyen los criterios para orientar o dar dirección al trazo individual de un taxón (Espinosa y Llorente, 1993). El centro de masa presenta el inconveniente de tener cierta similitud con el criterio de mayor diversidad para ubicar los centros de origen, por lo que frecuentemente se los confunde.

Sin embargo, en el método panbiogeográfico, el centro de masa es el sitio a partir del cual se orienta el trazo, mas no el lugar en el que se originó el taxón y desde donde se dispersaron posteriormente los individuos pertenecientes al mismo.



**Figura 2.** Comparación entre: A, centro de origen (CO) y rutas de dispersión de la escuela dispersalista, tomando como ejemplo al género *Pseudotsuga*; y B, centro de masa (CM) y orientación del trazo de la escuela panbiogeográfica, aplicado a la distribución del género *Araucaria*.

Figura

## Rutas de dispersión *versus* dirección de los trazos

En la biogeografía dispersalista, las rutas de dispersión representan un concepto que se refiere a los caminos que recorrieron y atravesaron los individuos de cierto taxón para alcanzar su distribución actual, a partir de su centro de origen. En la literatura dispersalista dichas rutas generalmente se representan en una figura donde aparecen las áreas de distribución y una serie de flechas que indican la dirección de las rutas recorridas. Por otro lado, cuando se dibuja un trazo individual en un mapa, su dirección u orientación se representa mediante una serie de flechas que conectan las localidades o las áreas de distribución del taxón. Conceptualmente, el trazo individual representa el lugar en el espacio donde ocurre la evolución de un taxón (Morrone y cols., 1996).

En este sentido, los métodos de la panbiogeografía representan una ventaja, al plantear que los continentes se mueven y llevan consigo a los seres vivos, permitiendo además considerar la existencia de biotas ancestrales.

## **CUESTIONARIO DE REPASO**

- 1.- ¿Qué es diversidad y cuáles son sus niveles?
- 2.- Menciona los niveles de organización de la diversidad
- 3.- Define Dinámica Poblacional
- 4.- ¿Cómo puede ser descrita la abundancia de individuos en una población?
- 5.- Describe los fenómenos más importantes de control natural de la población en un espacio determinado
- 6.- Menciona las estrategias de supervivencia “r” y “k”.
- 7.- ¿Cuáles son los tipos de crecimiento poblacional?
- 8.- ¿A qué se le llama poblaciones cíclicas?
- 9.- ¿Qué es la Biogeografía?
- 10.- ¿Qué es la dispersión?

## CAPITULO 4

### RECURSOS NATURALES

#### Competencias

- Capacidad de análisis y concientización de la importancia de los Recursos Naturales así como poner en marcha acciones para protegerlos y crear conciencia ecológica en distintos niveles en los que se desarrolla el alumno.

Los recursos naturales son todos aquellos elementos que el hombre encuentra en su ambiente natural y que puede utilizar en beneficio propio y para el soporte de las actividades de la sociedad.

La distribución geográfica de tales recursos varia de acuerdo a las características físicas y bióticas propias del territorio que los alberga y su uso extractivo y reproductivo imprime un valor económico al espacio físico. La importancia económica y social de los recursos naturales hace que los Estados regulen con mayor o menor rigidez su explotación.

Es criterio generalizado que el aprovechamiento de los recursos naturales, tanto los renovables como los no renovables debe incorporar criterios imperativos de sostenibilidad de manera que se pueda mantener los procesos ecológicos esenciales a los cuales estos están asociados y sobre los cuales se sustenta la vida en el planeta. La riqueza natural de los países constituye una ventaja comparativa estratégica para el desarrollo económico y social y su utilización racional puede constituir un factor positivo para la formación de la riqueza nacional que bien distribuida generará oportunidades de desarrollo humanamente viables para las poblaciones locales.

Los recursos naturales pueden clasificarse a partir de distintos criterios. Si se considera su capacidad de renovación, hablamos de:



## 4.1 RENOVABLES.

Los recursos renovables son aquellos que se regeneran con bastante rapidez: madera, peces, etc., (siempre y cuando las técnicas de captura o talado sean adecuadas).

Dentro de los recursos naturales renovables podemos englobar a todos aquellos que, aunque sean utilizados por el hombre durante un período, más tarde vuelven a aparecer sobre la Tierra.

Son recursos naturales renovables, por ejemplo, las plantas que el hombre toma para alimentarse. En efecto, aunque el hombre emplea el trigo para elaborar el pan, al año siguiente el trigo vuelve a crecer en los campos si éstos se han cultivado.

Aunque el hombre mate animales para alimentarse, la función reproductora de éstos dará lugar a que siempre existan animales a disposición del hombre. El agua que el hombre emplea es también un recurso renovable, ya que, mediante el ciclo hidrológico, el agua que ahora se use podrá volver más tarde a ser utilizada.

Sin embargo, un uso desmedido de los recursos renovables puede llegar a producir un agotamiento de los mismos. Los animales, por ejemplo, necesitan determinado tiempo para reproducirse. Si el hombre no respeta este período, los animales no podrán reproducirse y acabarán extinguiéndose.

### Autorregulación de los recursos naturales renovables

Los mecanismos de autorregulación de los recursos renovables, lo constituyen, la sucesivo de un individuo por otro, es decir, unos mueren otros nacen, las predaciones, que son constituidas por las cadenas alimenticias, con ello se logra mantener una autorregulación de los ecosistemas.

Como se sabe, todos los seres vivos, no estamos aislados, tenemos una dependencia unos de otros. Una cadena alimenticia, nos muestra, la naturaleza de las relaciones de dependencia alimenticia establecida entre varios organismos.

Durante el proceso de las fotosíntesis las plantas elaboran su propio alimento y guardan sustancias de reserva, las cuales son almacenadas en algunas partes como los frutos, los tallos, las raíces o las semillas.

Los seres vivos que no efectúan la fotosíntesis requieren suministros de energía alimenticia elaborada en las plantas o transferida a través de una serie de organismos.

La relación en una cadena alimenticia es simple; un organismo se encarga de devorar a otro, el cual a su vez puede ser devorado por otro, y así sucesivamente.

La acción de transferir energía nutritiva química desde su lugar de elaboración en las plantas verdes a través de una serie de individuos en donde cada uno devora al que le precede o que esta antes que el para servir como alimento constituye una cadena alimenticia.

Las cadenas están formadas por eslabones y el primer eslabón de una cadena alimenticia son las plantas verdes, o sea, las productoras de alimentos, desde ahí, la energía alimenticia va a ser transferida a través de una serie de organismos.

Una población de ratones en el campo requiere del pasto para su supervivencia, cerca de ahí, habita una población de serpientes las cuales devoran a los ratones; también encontramos al correcaminos que puede devorar serpientes y por ultimo al gato montes de cola anillada que se alimenta de correcaminos.

Las plantas como el pasto, reciben el nombre de productores, en tanto que los animales que participan en una cadena alimenticia se les conocen como consumidores.

Proteger los recursos naturales renovables

Antes que nada tratar de evitar la tala inmoderada, evitar la caza, respetar el tiempo de reproducción de las especies tanto acuáticas como terrestres. Y además:

El suelo es un factor abiótico en los ecosistemas, se formo por la desintegración de las rocas y la combinación de despojos orgánicos, aguas y gases.

El suelo sirve a los vegetales como una fuente de materiales y como un lugar para anclar sus raíces.

Para el hombre y los animales, también tiene un gran valor, ya que de las plantas obtienen alimento y para estas, del suelo es indispensable.

El suelo se contamina con plaguicidas e insecticidas que se usan con frecuencia para combatir organismos nocivos para la salud del hombre y de las plantas.



Los basureros tóxicos, lugares donde se abandonan sustancias químicas, son otro factor de contaminantes del suelo.

La erosión desgasta la corteza terrestre, trasladando grandes cantidades de suelo a otras partes. Una medida que se puede tomar para conservar los suelos es utilizar abonos orgánicos para regenerarlos, con lo cual se obtendrán mejores resultados en la agricultura.

Para evitar su empobrecimiento se recomienda: la rotación de cultivos, el cultivo por franjas o terrazas y mantener la humedad del suelo.

Reforestar áreas montañosas ayudara a mantener la cohesión del suelo y a evitar las plantas silvestres dañinas o de mala hierba.

Para controlar algunos problemas ambientales, como la contaminación el aire es urgente la restauración de zonas altas por el hombre, ya que han quedado sin árboles.

Para asegurar el éxito en la reforestación, es conveniente sembrar plantas nativas de la zona.

En la selva amazónica se han abierto en los últimos años grandes espacios para hacer cambios e instalar comunidades.

El desarrollo sustentable propone hacer uso de los recursos naturales pero con medida, para que las generaciones futuras, tengan la posibilidad de satisfacer sus necesidades.

#### **4.2 NO RENOVABLES.**

Los recursos no renovables son aquellos cuya velocidad de regeneración es nula o casi, para la percepción humana.

Se llama recursos no renovables a todos aquellos que han precisado de millones de años para llegar a formarse: los minerales, por ejemplo, son recursos naturales no renovables. Para su formación han tenido que pasar millones de años y, una vez consumidos, no vuelven a aparecer.

Además de los minerales, son muchos los recursos naturales que no son renovables. Entre éstos se encuentran las fuentes de energía como el carbón, el gas o el petróleo.

Estas materias son imprescindibles en la actualidad, puesto que hacen que funcionen las máquinas de las grandes industrias, son aplicadas en la producción de electricidad y mueven los vehículos que nos trasladan de un lugar a otro.

El excesivo consumo de estas materias ha dado lugar a que las reservas disminuyan de un modo alarmante, planteándose el peligro de que en pocos años se hayan agotado en la Tierra tanto el petróleo como el carbón. Ante este problema, todos los científicos del mundo se han movilizadado en la búsqueda de nuevas fuentes de energía, esto es, recursos naturales diferentes del carbón y del petróleo que sean capaces de sustituirlos en un futuro próximo.

De esta manera, en la actualidad ya comienzan a funcionar centrales nucleares que ocupan ya un importante lugar en la producción de energía en muchos países, y centrales solares, que intentan sustituir a las actuales fuentes de energía.

Los recursos naturales no renovable, como debemos evitar que se terminen en la naturaleza. La mejor manera es utilizando las fuentes alternativas de energía y evitando utilizar los recursos naturales no renovables, lo menos posible. La mayor parte de la contaminación de la atmósfera e causada por el uso de energéticos fósiles; el uso de los mismos es indispensable en la industria, en el transporte y en el hogar.

Los combustibles fósiles son el petróleo, el carbón y el gas natural, formados a partir de restos de organismos que vivieron en épocas pasadas. El petróleo proporcional el 38% de la energía mundial total.

La combustión de la gasolina ocasiona una gran contaminación del aire. Los productos eliminados en este proceso son hidrocarburos, monóxido de nitrógeno y de carbono y compuestos de plomo, los cuales pueden dañar seriamente a los seres vivos. Estos productos son las causas de problemas respiratorios, intoxicaciones, dolor de cabeza, irritación de los ojos, muertes de plantas, cambios en la temperatura ambiental, destrucción de la capa de ozono.

Las fuentes alternativas de energía son las que no utilizan combustibles fósiles y, que por tanto, originan menores problemas ambientales. Son proporcionados por la misma naturaleza, solo que representan un menor impacto económico y ambiental, por lo que resultan convenientes para controlar problemas de contaminación. Entre las fuentes alternativas de energía encontramos: la energía solar, la energía geotérmica, la energía de las mareas, la energía del viento, la fisión nuclear y la fusión nuclear.

La energía solar es una fuente de energía que hasta hoy ha sido desaprovechada.

La energía geotérmica se genera y utiliza en algunos lugares de nuestro país, es la energía del interior de la tierra que emerge en forma de vapor para ser aprovechada como energía calorífica.

La energía eléctrica es un sustituto del combustible fósil que evitaría problemas de contaminación, algunas empresas ya utilizan vehículos eléctricos. El uso de la energía del viento sería otra forma de obtener energía.

La fusión nuclear, que subministra, energía a partir de la fusión de los núcleos de dos átomos, es una esperanza a largo plazo de una fuente de energía, segura y prácticamente infinita (el deuterio es un isótopo de pesado de hidrógeno que se encuentra sobre todo en el agua de los mares, resultando de esta manera una fuente inagotable de combustible).

El petróleo, es una mezcla de hidrocarburos, que tarda millones de años en formarse con los restos orgánicos de plantas y animales.

El petróleo es un recurso natural indispensable en el mundo moderno. En primer lugar el petróleo es actualmente energético más importante del planeta. La gasolina y el diésel se elaboran a partir del petróleo. Estos combustibles son las fuentes de energía de la mayoría de las industrias y los transportes, y también se utilizan para producir electricidad en plantas llamadas termoeléctricas. Por otra parte son necesarios como materia prima para elaborar productos como pinturas, plásticos, medicinas o pinturas.

Al igual que en el caso de otros minerales, la extracción de petróleo es una actividad económica primaria. Su transformación en otros productos es una actividad económica secundaria.

Hay yacimientos de petróleo, en varias zonas del planeta. Lo más importantes se encuentran en China, Arabia Saudita, Irak, México, Nigeria, Noruega, Rusia y Venezuela.

Otros recursos naturales no renovables hoy inagotables, se pueden utilizar como fuentes energéticas: La luz solar, la fuerza del viento, la energía de los átomos, etc.

Los combustibles fósiles son el petróleo, el carbón y el gas natural, formados a partir de restos de organismos que vivieron en épocas pasadas. El petróleo proporciona el 38% de la energía mundial total.

La combustión de la gasolina ocasiona una gran contaminación del aire. Los productos eliminados en este proceso son hidrocarburos, monóxido de nitrógeno y de carbono y compuestos de plomo, los cuales pueden dañar seriamente a los seres vivos. Estos productos son las causas de problemas respiratorios, intoxicaciones, dolor de cabeza, irritación de los ojos, muertes de

plantas, cambios en la temperatura ambiental, destrucción de la capa de ozono.

Las fuentes alternativas de energía son las que no utilizan combustibles fósiles y, que por tanto, originan menores problemas ambientales. Son proporcionados por la misma naturaleza, solo que representan un menor impacto económico y ambiental, por lo que resultan convenientes para controlar problemas de contaminación. Entre las fuentes alternativas de energía encontramos: la energía solar, la energía geotérmica, la energía de las mareas, la energía del viento, la fisión nuclear y la fusión nuclear.

La energía geotérmica se genera y utiliza en algunos lugares de nuestro país, es la energía del interior de la tierra que emerge en forma de vapor para ser aprovechada como energía calorífica.

La energía eléctrica es un sustituto del combustible fósil que evitaría problemas de contaminación, algunas empresas ya utilizan vehículos eléctricos. El uso de la energía del viento sería otra forma de obtener energía.

La fusión nuclear, que subministra, energía a partir de la fusión de los núcleos de dos átomos, es una esperanza a largo plazo de una fuente de energía, segura y prácticamente infinita (el deuterio es un isótopo de pesado de hidrógeno que se encuentra sobre todo en el agua de los mares, resultando de esta manera una fuente inagotable de combustible).

### **4.3 EXPLOTACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES**

La amenaza que sufre la biodiversidad y el peligro de un cambio climático se deben en gran parte al irresponsable aprovechamiento que el hombre ha realizado de los recursos naturales (agua, minerales, etc.) que la naturaleza ha puesto a su disposición. El aprovechamiento ha sido masivo y abusivo, y no se ha pensado en las consecuencias. Entre otras cosas, se han talado bosques, se han agotado especies marinas y se ha desperdiciado el agua.

¿Qué es explotación? Esto es lo que conocemos como explotación: el aprovechamiento de los bienes naturales de una forma irresponsable y excesiva, eso ahora nos está llevando a la deforestación, la extinción de especies animales, la escasez del agua potable etc.

La explotación en la pesca: Las explotaciones pesqueras contemplan el manejo de los recursos de tal modo que se aumente la producción de pescado más allá de lo que normalmente se pueda obtener de la población silvestre. Esto conlleva un gran impacto contra la fauna marina.

El arrastre o pesca de arrastre: Consiste fundamentalmente en el empleo de una red lastrada que barre el fondo de la mar capturando todo lo que encuentra a su paso, es también muy dañina para los fondos oceánicos.

Pesca al cerco: Las redes de cerco se utilizan para la captura de peces cuya costumbre es nadar formando densos cardúmenes o bancos de peces .

Se denomina palangre a un tipo de aparejo utilizado en la pesca artesanal. El palangre de fondo reposa sobre el lecho marino y atrapa a un determinado número de peces dependiendo del anzuelo se captura una especie u otra.

Métodos de pesca Red de deriva: Las redes de deriva son cortinas invisibles que flotan sobre el agua y que resultan imperceptibles para los mamíferos marinos y otros animales, estas redes flotan a la deriva impulsadas por las corrientes marinas o el viento y capturan todo lo que se cruza en su camino.

¿Qué es la sobrepesca? La sobrepesca es la pesca excesiva, realizada por el humano, ya sea sobre peces o mariscos. La sobrepesca además provoca efectos devastadores sobre los ecosistemas, puede ejercer además de sobre las especies sobre el medio ecológico.

Amenazas forestales: La sobreexplotación: Es la tala masiva de árboles, para uso comercial, principalmente como combustible. La deforestación masiva en el Bosque Tropical Lluvioso del Amazonas, amenaza con desaparecer si no se hace nada. Pero también hay mas hechos que amenazan nuestros bosques con la llegada del verano se producen multitud de incendios forestales que arrasaron multitud de hectáreas de bosque.

El caso de las explotaciones ganaderas extensivas

A pesar de los numerosos estudios que existen para la mejora de la producción ganadera, son pocos los que se centran en áreas marginales cuyas condiciones ambientales y sociales no permiten una explotación intensiva tecnificada (Soriano et al., 2006). Y mucho menos, los que han analizado cómo estas explotaciones familiares de autoconsumo afectan a los ecosistemas naturales donde pastorean. Pero el estudio del impacto del ganado sobre el ecosistema, y principalmente sobre las comunidades vegetales, no se puede desvincular de un análisis del manejo que el campesino hace del mismo (Mellado et al., 2003) y de cómo mejorarlo, no sólo para disminuir su impacto, sino para mejorar su productividad (Galina et al., 1998; Morales et al., 2000).

El caso de la explotación de especies naturales

En la última década ha aumentado el interés de los ecólogos por evaluar el impacto que tienen las actividades humanas (p. ej. agricultura) en los ecosistemas naturales. Gracias a ello se ha demostrado que la fragmentación

de hábitats debida a perturbaciones antropogénicas ha derivado en la ruptura de interacciones ecológicas, lo que ha contribuido a la crisis mundial de pérdida de biodiversidad (Kearns, 1998 y Valiente-Banuet, 2002).

## El Agua

El agua es otro recurso importante que desperdiciamos o contaminamos constantemente. Mil millones de personas carecen de acceso a mejores servicios de suministro de agua, y 2,400 millones carecen de adecuados servicios de saneamiento. Aquellos que no tienen suministro de agua adecuado y asequible son los más pobres de la sociedad. De continuar esta escasez, en un futuro próximo el agua podría ser fuente de muchos conflictos armados.

## Las consecuencias del abuso de los recursos naturales

La vida vegetal y animal ha sido utilizada por el hombre por siglos, sin embargo, la constante explotación indiscriminada de estos recursos por la sociedad, podría causar daños al propio hombre y a la vida vegetal y animal.

La población se beneficia de los recursos naturales, utilizados, en ocasiones, sin medida y provocando el deterioro del medio ambiente; los bosques, por ejemplo, pueden explotarse, si se siembran más árboles, así la reforestación preservará la flora y fauna del bosque.

La tala inmoderada de zonas boscosas, la quema excesiva de campos para uso agrícola, la explotación masiva de especies vegetales y animales, la caza furtiva y la contaminación a la que está expuesta la naturaleza son algunas de las muchas causas por las que actualmente la calidad de vida de la sociedad va disminuyendo.

El ser humano toma recursos, desde hace siglos, de su medio para proveerse de alimento, hogar, vestido, etcétera. La sobrepoblación y la falta de conciencia han ocasionado que se abuse de dichos recursos.

## **CUESTIONARIO DE REPASO**

- 1.- ¿Qué son los Recursos Naturales?
- 2.- ¿Cómo se clasifican?
- 3.- ¿Qué son los recursos renovables?
- 4.- ¿Cuáles son?
- 5.- ¿Cómo se autorregulan los recursos naturales renovables?
- 6.- Menciona la forma de proteger los recursos renovables
- 7.- Define que son los recursos no renovables
- 8.- ¿Cuáles son los recursos no renovables?
- 9.- ¿Qué es la explotación?
- 10.- Menciona algunas formas de explotación

## CAPITULO 5

### DETERIORO AMBIENTAL

#### Competencias a desarrollar.

- Categorizar los diferentes problemas ambientales del entorno como consecuencia de la actividad y desarrollo humanos.

#### 5.1 CONTAMINACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

Se entiende por contaminación la introducción de una serie de sustancias y/o energías en unas concentraciones tales que podrían ocasionar, por un lado, daños directos a la salud humana y al medio y, por otro, efectos perjudiciales a largo plazo. Es decir, cualquier tipo de alteración en la composición normal del medio que afecte negativamente a su funcionamiento y a los organismos presentes en él.

La salud de los suelos está inexorablemente unida a la supervivencia de la sociedad, y en las últimas décadas, a consecuencia de ciertas actividades humanas, como las actividades industriales o agrarias, éstos se han degradado de forma muy rápida por la liberación de grandes cantidades de sustancias químicas contaminantes (fig. 13).

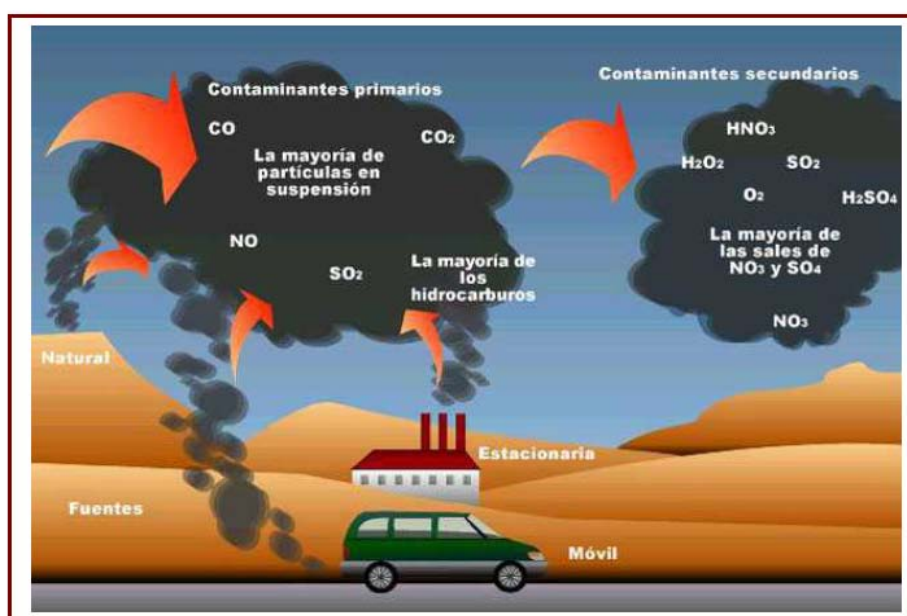


Figura 13.- Elementos contaminantes.



Algunas de las actividades humanas que forman parte del problema de la contaminación son:

- Quema de combustibles fósiles.- al quemar petróleo o carbón y sus derivados, se liberan a la atmósfera contaminante como CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub> y SO<sub>2</sub>, además de favorecer la producción de ozono en la capa más baja de la atmósfera.

- Actividades industriales.- dependiendo de la actividad en cuestión, se pueden liberar desde metales pesados hasta aguas residuales, pasando por casi cualquier tipo de contaminante.

- Agricultura.- los pesticidas, herbicidas o fertilizantes utilizados ya son importantes contaminantes de por sí, pero además, ciertos cultivos emiten gases dañinos. Por ejemplo, los cultivos de arroz desprenden mucha cantidad de metano, un gas de efecto invernadero, por verse favorecida la descomposición de la materia orgánica al estar la zona de siembra siempre inundada.

- Ganadería.- por un lado, los animales necesitan de grandes extensiones de pastizales para su alimentación, para las que se utilizan fertilizantes o pesticidas, y por otro, los propios desechos de los animales aumentan la concentración de ciertos nutrientes en el suelo, pudiendo ser nocivo para los ecosistemas.

#### Tipos de contaminantes

Se pueden clasificar los contaminantes en tres grupos dentro de cada tipo de medio (aire, agua y suelo):

Contaminantes de la atmósfera:

Físicos.- El ruido o las radiaciones ionizantes.

Químicos.- Compuestos de azufre, de nitrógeno, óxidos de carbono, hidrocarburos, metales pesados.

Biológicos.- Organismos vivos causantes de enfermedades (bacterias, virus, hongos) o pelos, plumas o plantas que puedan producir enfermedades respiratorias o alergias. El aire actúa como medio de transmisión.

#### Efectos de los contaminantes

Los efectos de los contaminantes dependen, en primer lugar del tipo de contaminante, pero también de la dosis del mismo. A continuación se muestran algunos ejemplos de contaminación y sus consecuencias:

Ruido: efectos psicológicos (nerviosismo, irritabilidad, cansancio), fisiológicos (alteraciones metabólicas, del sistema auditivo, del sistema nervioso,...), etc.

Radiaciones ionizantes: pueden causar muerte celular, efectos a largo plazo (cáncer, efectos teratogénicos), e incluso la muerte.

Compuestos de azufre y nitrógeno: causantes de la lluvia ácida al oxidarse en la atmósfera, que acidifica los medios acuáticos y terrestres, afectando de forma grave a sus formas de vida.

Óxidos de carbono: el CO inhalado produce la muerte de los animales por reducir la capacidad de la hemoglobina de transportar oxígeno, y alteraciones en el metabolismo de las plantas a grandes concentraciones. El CO<sub>2</sub> afecta al clima del planeta por el efecto invernadero, con todo lo que ello supone.

Metales pesados: sus efectos negativos varían de unos a otros, pero el mayor peligro es la bioacumulación, y su entrada en la cadena trófica.

Grasas y aceites: al no mezclarse con el agua, se extienden por la superficie afectando a grandes extensiones acuáticas, en las que reducen la oxigenación, absorben la radiación solar afectando a la fotosíntesis, etc.

Patógenos: toda la variedad de enfermedades que pueden producir.

### **Cuantificar la contaminación**

Es importante poder evaluar la calidad del aire, del agua o de la tierra con respecto a la contaminación para así poder tomar las medidas convenientes en cuanto éstas sean necesarias.

Existen una serie de organismos que se utilizan para obtener información sobre la calidad del medio ambiente, son los llamados indicadores biológicos. Algunos de los más usados son la composición y diversidad de las comunidades microbianas, la abundancia y diversidad de la fauna, los patógenos de las raíces, el crecimiento y diversidad de plantas, etc. Se utilizan sobre todo como herramienta para monitorizar la eficacia de los procesos de remediación puestos en marcha.

En el caso, por ejemplo, de la contaminación atmosférica, los líquenes se consideran los mejores bioindicadores.

La biorremediación.

Se denomina así al proceso de degradación o ruptura de ciertos contaminantes químicos mediante el uso de plantas o microorganismos, que generan compuestos inocuos o menos agresivos para el entorno. Es un proceso de descontaminación y detoxificación de los contaminantes químicos llevada a cabo por seres vivos.

Estos procesos ocurren por sí solos de forma natural, pero a velocidades tan bajas que es conveniente acelerarlos si se quieren utilizar para la recuperación de medios contaminados.

Existen dos tipos de biorremediación según el tipo de organismo que la lleva a cabo:

**Fitorremediación.**- mediante el uso de plantas y algas, que actúan solas o en simbiosis con bacterias. Sus procesos metabólicos les permiten almacenar o eliminar sustancias tóxicas, como metales pesados presentes en el suelo.

Pueden plantarse en suelos contaminados o hacer pasar el agua cargada de contaminantes, a modo de filtro, a través de sus raíces. El objetivo final de la fitorremediación de un suelo contaminado no debe ser sólo eliminar o reducir el contaminante sino, sobre todo, recuperar la calidad del mismo.

**Remediación microbiana.**- mediante el uso de microorganismos (hongos, bacterias, levaduras), de una de estas dos maneras: o **Bioestimulación.**- se estimula el crecimiento y la actividad metabólica de cepas nativas, gracias a la adición de nutrientes escasos o por mejor acceso al O<sub>2</sub> por aireación de la tierra.

**Bioaumentación.**- se añaden microorganismos alóctonos al suelo, que sean eficaces en la degradación del contaminante en cuestión. Estas cepas pueden ser naturales o modificadas genéticamente. Este método solo se debería poner en práctica en caso de que las poblaciones nativas sean escasas o no dispongan del metabolismo adecuado para el contaminante que nos interesa.

Algunas ventajas de la biorremediación son que es un proceso natural, sencillo y efectivo que no suele requerir el uso de agentes químicos que podrían tener efectos colaterales adversos, y además suele ser menos costosa que otros métodos.

Sus inconvenientes son que no se puede utilizar en zonas muy amplias ni con grandes concentraciones de contaminantes y que requieren tiempos de actuación largos.

El objetivo final de la fitorremediación de un suelo contaminado no debe ser sólo eliminar o reducir el contaminante sino, sobre todo, recuperar la calidad del mismo, es decir, que sea capaz de realizar sus funciones de forma sostenible.

**Métodos térmicos.**

Basados en la aplicación de calor a los suelos, que previamente se habrán extraído del terreno para luego reponerlos. Si hay que incinerar los compuestos orgánicos contaminantes deben usarse temperaturas muy altas que dejan el

suelo biológicamente inerte y alterado en su estructura. Si los contaminantes orgánicos son volátiles, pueden usarse temperaturas algo más bajas, con lo que aunque también quedan biológicamente inertes, al menos su estructura se mantiene.

Métodos fisicoquímicos.

Hay muchas técnicas diferentes, desde el lavado del suelo con una sustancia apropiada que elimine el contaminante, hasta el paso de un flujo de aire que lo arrastre, pasando por el uso de electrodos que hagan migrar las sustancias a eliminar.

Métodos mecánicos.

Son un conjunto de técnicas para confinar los contaminantes en su lugar de origen, evitando que se dispersen o se filtren, pero que no los eliminan. Se utilizan en los casos en los que hay grandes cantidades de residuos que no se puedan trasladar, que presenten riesgos, o para los que no exista tratamiento.

Clasificar la contaminación puede resultar tan difícil como clasificar los ecosistemas terrestres y acuáticos o cualquier tipo de fenómeno natural. Los métodos de clasificación más empleados son los realizados según el medio (aire, agua, suelo, etc.) y según el elemento contaminante (plomo, bióxido de carbono, desechos sólidos, etc.).

Es importante reconocer dos tipos básicos de contaminantes. En primer lugar *los contaminantes no degradables*, esto es, los materiales y venenos, como los recipientes de aluminio, las sales de mercurio, las sustancias químicas fenólicas de cadena larga y el DDT (diclorodifeniltricloroetano) que o no se degradan, o lo hacen muy lentamente en el medio natural; en otros términos, son sustancias para las que aún no se ha desarrollado proceso de tratamiento que sea susceptible de compensar con la intensidad de suministro del hombre al ecosistema.

*Estos contaminantes no degradables no sólo se acumulan sino que además resultan a menudo "magnificados biológicamente" a medida que circulan por los ciclos biogeoquímicos y a lo largo de las cadenas de alimentos. Esto significa que algunas sustancias a medida que pasan de un eslabón a otro de la cadena se concentran en lugar de dispersarse.*

En segundo lugar están los *contaminantes biodegradables*, como las aguas negras domésticas, que se descomponen rápidamente por medio de procesos naturales o en sistemas de ingeniería (como las plantas de tratamiento de aguas negras), que refuerza la gran capacidad de la naturaleza para descomponer y poner nuevamente en circulación al agua. Esta categoría incluye aquellas sustancias para las que existen mecanismos naturales de

tratamiento de desechos. El calor, o la contaminación térmica, pueden considerarse como pertenecientes a esta categoría, puesto que son dispersados por medios naturales, al menos dentro de los límites impuestos por el equilibrio calórico total de la biosfera.

## 5.2 CONTAMINACIÓN DEL AIRE

La atmósfera es la capa de gases de composición definida que, junto con la radiación solar, permite el desarrollo de la vida sobre la Tierra. A nivel del suelo, la atmósfera está compuesta básicamente por:

- 78 % de nitrógeno, gas que no interviene en la respiración.
- 21 % de oxígeno.
- 0,9 % de argón, un gas inerte que no interviene prácticamente en reacciones químicas.
- 0,03 % de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).
- Cantidades poco significativas de metano y radón.
- Una parte variable del aire atmosférico, según las condiciones climatológicas, está formada por vapor de agua, que puede variar entre un 0 y un 7 %.

En la atmósfera tienen lugar distintos fenómenos físicos, a los que la vida sobre la Tierra se ha ido adaptando a lo largo de un proceso evolutivo que ha durado millones de años. La atmósfera regula la temperatura de la superficie terrestre, con una mayor o menor transparencia a la radiación solar que incide sobre ella, según la nubosidad, lo que hace variar la cantidad de radiación que llega a la Tierra y que escapa de ésta.

En general, la atmósfera es el escenario de una multitud de fenómenos que afectan al hombre directamente. Su complejidad es tal que es muy difícil elaborar una teoría que tenga en cuenta todas las interrelaciones. Valga como ejemplo de esta dificultad la meteorología, incapaz, incluso con los instrumentos de que dispone hoy día, de hacer predicciones a largo plazo. Los meteorólogos dicen, exagerando un poco, que la atmósfera está gobernada por el "efecto mariposa", ya que el batir de las alas de una mariposa en Europa puede provocar tormentas en América.

La civilización industrial, convertida en una gigantesca máquina que fabrica en la actualidad siete veces más bienes de consumo que hace treinta años, da origen a una elevada cantidad de desechos, de los cuales una parte significativa pasa a la atmósfera. De este modo se produce una importante alteración de la composición del aire atmosférico. Una vez superados ciertos niveles de tolerancia pone en peligro la salud de los ecosistemas y las poblaciones.

En las grandes ciudades, la contaminación del aire es consecuencia de los escapes de gases de los motores de explosión, de los aparatos domésticos de calefacción, de las industrias que es liberado en la atmósfera, ya sea como gases, vapores o partículas sólidas capaces de mantenerse en suspensión, con valores superiores a los normales. Cuando las concentraciones de gases y sólidos superan las concentraciones admitidas perjudican la vida y la salud, tanto del ser humano como de animales y plantas.

El aumento de anhídrido carbónico en la atmósfera se debe a la combustión del carbón y del petróleo, lo que lleva a un recalentamiento del aire y de los mares, con lo cual se produce un desequilibrio químico en la biosfera, produciendo una alta cantidad de monóxido de carbono, sumamente tóxica para los seres vivos.

### Las Causas de la Contaminación Atmosférica

La contaminación atmosférica proviene fundamentalmente de la contaminación industrial por combustión, y las principales causas son la generación de electricidad y el automóvil. También hay otras sustancias tóxicas que contaminan la atmósfera como el plomo y el mercurio. Es importante que los habitantes de las grandes ciudades tomen conciencia de que mantener la atmósfera con concentraciones normales de gases tóxicos es una necesidad primaria. El aire contaminado afecta la vida cotidiana del ser humano, manifestándose de diferentes formas en nuestro organismo, como la irritación de los ojos y trastornos en las membranas conjuntivas, irritación en las vías respiratorias, agravación de las enfermedades bronco - pulmonares, etc.

Aunque sea difícil clasificar las emisiones contaminantes por su grado de toxicidad, por el daño causado o por el peligro potencial que representan, los estudios de contaminación ambiental han establecido grandes familias de contaminantes en función del volumen de emisiones o de los daños que provocan. Se ha establecido una primera distinción que separa los llamados *contaminantes atmosféricos clásicos*, entre los que se destacan el dióxido de azufre, los óxidos de nitrógeno, plomo y partículas en suspensión, como el polen, partículas de suelo, etc.

Todos estos contaminantes están relacionados con las emisiones industriales o domésticas, y cuyos efectos inmediatos son de orden local o regional, que afectan a la atmósfera y repercuten en el clima del planeta en su conjunto.

Debido a la complejidad de las reacciones químicas que tienen lugar en la atmósfera como consecuencia de la actividad industrial y de las actividades humanas en general, sólo puede hablarse de contaminación atmosférica cuando entran en juego los factores climáticos y los caracteres topográficos locales que no permiten la recirculación o la eliminación de los contaminantes por parte de los fenómenos naturales (lluvias y vientos). En general, se puede

decir que las fuentes artificiales de contaminación atmosférica más importantes son la combustión y los procesos industriales.

Además de las fuentes de la contaminación atmosférica de tipo industrial, que son responsables de una importante alteración del aire que se respira (centrales térmicas, emisiones de industrias químicas, siderúrgicas, cementeras, metalúrgicas del aluminio, etc.), la contaminación derivada del transporte, en su doble carácter de transporte individual y de uso colectivo es responsable de una buena parte de las emisiones de óxido de nitrógeno y de plomo. Tampoco se puede olvidar la llamada contaminación doméstica, producida por las calderas de calefacción y de agua caliente, que emplean combustibles fósiles.

### El Efecto Invernadero y el Cambio Climático

La radiación solar calienta el suelo y el agua superficial de los mares, espejos y cursos de agua. Luego éstos pierden calor en forma de radiación infrarroja. El vapor de agua y el dióxido de carbono de la atmósfera hacen que parte de esta radiación se refleje hacia la tierra, evitando así que se pierda en el espacio.

Este efecto de conservación del calor, se conoce como **efecto invernadero**, por ser un proceso análogo a la acción de los cristales de un invernadero. Estos gases en la atmósfera dejan pasar la radiación solar infrarrojo incidente, y a su vez no permiten que las radiaciones de mayor longitud de onda reflejadas por la superficie de la Tierra escapen de la atmósfera, toman el nombre de **gases de efecto invernadero**. Entre los gases de efecto invernadero más importantes que se emiten a la atmósfera se encuentran el dióxido de carbono, el metano, vapor de agua, óxidos de nitrógeno y los clorofluorocarbonados.

El efecto invernadero es un fenómeno físico común a otros planetas y satélites del sistema solar, como Venus, Marte y Titán (satélite de Saturno), cuya temperatura superficial es superior a la que les correspondería de acuerdo con la radiación solar incidente que reciben. En el planeta Venus, el efecto invernadero es tan fuerte que la temperatura en la superficie alcanza los 370° C.

El efecto invernadero permite mantener la temperatura de la atmósfera entre los límites adecuados para la vida tal como la conocemos. Pero, el aumento de la concentración de los gases de efecto invernadero hace que la atmósfera retenga un porcentaje superior del calor emitido por la Tierra produciéndose un calentamiento global. Este calentamiento podría, si alcanzara niveles suficientes, llegar al extremo de fundir parte de los casquetes polares, lo que elevaría el nivel de los mares, acarreado la inundación de algunas zonas costeras donde se concentra una parte muy importante de la población del planeta.

El problema del efecto invernadero aparece sólo cuando gases comunes de la atmósfera, como el **dióxido de carbono**, el **metano** y los **óxidos de nitrógeno** elevan su concentración más allá de los límites de tolerancia, como resultado de las emisiones de contaminantes de origen industrial o por la emisión de gases usados en sistemas de refrigeración (en el caso de los CFC, clorofluorocarburos). Se calcula que las concentraciones de los tres primeros aumentan cada año en un 5 %.

La hipótesis del calentamiento de la atmósfera terrestre, a pesar de no haberse podido probar en lo que concierne a la cuantificación del aumento global, así como al papel que debe atribuirse a cada uno de los múltiples factores que intervienen en la determinación del clima, cuenta con el consenso casi general de la comunidad científica, y aconseja extremar la prudencia ante la concentración de gases de efecto invernadero. En síntesis, parece fuera de duda que el clima estaría cambiando por encima de sus fluctuaciones típicas en el sentido de un calentamiento global, estimado en un incremento de 2 a 4° C para los próximos decenios.

La radiación ultravioleta de la luz solar produce, al chocar con las moléculas de oxígeno (O<sub>2</sub>), en las condiciones existentes en la estratosfera, moléculas de ozono (O<sub>3</sub>). A su vez, este ozono se convierte de nuevo en oxígeno molecular, también por efecto de la radiación ultravioleta del Sol. La estratosfera absorbe mediante estas reacciones (gracias a la presencia de ozono) una gran parte de la radiación ultravioleta, peligrosa para las células vivas, que de este modo no llega hasta la Tierra.

Con respecto al ozono se produce una situación curiosa: disminuye en las capas altas de la atmósfera (ozono estratosférico) y aumenta en las bajas (ozono troposférico), lo que supone un doble agravamiento de la contaminación, puesto que el ozono actúa como un filtro esencial en la alta atmósfera para proteger la Tierra de las radiaciones solares, mientras que su elevada concentración al ras de la Tierra lo convierte en una peligrosa sustancia contaminante.

#### Breve Reseña sobre el Origen y la Historia de la Lluvia Ácida

El término lluvia ácida fue utilizado por primera vez en 1853 por el químico británico Robert Angus Smith para calificar las lluvias que caían en la ciudad de Manchester, centro y cuna del industrialismo británico, y caracterizadas por su acción corrosiva sobre los metales, por la decoloración de la ropa tendida y por la muerte de distintos vegetales.

Cien años después, en 1961, el sueco Svante Odín, que había instalado una red de aparatos de medida para detectar la acidez del aire y de las precipitaciones, demostró, a escala de Escandinavia, que dichas lluvias no tenían un origen local, sino que provenían de las masas de aire que ascendían



hacia el norte tras haberse "enriquecido" en la atmósfera de Gran Bretaña o de Europa del Este con óxidos de azufre y de nitrógeno. Una comprobación parecida iba a realizarse poco tiempo después en los bosques canadienses a raíz de la contaminación producida por las emisiones de dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno en las zonas industriales de la costa Este de Estados Unidos.

Veinte años después, en la década de los ochenta, el toque de atención recayó en la acidificación creciente de los bosques de Alemania y de importantes zonas de Francia, con estudios sobre las consecuencias negativas de las lluvias ácidas, originadas por la emisión masiva de contaminantes de azufre y nitrógeno en Checoslovaquia, Polonia y la República Democrática Alemana, sobre la flora de los bosques y de la fauna de los lagos.

El origen de de las emanaciones de azufre tuvieron su origen preponderantemente en la actividad minera de los sulfuros, con la que se emitían gran cantidad de SO<sub>2</sub> a la atmósfera. Masas enormes de material empezaron a tostarse y hacia 1920, en Sudbury (Ontario, Canadá). En consecuencia el entorno de esa ciudad se volvió extraño: "los árboles desaparecen y el suelo se queda desnudo". Las aguas del río Sudbury empezaron a llevar importantes cantidades de metales pesados, sulfuros, Al, Fe, SH<sub>2</sub> (tóxico en disolución). El ecosistema quedó gravemente dañado. Se perdieron grandes masas de vegetación, el medio se volvió abiótico y el suelo sufrió fuertes erosiones. La superficie afectada superó el medio millón de hectáreas. Se intentó su recuperación, pero los costos de recuperación fueron mayores que los beneficios de la mina (la más grande del mundo).

En Europa también se empezaron a notar efectos similares, así en Noruega en la década de los 70, los lagos empezaron a enfermar, especies de peces morían. Lo mismo ocurrió en Finlandia donde también se vieron afectados los suelos, así como un debilitamiento forestal que afectó sobre todo a las coníferas cuyas hojas amarilleaban y caían. En Suecia se dieron cuenta que Alemania emitía gran cantidad de SO<sub>2</sub> a la atmósfera:



Una consecuencia de este proceso se traduce en la acidificación del suelo. No obstante los efectos perjudiciales de esta lluvia ácida se manifestaron en Noruega, sometida a emisiones de S bastante bajas <3,7Kg/ha de S; sin embargo en Alemania se producían valores muy superiores (de 30 a 60Kg/ha) y los daños aparentes eran menores o inexistentes.

Las reacciones diferenciales de los suelos ponen de manifiesto sus diferentes sensibilidades frente a un mismo contaminante. En los Países Nórdicos los suelos tienen bajo poder amortiguador frente a la acidez. El pH de los suelos bajaba rápidamente, se liberaban grandes cantidades de Al tóxico, que iba a

parar a los ríos. Por el contrario, en los países mediterráneos los suelos se encuentran fuertemente tamponados frente a la acidez, dada la abundancia de materiales carbonatados, y son capaces de neutralizar el impacto de las lluvias ácidas.

Todos estos procesos, que tenían lugar en los países europeos, llevó a tomar conciencia a los gobiernos que se encontraban ante un amplio problema medioambiental, con características globales que no respetaba fronteras.

Las intensidades de las lluvias ácidas actuales se relacionan con las actividades industriales, principalmente con las emisiones de las centrales térmicas y con las producidas por la combustión de hidrocarburos que llevan S, N, Cl, etc. También tienen cierta importancia los procesos de desnitrificación de fertilizantes añadidos a los suelos en dosis excesiva y los procesos naturales similares que se producen en las zonas de manglares, arrozales, volcanes, etc.

Actualmente se concentran en los países de mayor desarrollo económico, pero progresivamente se están extendiendo a otras áreas.

### **5.3 CONTAMINACIÓN DEL SUELO**

EL suelo es la parte exterior de la corteza terrestre y está íntimamente vinculado con la vida y con las actividades del hombre; constituye un intermedio (interfase) imprescindible entre la atmósfera y la hidrosfera. En la composición química del suelo intervienen los elementos geológicos del subsuelo, el aporte de los vientos, de las aguas y los residuos de la actividad de la vida orgánica. En él se producen procesos que lo mantienen en continua transformación. Está constituido por proporciones variables de arena, de arcilla, de limo y de materia orgánica (humus); la mayor proporción de uno u otro elemento define al suelo como: arenoso, areno-arcilloso, arcillo-arenoso, arcilloso, limoso, limo-arenoso, etc. La porosidad del suelo permite que penetren en él, aire, gases y agua.

El suelo es el hábitat natural de numerosos microorganismos. Se estima que en un gramo de tierra se encuentran entre cien mil a cincuenta millones de microorganismos. Los microorganismos se agrupan en colonias; las vecinas a las superficies son aeróbicas (realizan sus ciclos vitales en presencia de oxígeno), las otras son anaeróbicas (realizan sus ciclos vitales en ausencia de oxígeno o en presencia de pequeñas cantidades de éste). Las colonias de estos microorganismos son agentes desintegradores de la materia orgánica que vuelve al suelo desde las plantas y los desechos y restos de animales, convirtiéndola en sustancias minerales que son reabsorbidas luego por los vegetales, cerrando el ciclo de la materia.

También pueden desarrollarse bacterias patógenas, que permanecen vivas en este medio largo tiempo y que transmiten enfermedades tales como el cólera, el tétano, el carbunco, la gangrena gaseosa y la tuberculosis, entre otras.

Las bacterias se disponen en las capas superiores del suelo, la mayor parte dentro de los primeros 40 cm. Aun en tierras muy porosas nunca exceden los 3 m de profundidad. Es por ello que el agua subterránea de las napas inferiores, normalmente no se encuentra contaminada.

### Concepto de contaminación del suelo

Un suelo se puede degradar al acumularse en él sustancias en niveles tales que repercuten negativamente en su comportamiento. Las sustancias, a esos niveles de concentración, se vuelven tóxicas para los organismos del suelo.

Se trata pues de una degradación química que provoca la pérdida parcial o total de la productividad del suelo.

Se puede distinguir entre contaminación natural, frecuentemente endógena, y contaminación antrópica, siempre exógena.

Un ejemplo de contaminación natural es el proceso de concentración y toxicidad que muestran determinados elementos metálicos, presentes en los minerales originales de algunas rocas a medida que el suelo evoluciona. Un caso significativo se produce sobre rocas con altos contenidos de Cr, Ni, Cu, Mn, cuya edafogénesis en suelos con fuertes lavados origina la pérdida de los elementos más móviles, prácticamente todo el Mg, Ca y, en ocasiones, hasta gran parte del Si, con lo que los suelos residuales fuertemente evolucionados presentan elevadísimas concentraciones de aquellos elementos metálicos, que hacen a estos suelos susceptibles de ser utilizados como menas metálicas.

Otro ejemplo de aparición natural de una anomalía de alta concentración de una forma tóxica se produce en la evolución acidificante de los suelos por la acción conjunta de la hidrólisis, lavado de cationes, presión de CO<sub>2</sub> y ácidos orgánicos que, progresivamente, conducen a una mayor concentración de Al disuelto y a un predominio de especies nocivas como Al<sup>+++</sup> o las formas Al-OH escasamente polimerizadas.

Los fenómenos naturales pueden ser causas de importantes contaminaciones en el suelo. Es conocido el hecho de que un solo volcán activo puede aportar mayores cantidades de sustancias externas y contaminantes, como cenizas, metales pesados, H<sup>+</sup> y SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>, que varias centrales térmicas de carbón.

Sin embargo, las causas más frecuentes de contaminación son debidas a la actuación antrópica, que al desarrollarse sin la necesaria planificación producen un cambio negativo de las propiedades del suelo.

En los estudios de contaminación de suelos, no basta con detectar la presencia de contaminantes sino que se han de definir los máximos niveles admisibles y además se han de analizar posibles factores que puedan influir en la respuesta del suelo a los agentes contaminantes, como son: vulnerabilidad, poder de amortiguación, movilidad, biodisponibilidad, persistencia y carga crítica, que pueden modificar los denominados "umbrales generales de la toxicidad" para la estimación de los impactos potenciales y la planificación de las actividades permitidas y prohibidas en cada tipo de medio.

**Vulnerabilidad.** Representa el grado de sensibilidad (o debilidad) del suelo frente a la agresión de los agentes contaminantes. Este concepto está relacionado con la capacidad de amortiguación. A mayor capacidad de amortiguación, menor vulnerabilidad. El grado de vulnerabilidad de un suelo frente a la contaminación depende de la intensidad de afectación, del tiempo que debe transcurrir para que los efectos indeseables se manifiesten en las propiedades físicas y químicas de un suelo y de la velocidad con que se producen los cambios secuenciales en las propiedades de los suelos en respuesta al impacto de los contaminantes.

Permite diferenciar los riesgos potenciales de diferentes actividades o predecir las consecuencias de la continuación en las condiciones actuales.

En muchas ocasiones, resulta difícil obtener los grados de sensibilidad de los suelos frente a un determinado tipo de impacto, debido a la fuerte heterogeneidad de los suelos, incluso para suelos muy próximos.

**Poder de amortiguación.** El conjunto de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo lo hacen un sistema clave, especialmente importante en los ciclos biogeoquímicos superficiales, en los que actúa como un reactor complejo, capaz de realizar funciones de filtración, descomposición, neutralización, inactivación, almacenamiento, etc. Por todo ello el suelo actúa como barrera protectora de otros medios más sensibles, como los hidrológicos y los biológicos. La mayoría de los suelos presentan una elevada capacidad de depuración.

Esta capacidad de depuración tiene un límite diferente para cada situación y para cada suelo. Cuando se alcanza ese límite el suelo deja de ser eficaz e incluso puede funcionar como una "fuente" de sustancias peligrosas para los organismos que viven en él o de otros medios relacionados.

Un suelo contaminado es aquél que ha superado su capacidad de amortiguación para una o varias sustancias, y como consecuencia, pasa de

actuar como un sistema protector a ser causa de problemas para el agua, la atmósfera, y los organismos. Al mismo tiempo se modifican sus equilibrios biogeoquímicos y aparecen cantidades anómalas de determinados componentes que originan modificaciones importantes en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

El grado de contaminación de un suelo no puede ser estimado exclusivamente a partir de los valores totales de los contaminantes frente a determinados valores guía, sino que se hace necesario considerar la biodisponibilidad, movilidad y persistencia (Calvo de Anta, 1997).

Por **biodisponibilidad** se entiende la asimilación del contaminante por los organismos, y en consecuencia la posibilidad de causar algún efecto, negativo o positivo.

La **movilidad** regulará la distribución del contaminante y por tanto su posible transporte a otros sistemas.

La **persistencia** regulará el periodo de actividad de la sustancia y por tanto es otra medida de su peligrosidad.

**Carga crítica.** Representa la cantidad máxima de un determinado componente que puede ser aportado a un suelo sin que se produzcan efectos nocivos.

Este concepto de carga crítica explica, por ejemplo, por qué los efectos de la lluvia ácida aparecieron de forma más alarmante en los países Escandinavos que en los de Centro Europa, estos últimos con valores de precipitación ácida más altos.

#### Las Causas de la Contaminación del Suelo

Las causas de contaminación del suelo pueden deberse a las aguas superficiales que forman terrenos anegadizos propicios para la creación de focos de propagación de insectos transmisores de enfermedades; el depósito de residuos sólidos sobre la superficie que origina la proliferación de ratas y moscas; el enterramiento de desechos orgánicos, sin tomar los recaudos necesarios; los residuos industriales de tipo no degradables y las infiltraciones de los derivados del petróleo, y por último el empleo incontrolado de pesticidas e insecticidas en las actividades agroganaderas.

El balance de entradas y salidas de elementos en el suelo muestra que, en la actualidad, la concentración de metales en su superficie tiende a aumentar a escala global, en forma paralela a la mayor actividad agrícola e industrial. La contaminación con algunos metales pesados como cadmio (Cd) y plomo (Pb) en las zonas urbanas es tan elevada, que el conocimiento de su contenido puede indicar si el suelo es urbano o rural. También es importante el contenido

de otros elementos con peligro de toxicidad como cobre (Cu), cinc (Zn), níquel (Ni), cromo (Cr) y mercurio (Hg) por los efectos que ejercen sobre la salud humana.

La contaminación del suelo afecta principalmente a las zonas rurales con intensa actividad agrícola y ganadera, o donde se combinan con elementos de la agroindustria.

El crecimiento demográfico registrado a partir de los años cincuenta, ha provocado una expansión de las tierras cultivadas, con la consiguiente deforestación y desertificación de amplias áreas de la Tierra y ha estimulado la adopción de la agricultura industrial, basada en el empleo masivo de abonos artificiales. Éstos ya eran utilizados a finales del siglo XIX. Su uso pasó de 14 millones de toneladas en 1950 a 143 millones en 1990. Los pesticidas, utilizados para el control de plagas y enfermedades y en el control de las tareas agrícolas se multiplicaron por 34 entre 1950 y 1990.

En los últimos años ha ido ganando terreno la idea de que la agricultura industrial, la cual permite inicialmente un importante aumento de la productividad de las actividades agroganaderas, conlleva graves riesgos ecológicos, ya que da origen a la acumulación de sustancias tóxicas en el medio ambiente como resultado de la aplicación masiva de pesticidas y agroquímicos en general. Estos tóxicos acaban por introducirse en las cadenas tróficas y en los alimentos, con lo que además de provocar una drástica reducción de la abundancia y diversidad de vida animal comprometen la salud humana.

A finales del siglo XX, al menos en los países desarrollados, parece haberse alcanzado un límite en el uso de productos químicos en la agricultura.

Existe una conciencia creciente de que el medio ambiente no puede soportar indefinidamente la acumulación de tóxicos y, además, las poblaciones de insectos acaban por hacerse resistentes frente a un determinado plaguicida, lo que obliga a usar cantidades cada vez mayores o recurrir a productos más tóxicos.

Actualmente, se busca la solución a este dilema en el desarrollo de métodos de control biológico; pero por el contrario, en los países subdesarrollados o en vías de desarrollados el uso de pesticidas va en aumento, debido a la necesidad de elevar el rendimiento de las nuevas tierras puestas en cultivo.

El desarrollo de plaguicidas químicos ha tenido un profundo efecto en la lucha del hombre contra las plagas de la agricultura. En la mayoría de los casos, estos insecticidas han sido incorporados en un programa sistemático de control de plagas, tratando de no causar ningún daño a los seres humanos o al medio ambiente. Sin embargo, los plaguicidas químicos no constituyen una solución

definitiva para controlar cualquier tipo de plaga. Su abuso puede ser antieconómico, provocar graves daños a los ecosistemas y comprometer la salud humana.

Los plaguicidas, fitosanitarios, pesticidas, biocidas y productos agroquímicos son términos diferentes usados para nombrar a los productos biológicamente activos, generalmente de origen químico, destinados al control de plagas. Los plaguicidas pueden ser de tres tipos: insecticidas (utilizados para el control de insectos), fungicidas (utilizados para el control de hongos) y herbicidas (utilizados para el control de las malezas).

Los abonos químicos aumentan los rendimientos pero su uso continuo modifica la naturaleza del suelo, sobre todo por las impurezas que ellos contienen. Generalmente se trata de restituir al suelo fosfatos, nitratos, potasio, etc. El aporte de nitratos en exceso puede constituir un riesgo para la salud humana; la espinaca, por ejemplo tiene la tendencia de acumular nitratos en sus tejidos.

En el proceso de conservación de los alimentos éstos corren el riesgo de transformarse en nitritos, los cuales, en el intestino humano, pueden convertirse en compuestos cancerígenos.

El empleo de plaguicidas implica múltiples riesgos para la salud humana, ya que pueden producir daños locales cuando entran en contacto con la piel, o trastornos generales si son inhalados o ingeridos. Hay que evitar cuidadosamente estos tres caminos de entrada en el organismo para que no se puedan producir intoxicaciones.

Ya se ha hecho mención de los riesgos de los organoclorados cuando se trató sobre el DDT. Se puede decir que todos estos insecticidas se caracterizan por ser muy estables, por lo tanto pueden permanecer decenas de años en el suelo sin descomponerse.

Los compuestos organofosforados y otros compuestos fosfóricos, altamente tóxicos, presentan la ventaja de ser selectivos y biodegradables.

Como ya se ha mencionado anteriormente las lluvias ácidas producen cambios en las propiedades físico – química de los suelos. Las deposiciones ácidas están constituidas por compuestos de N y S que en una fase posterior pueden formar ácido nítrico o sulfúrico. Aunque en la propia atmósfera se puede producir una parcial neutralización por  $\text{NH}_3$ , lo normal es que éstos compuestos se transmitan a los suelos, de tal forma que provocan un aumento en la acidez de los mismos.

La acidez no neutralizada por las copas de los árboles, entra en el suelo vía infiltración y escorrentía.

La acidificación de los suelos tienen los siguientes efectos:

- Reduce los nutrientes al variar su ciclo.
- Provoca la movilización de elementos tóxicos como el aluminio (soluble a  $\text{pH} < 4.2$ ).
- Incrementa de la movilidad de metales pesados.
- Provoca variaciones en la composición y estructura de la microflora y microfauna.

Conceptualmente la acidificación equivale a:

- Disminución del pH.
- Disminución de la saturación en bases.
- Aumento en la proporción de  $\text{H}^+$  y  $\text{Al}^{+++}$  en el complejo de cambio.

#### **5.4 CONTAMINACIÓN DEL AGUA**

Desde tiempos ancestrales los asentamientos humanos se realizaron en la vecindad de los cursos de agua. Este elemento no sólo es vital para la vida del hombre, sino que fue usado también como medio de comunicación y para satisfacer las necesidades estéticas.

Con el advenimiento de la industrialización las fábricas necesitaron agua en abundancia y buscaron las márgenes de los cursos de agua para establecerse. Fueron entonces los cursos de agua naturales los receptores de los desechos de la vida humana y de los residuos de las industrias.

La contaminación del agua pone en peligro la salud pública, complica y encarece el abastecimiento del agua potable a las poblaciones y a la industria, perjudica la actividad pesquera, la agricultura y anula el valor estético de los cursos superficiales.

Las plantas de tratamiento, aún las más avanzadas técnicamente, son incapaces de remover, transformar o destruir los compuestos orgánicos sintéticos que son el resultado de los procesos industriales. Lo mismo ocurre con ciertos detergentes y desperdicios sólidos de origen plástico o sintético que forman parte de los desechos domiciliarios. Todo esto complica el proceso de purificación de las plantas de tratamiento de aguas. El problema de los desagües industriales es quizás el más grave en estos momentos.

Las causa más comunes de contaminación del agua provienen de desagües urbanos (cloacas y pluviales); desagües industriales; desagües originados por la explotación del petróleo; desagües originados por las explotaciones agropecuarias; desagües de temperatura elevada proveniente de la actividad industrial y de usinas eléctricas y, por último, descarga de sólidos.



## Los Desagües Urbanos

La materia orgánica conducida por los desagües de este tipo origina graves problemas de contaminación por la reducción del oxígeno disuelto en el agua debido a la acción bacteriana que descompone la materia orgánica, reducción que puede llegar a anular ese oxígeno. Los detergentes, los materiales plásticos y los microorganismos patógenos agudizan el problema.

Los detergentes sintéticos se extendieron al uso doméstico, a partir de la última guerra mundial. Se distinguen, por su característica de biodegradables y no biodegradables. Estos últimos aportan una forma de contaminación de las aguas de difícil tratamiento. La legislación de diferentes países desarrollados ha limitado o prohibido su fabricación. Los problemas más comunes son los de dificultar la reoxigenación del agua, la producción de espumas y la inhibición de la acción bacteriana en las plantas de depuración.

En las grandes zonas urbanas se producen situaciones de grave contaminación coaccionadas por la rotura accidental de colectoras. Esto obliga a derivar los desagües a los conductos pluviales que descargan en la proximidad de las tomas de agua para abastecimiento de la ciudad. Esta circunstancia, bastante frecuente, se une a las descargas industriales, no controladas, en esos mismos conductos pluviales las que motivan su rápido deterioro por los ácidos y sulfuros que contienen.

En zonas suburbanas, en donde todavía no se ha extendido la red de colectores domiciliarios, los líquidos cloacales se insumen en el subsuelo, alimentando la napa freática, frecuentemente poco profunda, la que a través de zanjas o por conductos pluviales, descargan finalmente en los cursos de agua.

En zonas serranas es frecuente la contaminación de los cursos de agua por desagües cloacales. Generalmente, sobre el subsuelo rocoso situado a poca profundidad, escurre el líquido cloacal hacia los pequeños cursos de agua ubicados en las partes bajas, que son utilizados como balnearios en el verano y, muchas veces, como fuente de provisión de agua.

El problema de contaminación cloacal se agudiza en el caso de desagües de hospitales y sanatorios.

También es necesario indicar la contaminación intermitente que se produce en los casos de los desagües urbanos unitarios, en los que durante las lluvias se produce arrastre de líquidos cloacales a zonas inmediatas de las ciudades.

## Desagües Industriales

Los desagües industriales constituyen, juntamente con los cloacales, las causas fundamentales de contaminación del agua. Los desagües industriales son de gran variabilidad según el tipo de industria, no sólo en cuanto a las características del líquido, sino también en cuanto a los caudales vertidos. Se los puede clasificar de la siguiente forma:

- **Desagües con impurezas minerales:** Corresponden a industrias como las metalúrgicas, las electroquímicas, electrónicas, galvanoplastia, etc. Su forma de contaminación es química; contienen frecuentemente elementos tóxicos importantes como plomo, zinc, cadmio, níquel, cromo y mercurio.

- **Desagües con impurezas orgánicas:** Corresponden a industrias como la lechera, textil, azucarera, de la carne, etc. Su forma de contaminación es biológica.

- **Desagües con impurezas minerales y orgánicas:** corresponden a industrias como las curtiembres, los lavaderos de lana, papeleras, etc. con formas de contaminación química y biológica.

- **Desagües Originados por la Explotación del Petróleo:** La gran cantidad de petróleo que se transporta por mar, en superpetroleros que superan 500.000 toneladas constituye un problema mundial. Los accidentes y también el poco cuidado con que se lavan las bodegas en alta mar liberan restos de petróleo que luego las corrientes acumulan en zonas en las que impiden toda vida vegetal, como está sucediendo en el mar de los Sargazos, en el Océano Atlántico; o inutilizan playas y grandes zonas costeras.

En Argentina, también se presenta el problema, derivado de una manipulación incorrecta de ese elemento y de pérdidas accidentales. El consumo cada vez mayor de petróleo hace que se estén intensificando los problemas derivados por esta causa.

La fina capa de petróleo que se extiende sobre las aguas no sólo implica un problema de orden estético sino que impide la difusión del oxígeno del aire en el agua, dificultando la reaeración del cuerpo receptor, indispensable para el desarrollo de los procesos de autodepuración. Se ha experimentado este problema cuando el espesor de esa capa excede de 0,001mm. Este hecho causó grave preocupación a nivel internacional lo que condujo a la necesidad de crear una legislación adecuada, determinando las características de los petroleros y la forma en que se deberá realizar la limpieza de las bodegas.

**Desagües Originados por Explotaciones Agropecuarias:** Gran parte del agua que se utiliza para riego, retorna a cursos superficiales o se insume en el

terreno. El agua usada para riego suele sufrir cambios en su calidad; los más comunes son:

1. Aumento de contenido de sales minerales.
2. Aumento del contenido de nutrientes, en general.
3. Aumento de la concentración de nitratos. Por otra parte, el uso intensificado de insecticidas y herbicidas hace que las sustancias tóxicas que contienen ocasionen alteraciones graves en la fauna acuática. Un ejemplo clásico lo ofrece el uso del DDT del que ya se ha expuesto anteriormente.

**Desagües de Temperatura elevada:** El problema se deriva de descargas industriales calientes y de agua de refrigeración de usinas eléctricas, vertidas en los cuerpos receptores, sin previo enfriamiento.

La disminución de la solubilidad del oxígeno en el agua, debido a la temperatura, puede traer consecuencias en la vida de los peces. Por esta razón, algunos ríos en invierno mantienen una cantidad satisfactoria de oxígeno y en cambio, en verano puede disminuir y a veces desaparecer con la consiguiente putrefacción de la materia orgánica.

**LAS PILAS:** Las pilas de todos los tamaños y forma invaden a diario nuestros hogares. La radio a transistores, el walkman, la cámara fotográfica, el reloj o los juguetes de los niños, son sólo una pequeña muestra del larguísimo catálogo de productos que pueden funcionar de manera autónoma sin necesidad de estar conectados a la red eléctrica. Y es ésta, precisamente, la clave de su éxito: dotar de autonomía al artilugio que tenemos entre las manos. Las pilas, ideadas por Volta hace dos siglos, basan su funcionamiento en un conjunto de reacciones químicas que proporcionan una cierta cantidad de electricidad, moderada pero suficiente para activar dispositivos electrónicos o mover pequeños motores. Sin embargo, su virtud es su más grave defecto. Los compuestos químicos que se utilizan para generar electricidad son, en su mayor parte, metales pesados, como el mercurio, el litio o el cadmio. Todos ellos son tóxicos y peligrosos. Cuando la pila se ha agotado y se la echa a la basura, los metales pueden pasar al medio y contaminarlo.

El contenido en mercurio de una sola pila botón basta, por ejemplo, para contaminar 600.000 litros de agua, el equivalente a una piscina de tamaño medio.

Por otra parte, el costo de la energía producida por una pila es unas 3 veces mayor que su equivalente en la red eléctrica. Ambos hechos son razones excelentes para racionalizar el consumo de pilas y utilizar éstas sólo cuando no es posible conectar el aparato a la red. Y también para exigir sistemas de recolección de basura selectivos, de modo que se pueda dar el tratamiento adecuado a las pilas agotadas y a sus peligrosos componentes.

En general las pilas usadas son tiradas a la basura. Esto implica que el destino final de las mismas son los basurales o las plantas incineradoras. En ambos casos, una vez destruida la carcasa se liberan los metales pesados que pasan con facilidad al medio ambiente. El más peligroso es el mercurio, que se incorpora a la cadena trófica, con el agravante de que su grado de concentración aumenta de un eslabón a otro. Sus efectos son neurotóxicos y puede llegar a ocasionar la muerte. Ya se mencionó que una pila de mercurio basta para contaminar 600.000 litros de agua y una alcalina 167.000 litros, el doble de lo que consume una persona en toda su vida.

El contenido de las pilas, en especial cuando se trata de mercurio, supone un grave riesgo para el medio ambiente.

## **5.5 DESARROLLO URBANO Y EXPLOSIÓN DEMOGRÁFICA**

El crecimiento acelerado de la población puede disminuir la calidad de nuestras vidas debido a que este crecimiento:

- destruye los recursos naturales, como el agua y los bosques, que son necesarios para sostenernos;
- desacelera la dinámica de una economía saludable; y
- disminuye el nivel de la biodiversidad, de la cual también dependemos.

Al comienzo de este nuevo siglo, los recursos naturales se encuentran bajo una creciente presión, amenazando a la salud pública y al desarrollo. La escasez de agua, el agotamiento de los suelos, la pérdida de los bosques, la contaminación del aire y de las aguas y la degradación de las costas afligen a muchas áreas. A medida de que la población del mundo aumenta, la mejora de los estándares de vida sin destruir al ambiente se convierte en un reto global.

Hoy en día, la mayoría de las economías desarrolladas consumen recursos mucho más rápidamente de que los pueden regenerar. La mayoría de los países en desarrollo con un crecimiento rápido de la población se enfrentan a la necesidad urgente de mejorar los estándares de vida. A medida de que los humanos explotan a la naturaleza para poder llenar sus necesidades actuales, ¿estamos destruyendo los recursos necesarios para el futuro?

Alrededor de 3 millones de personas anualmente mueren debido a la contaminación.

En la década pasada y en cada sector ambiental, las condiciones o no han mejorado o se han puesto peor. Por ejemplo:

- La salud pública:

Las aguas contaminadas, conjuntamente con una deficiente salubridad, matan a más de 12 millones de personas al año, la mayoría en los países en desarrollo. La contaminación del aire mata a otros 3 millones. Los metales pesados y otros contaminantes también causan problemas generalizados de salud.

La cantidad de tierra agrícola perdida por la degradación corresponde a dos tercios de América del Norte.

- **El suministro de alimentos:** ¿Tendremos suficientes alimentos para alimentar a todo el mundo? En 64 de los 105 países en desarrollo estudiados por la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), la población ha estado creciendo más rápidamente que la disponibilidad de alimentos. Las presiones de la población han degradado unos 2,000 millones de hectáreas de tierras arables, un área del tamaño de Canadá y los Estados Unidos juntos.
- **Las aguas dulces:** La disponibilidad de agua dulce es finita, pero la demanda está subiendo aceleradamente a medida de que crece la población y de que aumenta el uso *per capita*. Para el año 2025, cuando se proyecta que la población del mundo alcance los 8,000 millones, se prevé que 48 países, conteniendo a 3,000 millones de personas, van a enfrentar escasez de agua.
- **Las costas y los océanos:** La mitad de los ecosistemas costeros están bajo presión debido a las altas densidades de población y por el desarrollo urbano. En los mares del mundo está subiendo una marea de contaminación. La pesquería oceánica está siendo sobre-explotada, y las capturas o cosechas de pescado han disminuido.

La demanda de productos forestales excede en un 25% el consumo sostenible.

- **Los bosques:** Casi la mitad de la cobertura boscosa original ha desaparecido y cada año se cortan, aplanan o queman otras 16 millones de hectáreas. Los bosques proveen más de 400 mil millones de dólares a la economía mundial cada año y son vitales para mantener la salud de los ecosistemas. Sin embargo, la demanda actual por productos del bosque puede exceder los límites del consumo sostenible en un 25%.

Dos tercios de las especies de la tierra están declinando.

- **La biodiversidad:** La diversidad biológica de la tierra es crucial para continuar la vitalidad de la agricultura y de la medicina, y quizás hasta de la vida misma en la tierra. A pesar de esto, las actividades humanas están llevando a la extinción a miles de especies de plantas y de animales. Se estima que dos de cada tres especies se encuentra en declive.
- **El cambio climático global:** La superficie de la tierra se está calentando debido a las emisiones de gases de invernadero, la mayoría provenientes del uso de combustibles fósiles. Si la temperatura global aumenta

tal y como se ha predicho, los niveles del mar subirán varios metros, causando inundaciones por todo el mundo. El calentamiento global también puede causar sequías y perturbar a la agricultura.

La forma en que la gente preserve o abuse al ambiente determinará en gran parte si los estándares de vida van a mejorar o a empeorar. El número creciente de seres humanos, la expansión urbana y la explotación de los recursos no predicen nada bueno para el futuro. Sin poner en práctica el desarrollo sostenible, la humanidad se enfrenta a un ambiente en deterioro y puede hasta invitar un desastre ecológico.

- **Tomando acciones:** Muchos de los pasos tendientes a la sostenibilidad se pueden tomar ahora. Estos incluyen: un uso más eficientemente de la energía, un mejor manejo de las ciudades, comenzar a eliminar a los subsidios que promueven el desperdicio, etc.

La tierra debe sostener a mil millones de personas más cada 13 años.

- **Estabilizando a la población:** A pesar de que la tasa de crecimiento de la población ha disminuido, el número absoluto de personas continúa creciendo, en unos mil millones cada 13 años. La disminución del crecimiento de la población ayudaría a mejorar a los estándares de vida y nos daría tiempo para poder proteger a los recursos naturales. A la larga, para poder mantener estándares de vida altos, el tamaño de la población mundial debe estabilizarse.

La población y el desarrollo sostenible: *Un menor crecimiento proveerá tiempo para resolver a los problemas de sostenibilidad.*

Los ambientalistas y los economistas están de acuerdo más y más en que los esfuerzos para proteger al ambiente y para lograr mejores estándares de vida están muy unidos y se refuerzan mutuamente. La disminución del aumento en la población, especialmente ahora que la demanda *per capita* de los recursos naturales está aumentando, puede aliviar la presión sobre el ambiente y darnos tiempo para mejorar los estándares de vida en formas sostenibles.

- A medida que disminuye la tasa de crecimiento de la población, los países pueden invertir más en la educación, en la salud pública, en la creación de empleo y en otras mejoras que ayudan a mejorar la calidad de vida. A su vez, a medida que las entradas personales de dinero, los ahorros y la inversión aumentan, la disponibilidad de recursos aumenta también, lo cual puede aumentar la productividad. Este proceso dinámico ha sido identificado como una de las razones clave para explicar el rápido crecimiento de las economías de muchos países asiáticos entre los años de 1960 y 1990.

Una economía dinámica también necesita un crecimiento de población lento.

- En los años recientes la fertilidad ha disminuido en muchos países en desarrollo y, como resultado, el crecimiento anual de la población mundial ha disminuido aproximadamente a un 1.4% en el año 2000, comparado a un 2% en 1960. Las Naciones Unidas estimaron recientemente que la población está creciendo en unos 78 millones de personas al año, lo cual es menos de los 90 millones al año estimados para comienzos de los años 90. Aún así, con esta tasa actual, la población mundial aumenta en mil millones cada 13 años. La población mundial sobrepasó los 6 mil millones en 1999 y se proyecta que pasará los 8 mil millones para el año 2025.

En muchos países, los nacimientos son muchos más frecuentes que las muertes, lo cual resulta en la sobrepoblación.

- Globalmente, la fertilidad ha disminuido a la mitad de lo que era en los años 60, a un nivel de tres niños por mujer. En 65 países, incluyendo 9 países desarrollados, las tasas de fertilidad han caído por debajo del nivel de reemplazo, o sea, menos de dos niños por mujer. Sin embargo, la fertilidad está por encima del nivel de reemplazo en 123 países, y en algunos países se encuentra substancialmente por encima del nivel de reemplazo. En estos países la población continua creciendo rápidamente. Cerca de 1,700 millones de personas viven en 47 países donde la tasa de fertilidad promedio se encuentra entre tres y cinco niños por mujer. Otras 730 millones de personas viven en 44 países donde las mujeres tienen como promedio cinco niños o más.

El crecimiento en las poblaciones ocurre mayormente en naciones en vías de desarrollo.

- Casi todo el crecimiento de la población se encuentra en los países en desarrollo. Como resultado de estas diferencias en el crecimiento de la población, la población de Europa va a disminuir de un 13% de la población mundial a un 7% en los próximos 25 años. Mientras tanto, la población de África al sur del Sahara aumentará en proporción de un 10% a un 17%. Se proyecta que la proporción en otras regiones se mantendrá igual a la presente.

Partes de África experimentarán una escasez de agua dramática para el año 2025.

- A medida que la población y la demanda sobre los recursos naturales continua creciendo, los límites ambientales se harán más aparentes. Se espera que la escasez de agua va a afectar a más de 3 mil millones de personas para el año 2025, siendo la región del África al sur del Sahara la más afectada. Muchos países pueden evitar las crisis ambientales si toman pasos ahora para conservar y manejar mejor el suministro y la demanda de recursos y simultáneamente bajar el crecimiento poblacional. Esto se puede lograr por

medio de la diseminación de la información y de los servicios necesarios para poder tomar decisiones informadas sobre la salud reproductiva.

La planificación familiar es efectiva para estabilizar el crecimiento.

- Los programas de planificación familiar juegan un papel clave en estos asuntos. Cuando la información sobre la planificación familiar se encuentra ampliamente disponible y accesible, las parejas pueden alcanzar su fertilidad meta más efectivamente. El Banco Mundial ha hecho la observación de que “aún en circunstancias adversas, como por ejemplo, bajas entradas de dinero, educación limitada y pocas oportunidades para la mujer, los programas de planificación familiar han logrado reducir el crecimiento de la población y mejorar las condiciones de las familias.”

Si cada país se comprometiera a estabilizar su población y a conservar sus recursos, el mundo estaría en posición de enfrentar el reto del desarrollo sostenible. La práctica del desarrollo sostenible requiere la combinación de una sabia inversión pública, un manejo efectivo de los recursos naturales, unas tecnologías agrícolas e industriales limpias, una menor contaminación y un crecimiento poblacional más lento.

La preocupación sobre la “bomba de la población” puede haber disminuido un poco al haber bajado las tasas de fertilidad, pero se proyecta que la población mundial seguirá su expansión hasta mediados de siglo. Cuándo y a cuál nivel se estabilice tendrá un efecto poderoso sobre los estándares de vida y sobre el ambiente global. A medida que el tamaño de la población continúe alcanzando niveles nunca antes vistos, y a medida que el consumo *per capita* aumente, el ambiente continuará colgando en el balance.



## **CUESTIONARIO DE REPASO**

- 1.- ¿Qué es la contaminación del medio ambiente?
- 2.- Menciona algunas actividades humanas que forman parte de la contaminación
- 3.- ¿Cuáles son los tipos de contaminantes?
- 4.- Menciona los efectos de los contaminantes
- 5.- Explica algunas de las causas de la contaminación del aire
- 6.- ¿Qué es el efecto invernadero?
- 7.- Concepto de la contaminación del suelo
- 8.- ¿Cómo se mide el grado de contaminación del suelo?
- 9.- Causas más comunes de la contaminación del agua
- 10.- La explosión demográfica causa la disminución de la calidad de vida por:

## BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Baena, M.L., G. Halffter *et al.* 2008. Extinción de especies, en *Capital natural de México*, vol. I: *Conocimiento actual de la biodiversidad*. Conabio, México, pp. 263-282.
- 2.- Carabias Julia, Revista Ciencias (1988), Deterioro ambiental en México, FCE- SEP, México, Pág. 13-19
- 3.- Castellanos Cesar, Extinción causas y efectos sobre la diversidad biológica, Revista Luna Azul No. 23 (2006), Puerto Rico, Pág. 1-5
- 4.- Contreras Medina Raúl / Luna Vega Isolda / Morrone Juan J. (2001) "Conceptos biogeográficos" Revista *Elementos: ciencia y cultura*, marzo-mayo, año/vol. 8, número 041 Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México Pág. 33 - 37
- 5.- Maass J. Manuel y Martínez-Yrizar Angelina, Revista Ciencias (1990), Los ecosistemas: definición, origen e importancia del concepto, No. 4, FCE- SEP, México, Pág. 10-20
- 6.- Manual de Ciudadanía Ambiental Global (2005), Diversidad Biológica, PNUMA/ORPALC, México, Pág. 1-27
- 7.- Martínez Eduardo (1992), Recursos Naturales, Biodiversidad, Conservación y Uso Sustentable Revista Multequina I, Argentina, Pág. 11 -18
- 8.- Morlans Ma. Cristina, Introducción a la Ecología de las poblaciones (2004), Editorial Científica Universitaria - Universidad Nacional de Catamarca, Argentina, Pág. 2-16
- 9.- Revista Conservación de la diversidad biológica (1992); Cap. 11 "Mecanismos de autorregulación de los ecosistemas", Brasil. Pág. 1 - 7

## **OTRAS FUENTES**

<http://www.k4health.org/pr/prs/sm15edsum.shtml>

<http://www.alianzageografica.org/leccionbiodiversidad.pdf>

<http://www.ciceana.org.mx/recursos/Ciclos%20biogeoquimicos.pdf>

[http://books.google.com.mx/books?id=tzxviBYbBIQC&pg=PA246&lpg=PA246&dq=Fluctuaciones+de+la+poblaci%C3%B3n+y+oscilaciones+c%C3%ADclicas&source=bl&ots=TKNEbMN\\_H0&sig=77qvW1bMoEZMTTf71y966GUHwRU&hl=es&sa=X&ei=W71LT5q8JYuAsgKjglHrCA&sqi=2&ved=0CCQQ6AEwAQ#v=onepage&q=Fluctuaciones%20de%20la%20poblaci%C3%B3n%20y%20oscilaciones%20c%C3%ADclicas&f=false](http://books.google.com.mx/books?id=tzxviBYbBIQC&pg=PA246&lpg=PA246&dq=Fluctuaciones+de+la+poblaci%C3%B3n+y+oscilaciones+c%C3%ADclicas&source=bl&ots=TKNEbMN_H0&sig=77qvW1bMoEZMTTf71y966GUHwRU&hl=es&sa=X&ei=W71LT5q8JYuAsgKjglHrCA&sqi=2&ved=0CCQQ6AEwAQ#v=onepage&q=Fluctuaciones%20de%20la%20poblaci%C3%B3n%20y%20oscilaciones%20c%C3%ADclicas&f=false)

[http://fp.educarex.es/fp/pruebas\\_acceso/2009/modulo\\_III/ciencias\\_de\\_la\\_naturaleza/3nat07.pdf](http://fp.educarex.es/fp/pruebas_acceso/2009/modulo_III/ciencias_de_la_naturaleza/3nat07.pdf)

<http://biolo.bg.fcen.uba.ar/ecologia/TP3.pdf>