

# TEMA 4. LA BIOSFERA (CTMA)

## 1. INTRODUCCIÓN.

La palabra Ecología proviene del griego “oikos” (casa) y “logos” (estudio). El primero en definir ecología fue el almenán **Haeckel**, utilizando el término *Oecologi*.

La Ecología puede definirse como “*Ciencia que se encarga del estudio de las relaciones que los organismos (incluida la especie humana) mantiene con otros organismos y con su medio ambiente*”.

Dentro del término “ambiente” se incluyen los **Factores Abióticos** (condiciones físico-químicas) y los **Factores Bióticos** (condiciones biológicas), de tal forma que se consideran las relaciones que un organismo establece con el medio físico, con los organismos de una misma especie y con organismos de distintas especies.

La Ecología se encarga de conocer la estructura de la Naturaleza y su funcionamiento; así como de entender las adaptaciones de los organismos a su medio para poder desarrollarse y reproducirse.

## **Poblaciones, Comunidades y Ecosistemas.**

La Ecología se encarga del estudio de los siguientes niveles de organización: *Organismos, Población, Comunidad, Ecosistema y Biosfera*.

- **Organismo.** El organismo es la unidad elemental de la ecología, cuya estructura y funciones vienen caracterizados por los factores ambientales y factores hereditarios.
- **Población.** Conjunto de individuos de la misma especie que conviven en un mismo espacio y tiempo, y que tienen capacidad potencial de reproducirse entre ellos mismos.
- **Comunidad.** Conjunto de poblaciones de distintas especies que habitan en un mismo hábitat.
- **Ecosistema.** Formado por la comunidad y el medio físico. El ecosistema consta de dos componentes que interaccionan entre sí:
  - **Biocenosis:** Parte viva, formada por los organismos.
  - **Biotopo:** constituye el medio físico-químicos donde viven los organismos.

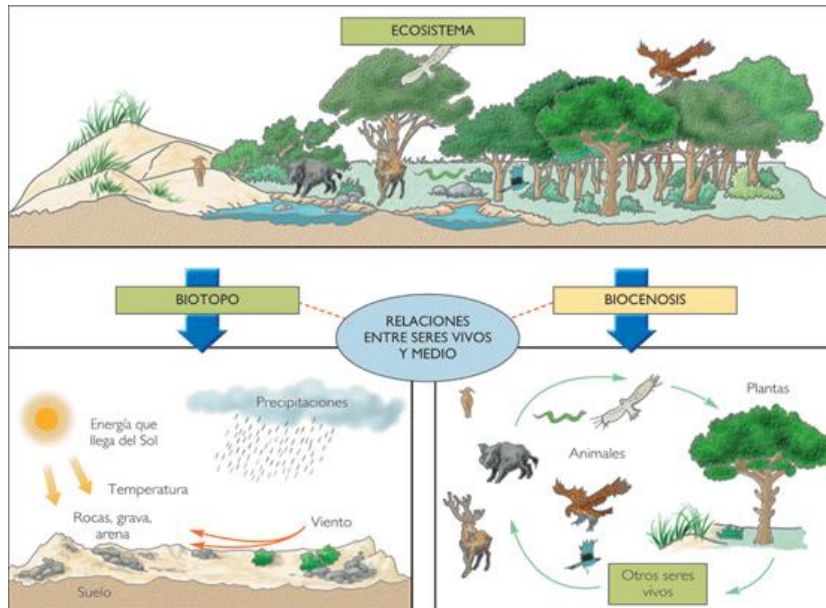
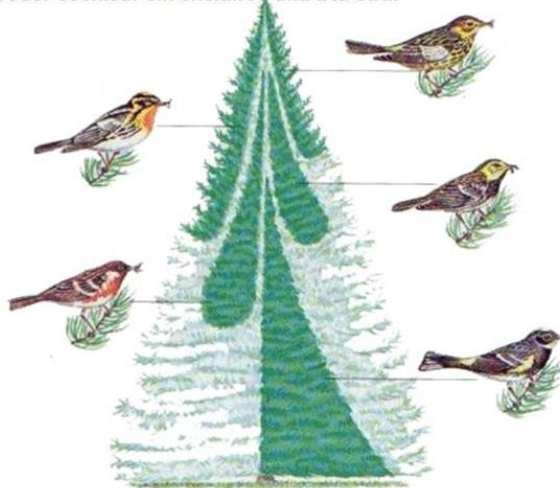


Figura 1: Ecosistema, biotopo y biocenosis.

Dentro de los ecosistemas destacan los conceptos:

- **Nicho Ecológico.** Es la función que una especie realiza en el ecosistema. *Ejemplo: Todos los herbívoros que comen hojas hasta una misma altura pertenecen al mismo nicho ecológico. Sin embargo cebras y jirafas no pertenecen al mismo nicho (ya que se alimentan de hojas a distinta altura).*

Diferentes tipos de Dendroica, aves que se alimentan del mismo recurso, se reparten el espacio de caza de manera de poder coexistir sin excluirse una a la otra.



- **Hábitat.** Es el conjunto de biotopos donde puede vivir un organismo.

*Así, el gato montés (*Felix sylvestris*) tiene como hábitat los bosques de montaña y su nicho ecológico sería el de cazador nocturno de roedores.*

Se denomina **Ecosfera** al conjunto formado por todos los ecosistemas de la Tierra.

- **Biosfera.** Conjunto formado por todos los seres vivos que habitan la Tierra.

## 2. EL ECOSISTEMA EN ACCIÓN.

Para **Margalef**, el **Ecosistema** es un sistema formado por individuos de muchas especies, en un ambiente de características definibles, que están implicados en un proceso dinámico y continuo de interacción, ajuste y regulación.

Las **características** de un Ecosistema son las siguientes:

- **Está formado por los organismos y su medio**, que interaccionan en forma de un flujo de energía y de un ciclo de materia.
- **Tiene capacidad de autorregulación**, es decir, es capaz de recibir información del exterior, procesarla y generar una respuesta.

Por tanto, un ecosistema está sometido a una dinámica continua de entradas y salidas de información que son los responsables de sus continuos cambios a lo largo del tiempo.

Por lo tanto, los ecosistemas no son entidades estáticas, sino que tienen capacidad de adaptarse a los cambios que tengan lugar en su entorno, hasta alcanzar un estado de máxima estabilidad y eficiencia al que tienden todos los ecosistemas en el tiempo, conocido como estado **clímax**.

Entre ecosistemas colindantes se pueden reconocer unas zonas de transición denominadas **ecotonos**, en donde la diversidad y la densidad de especies suelen ser mayores que en los ecosistemas adyacentes, lo que se conoce como **Efecto Borde**.

### Flujos de energía y materia en los ecosistemas.

Para que se mantenga la vida en la Tierra, es necesario que ésta reciba constantemente la energía del Sol. Esta energía (en forma de radiación solar) es la responsable de que tengan lugar todos los procesos biológicos de la Biosfera.

La **Energía** a medida que transcurre por los ecosistemas de forma unidireccional, se va degradando y no se puede recuperar, formando lo que se conoce como **Ciclo Abierto**.

Por su parte, la **Materia** circula en los ecosistemas formando un **Ciclo Cerrado**. Así, la *materia inorgánica* constituye los nutrientes para los **organismos autótrofos** asimilándola y transformándola en *materia orgánica* (fotosíntesis), la cual irá pasando de unos **organismos heterótrofos** a otros (primero herbívoros, después carnívoros, etc), hasta que finalmente se convertirán en *restos orgánicos* sobre los cuales actuarán los **descomponedores** para devolver al medio los elementos y compuestos en forma de *materia inorgánica*.

## DEFINICIONES:

**Organismos autótrofos.** Son los seres vivos que sintetizan su propio alimento. La mayoría de los autótrofos utilizan la energía del Sol para sintetizar el alimento (organismos fotosintéticos), sin embargo otros, utilizan la energía liberada en la oxidación de compuestos inorgánicos (organismos quimiosintéticos). Las plantas verdes, las algas y algunas bacterias son organismos autótrofos fotosintéticos; mientras que las bacterias del azufre son organismos autótrofos quimiosintéticos.

**Organismos heterótrofos.** Son aquellos seres vivos que no son capaces de sintetizar su propio alimento. Estos seres se conocen como heterótrofos. Los animales (herbívoros, carnívoros, superdepredadores) y hongos son ejemplos de organismos heterótrofos, porque dependen de los autótrofos o de otros heterótrofos para su alimentación.

**Descomponedores.** Son organismos detritívoros, algunos hongos y bacterias, que transforman la materia orgánica en inorgánica (sales minerales), dejándola disponible de nuevo para los productores. Cumplen una **función esencial** en el ecosistema: **cerrar el ciclo de la materia**. La transformación ocurre tanto por vía aerobia como por vía anaerobia.

VER ANEXO I. FLUJO DE LA ENERGÍA EN UN ECOSISTEMA.

VER ANEXO II. FLUJO DE LA MATERIA EN UN ECOSISTEMA

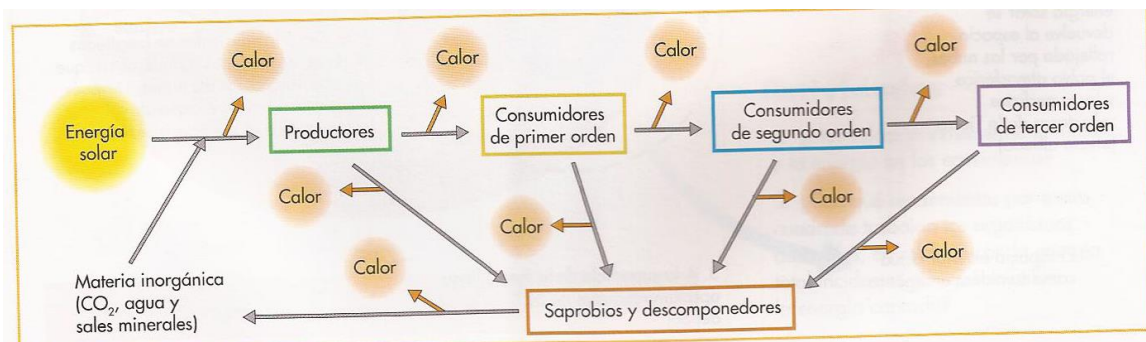


Figura 2: Esquema de la circulación de la materia orgánica y la energía en una cadena trófica de un ecosistema tipo (o ideal).

### 3. ESTRUCTURA TRÓFICA DEL ECOSISTEMA.

Se distinguen diversas especializaciones alimentarias, que se agrupan en los llamados **Niveles Tróficos**. Se diferencian 3 Niveles Tróficos fundamentales: *Productores, Consumidores y Descomponedores*.

#### – PRODUCTORES.

Son aquellos organismos que transforman la materia inorgánica en materia orgánica.

Si lo hacen en presencia de luz, son **productores fotosintéticos** y lo realizan mediante el proceso de la **fotosíntesis**. Los principales productores fotosintéticos en *ambientes terrestres* son las *plantas superiores*; los principales productores en *ambientes acuáticos* es el *fitoplancton*.

Por otro lado se encuentran los **productores quimiosintéticos**, que son un grupo de bacterias que sintetizan materia orgánica de forma independiente de la luz y mediante un proceso conocido como **quimiosíntesis**. En estos casos se obtiene la energía a partir de la oxidación de compuestos inorgánicos. Ejemplos: H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>, etc.

#### – CONSUMIDORES.

Los **Consumidores** son los organismos que se nutren de las macromoléculas orgánicas ya sintetizadas.

Se diferencian:

#### Consumidores propiamente dichos.

Pueden ser:

- *Consumidores Primarios*. Son los herbívoros, fitófagos y parásitos de vegetales. *Ej. Zooplancton que se alimentan de fitoplancton.*
- *Consumidores Secundarios*. Son los carnívoros que se alimentan de los consumidores primarios. *Ej. Peces que se alimentan de zooplancton (sardina).*
- *Consumidores Terciarios*. Son los carnívoros que se alimentan de los consumidores secundarios. *Ej. Peces que se alimentan de otros peces (atún).*

Los *Omnívoros* son heterótrofos que se alimentan tanto de productores como herbívoros como carnívoros. Ejemplo: humano, oso o jabalí.

### **Consumidores Detritívoros o Saprobios.**

Son consumidores que se alimentan por ingestión de cadáveres, restos vegetales o animales o excrementos. En función del estado inicial en el que se encuentre la materia orgánica de la que se nutren, se clasifican en:

- *Necrófagos* ó *carroñeros*. Ingieren cadáveres recientes o poco descompuestos. Ej. Buitres.
- *Saprófagos*. Ingieren restos vegetales o animales claramente alterados. Ej. Lombrices de tierra.
- *Coprófagos*. Se nutren de la materia presente en los excrementos. Ej. Escarabajo estercolero.

#### – **DESCOMPONEDORES.**

Los **Descomponedores** son las bacterias y los hongos. Se denominan también **transformadores, reductores** o **saprófitos**.

Estos organismos liberan sobre los restos vegetales y animales sus enzimas que provocan su degradación. Durante estos procesos de degradación los organismos van incorporando por absorción las moléculas ricas en energía, que constituyen su alimento. Además, durante estos procesos se liberan al medio compuestos como: CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, SH<sub>2</sub>, iones, etc.

## **4. FUNCIONAMIENTO DEL ECOSISTEMA: RELACIONES TRÓFICAS EN EL ECOSISTEMA.**

Los organismos del ecosistema están conectados tróficamente unos con otros. Para visualizar más claramente estas relaciones tróficas de un ecosistema se construyen: **cadena trófica, red trófica** y **pirámide trófica**, cada uno de los cuales tienen distintos objetivos.

### **Cadenas Tróficas.**

El funcionamiento de los ecosistemas depende de la transmisión de la energía de unos organismos a otros.

Las transferencias lineales de energía, en las que cada organismo es un eslabón, constituyen las **cadena trófica ó alimentarias**.

Básicamente, se distinguen tres tipos de cadenas tróficas: de depredadores, de parásitos y de saprófagos ó detritófagos.

**Cadenas tróficas de depredadores.** Comienzan en los productores, que son consumidos por los herbívoros, que a su vez son consumidos por carnívoros, los cuales pueden ser consumidos por otros carnívoros. Ejemplo:

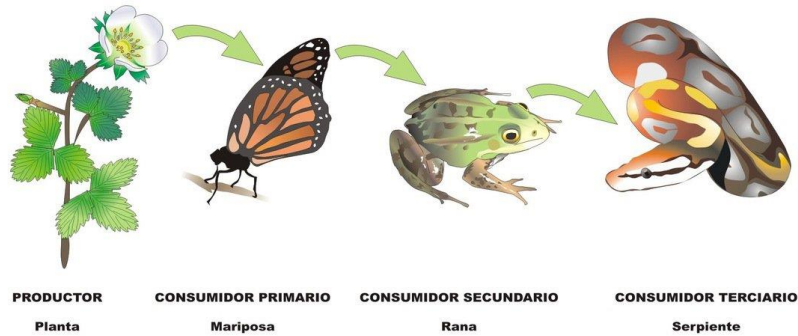


Figura 3: Cadena trófica.

**Cadenas tróficas de parásitos.** A diferencia de las anteriores, la materia y la energía circulan desde organismos grandes hasta organismos más pequeños. En ellas, los productores o los consumidores están parasitados.

**Cadenas tróficas de saprófagos o detritófagos.** Este tipo de cadenas comienzan con restos orgánicos (animales o vegetales) muertos; a continuación vienen un gran número de organismos (generalmente microorganismos) que constituirán los distintos eslabones de la cadena. Ejemplo: Hojarasca → Lombriz de tierra → Mirlo común → Gavilán.

### **Redes Tróficas.**

En la realidad, las cadenas tróficas están interconectadas entre sí, debido a la presencia de organismos comunes, formándose así lo que se conoce como **Red Trófica**.

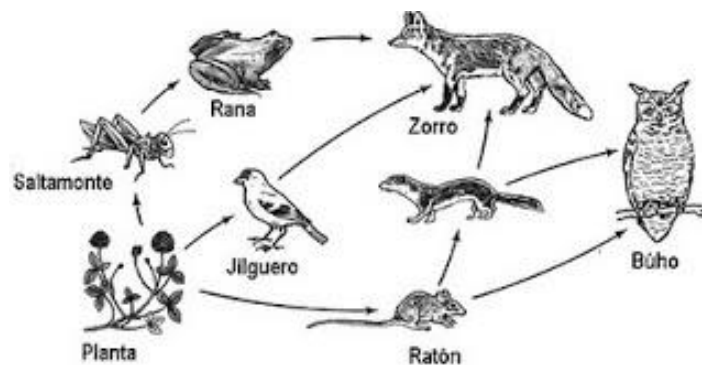


Figura 4: Red Trófica.

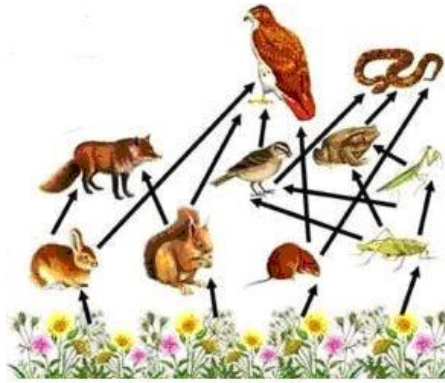


Figura 5: Red Trófica

Según la **Regla del 10%**, tan solo el 10% de la energía de un nivel trófico está a disposición del nivel trófico siguiente. Es decir, que la energía total contenida en un nivel trófico es la décima parte de la que tenía el nivel precedente. La Regla del 10% también condiciona un límite máximo de escalones en la transferencia de energía, por tanto, el número de niveles tróficos en una red trófica (y por tanto cadenas tróficas) está condicionado y es limitado, no existiendo más de 4 o 5 niveles tróficos.

### **Pirámides Tróficas ó Ecológicas.**

Debido a la complejidad de las interconexiones en una red trófica, se suele ignorar la composición específica de las redes tróficas reuniendo a todos los organismos según sus hábitos alimenticios: *productores* (P), *consumidores primarios* (C1), *consumidores secundarios* (C2), etc.

La representación gráfica de cada uno de estos niveles tróficos forma una pirámide escalonada llamada **pirámide trófica o ecológica**.

En estas pirámides no se tienen en cuenta a los Descomponedores, a pesar de su gran importancia, debido a que es muy difícil estimar el número o la biomasa de estos organismos.

En función del parámetro que se represente, se distinguen: **pirámides de números**, de **biomasa** y de **energía**.

**Pirámides de Números.** Son aquellas cuyos escalones son proporcionales al número de individuos que se encuentran en el ecosistema, por unidad de superficie o de volumen de un biotopo, en un momento determinado (momento en el que se hace el muestreo). Este tipo de pirámides le da el mismo peso a una cebra que a una hormiga dentro de un mismo escalón (lo que aporta una información muy fragmentaria de la estructura trófica). Además, la pirámide de números es insuficiente si se quieren comparar dos ecosistemas.



### Principales tipos de pirámides de números

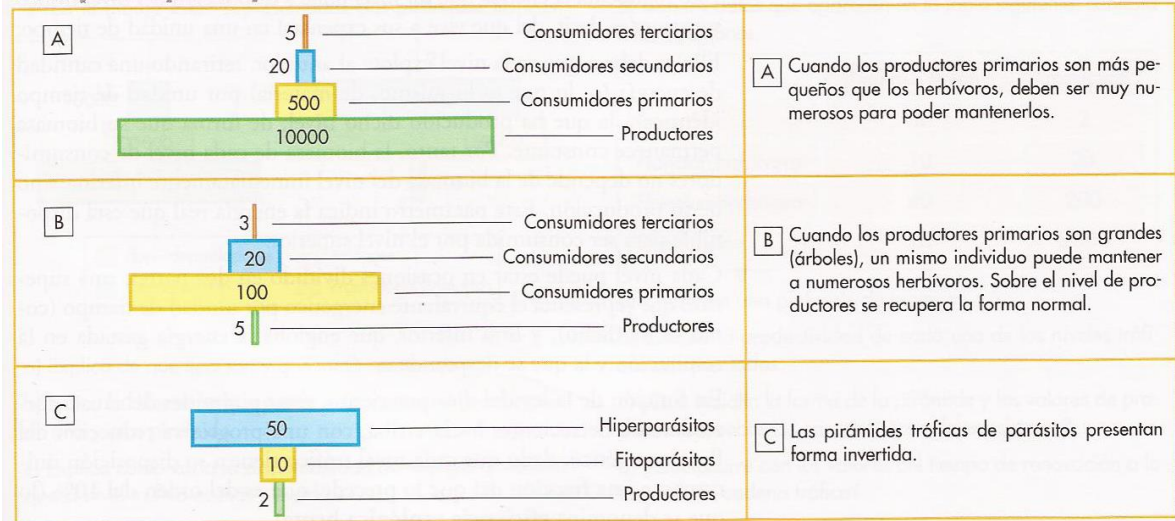


Figura 6: Principales tipos de pirámides de números.

**Pirámides de Biomasa.** Son mucho más representativas que las anteriores. Los escalones son proporcionales a la cantidad de biomasa de cada nivel trófico por unidad de volumen o superficie en un momento determinado. Estas pirámides aportan información sobre la composición y funcionamiento del ecosistema.

Como, en la mayoría de los ecosistemas, la masa del conjunto de los consumidores es muy inferior a la de los productores, la pirámide de biomasa presenta un ancho rectángulo basal de productores que soporta los rectángulos de los consumidores, mucho más estrechos cada vez.

En ocasiones pueden darse **pirámides invertidas**, como ocurre cuando se muestra un ecosistema marino inmediatamente después de un periodo de consumo máximo de los productores, por los que estos presentan una biomasa inferior a la de los otros niveles.

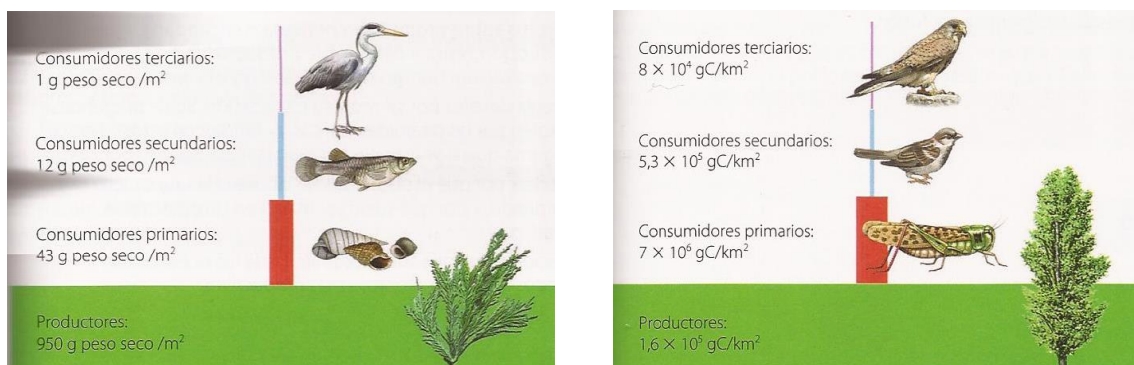


Figura 7: Pirámides de biomasa

**Pirámides de Energía o de Producción.** Aportan una información precisa de los intercambios energéticos en el interior del ecosistema. Cada peldaño es proporcional a la energía utilizada por cada nivel (medida en  $\text{cal}/\text{m}^2$  o  $\text{Kcal}/\text{m}^2$  de superficie); y por tanto aporta información de cuál es la energía que un nivel trófico deja a disposición del nivel trófico siguiente.

Como en el paso de un escalón de la cadena trófica al siguiente la eficiencia es de aproximadamente el 10%, las pirámides de energía nunca pueden ser invertidas (ya que la energía disminuye a medida que avanzamos en los diferentes escalones tróficos).

La ventaja de este tipo de pirámides es que **permiten comparar la producción** de ecosistemas tan diferentes como lo son un desierto y un bosque tropical. Los ecosistemas de mayor producción son los arrecifes de coral, los estuarios y los bosques tropicales, mientras que los más pobres son los desiertos y las aguas del centro de los océanos.

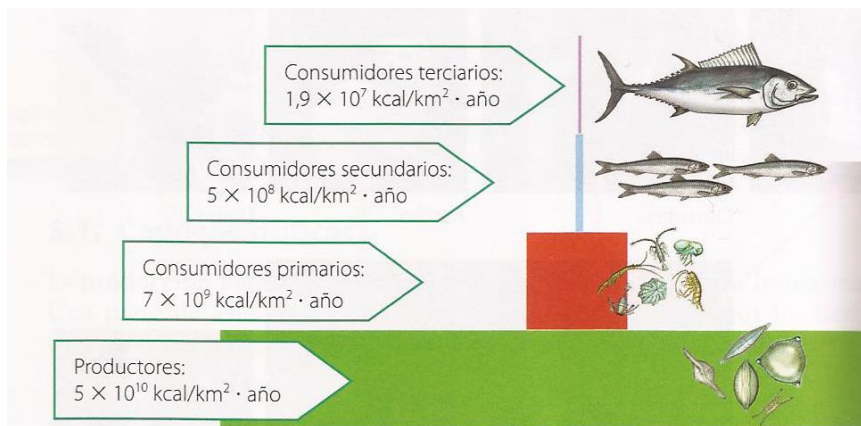


Figura 8: Pirámide de energía o producción.

## Parámetros Tróficos.

Se denominan **Parámetros Tróficos** a las medidas que permiten evaluar la rentabilidad de los distintos Niveles Tróficos o del Ecosistema.

A continuación, en la siguiente figura se muestra cual es el flujo de energía en una cadena trófica.

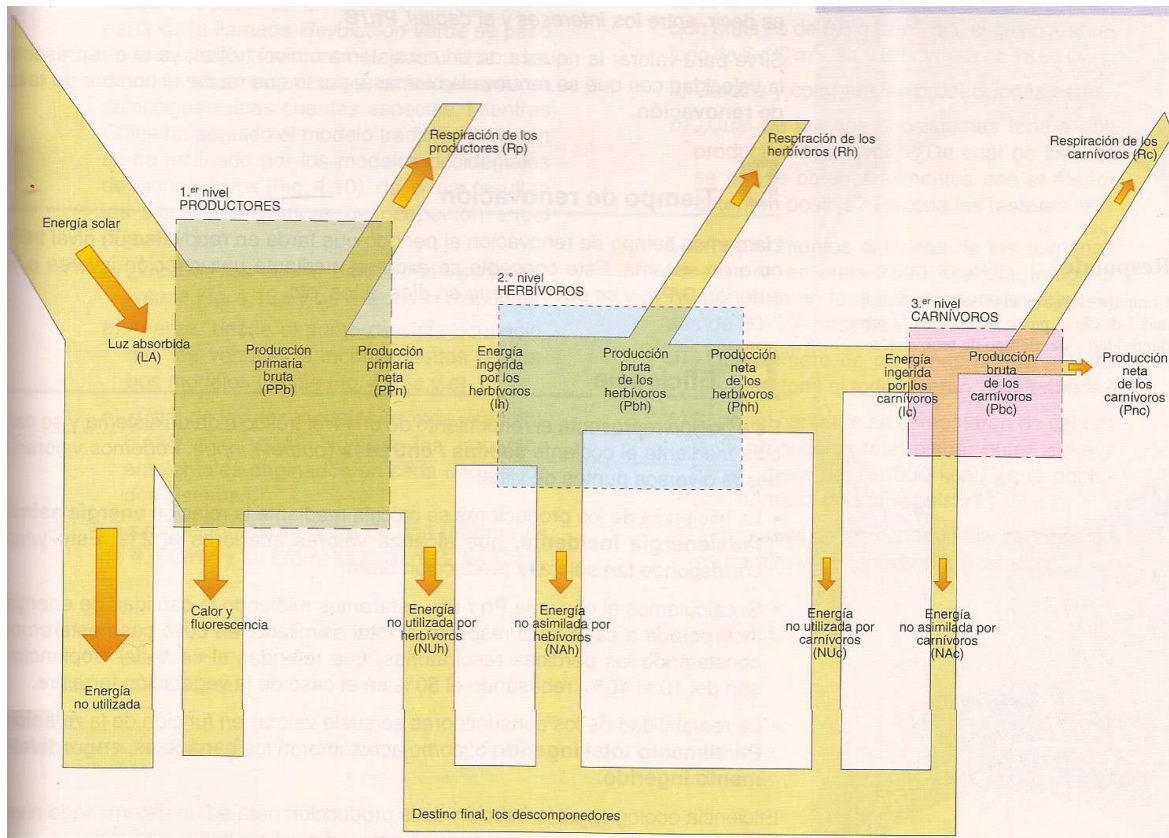


Figura 9: Flujo de energía a lo largo una cadena trófica.

La energía que pasa de un escalón a otro es aproximadamente el 10% de la acumulada en él (**Regla del 10%**). La energía en su mayor parte se pierde en la respiración celular. Aproximadamente entre el 80-90% de la energía se utiliza para el mantenimiento, crecimiento y reproducción de los organismos que constituyen el nivel trófico.

Dentro de los **parámetros tróficos** destacan:

- **BIOMASA (B).**

La **Biomasa** es la cantidad de materia generada por unidad de volumen o superficie y que puede ser utilizada como fuente directa o indirecta de energía. Se expresa en peso (seco o húmedo) o Kcal por unidad de volumen o superficie. Ejemplos: g/cm<sup>3</sup>, g/ha o Kcal/ha, etc.

Se diferencia:

- *Biomasa Primaria*. Es la cantidad de biomasa generada directamente por los organismos autótrofos (fotosíntesis y quimiosíntesis).
- *Biomasa Secundaria*. Es la cantidad de biomasa generada por los heterótrofos.

(**Curiosidad:** Se denomina *Biomasa Residual* a la formada como resultado de algún tipo de actividad humana. Puede ser de origen primario (serrín, paja, etcétera) o secundario (estiércol, residuos urbanos, etc.)).

#### – **PRODUCCIÓN (P).**

Es el incremento de la biomasa de un ecosistema o de uno de sus niveles tróficos en un periodo de tiempo. La producción es una medida del flujo de energía que recorre el ecosistema (o cada nivel trófico), por unidad de superficie (o volumen) y de tiempo.

Se expresa en: mg/cm<sup>2</sup>/día; mg/cm<sup>3</sup>/día; g/cm<sup>2</sup>/año; g/ha/año; cal/m<sup>2</sup>/día; Kcal/ha/año, etc.

Se diferencia:

- **Producción Primaria**. Es la cantidad de energía lumínica transformada en energía química por los vegetales. Se distinguen dos tipos:
  - ✓ *Producción Primaria Bruta* (PPB). Es la síntesis total de materia orgánica (biomasa) realizada por los autótrofos, por unidad de tiempo (día o año), incluyendo la materia consumida en los procesos de respiración (metabolismo) (R): **PPB= PPN + R**
  - ✓ *Producción Primaria Neta* (PPN). Es la cantidad de materia orgánica resultante una vez se ha descontado el consumo por la respiración. La PPN representa la cantidad de alimento (o de energía) que queda a disposición de los herbívoros (consumidores primarios): **PPN= PPB – R**

En conjunto, la biosfera utiliza menos del uno por mil de la energía del Sol que alcanza la superficie de la Tierra. Tan baja eficiencia se debe a una serie de factores que limitan o regulan la producción de los organismos autótrofos. Los más importantes son la *luz* y el *estado de sus estructuras fotosintéticas*, el *agua*, la *disponibilidad de nitrógeno y fósforo* en el medio, la *temperatura* y la *cantidad de CO<sub>2</sub>*.

- **Producción Secundaria.** Es la cantidad de energía que hay almacenada en los tejidos de los organismos heterótrofos. Se distinguen:
  - ✓ Producción Secundaria Bruta (PSB). Es la cantidad de alimento asimilado respecto a la cantidad de alimento ingerido.

(**Curiosidad:** Los heterótrofos no asimilan la totalidad del alimento que consumen. En el caso de los herbívoros, la porción no asimilada puede llegar a representar hasta el 90% y será expulsada en forma de excrementos. Por el contrario, los carnívoros son más eficientes, ya que asimilan hasta un 75% del alimento que ingieren, aunque los valores normales están comprendidos entre el 30 y el 40%).

- ✓ Producción Secundaria Neta (PSN). Es la cantidad de energía que un nivel trófico deja a disposición del nivel trófico siguiente.

El **balance energético** se puede esquematizar en estas igualdades:

**Energía química ingerida** = Energía química asimilada + Energía química de los excrementos

**Energía química asimilada** = Energía química para el crecimiento, excreción y reproducción + Energía calorífica disipada en la respiración.

#### – PRODUCTIVIDAD (p).

La **Productividad** de un ecosistema, o de uno de sus niveles tróficos, consiste en la relación entre la *producción* (P) y la *biomasa* mantenida (B) por unidad de superficie:

$$p = P/B$$

La **Productividad** es un índice que mide:

- la velocidad de renovación de la biomasa
- la eficiencia en la transferencia de energía entre los niveles tróficos.

El mayor grado de organización y estabilidad del ecosistema va unido a una baja velocidad de renovación de sus elementos, a una disminución del flujo de energía que lo atraviesa y a un aumento de la biodiversidad.

*Un ejemplo real es un **bosque maduro**. Un bosque maduro presenta una gran cantidad de biomasa que mantiene constante. Se puede aceptar que toda la energía que le llega se emplea en su automantenimiento y no se produce un aumento de materia y energía. Cada nivel trófico consume la producción neta del nivel precedente, sin variar la biomasa.*

(**Nota:** Hay que tener cuidado porque algunos ecólogos utilizan la terminología producción y productividad indistintamente, lo que puede llevar a confusión).

Destacan:

- **Productividad Bruta (pB)**:  $pB = PB/B$
- **Productividad Neta o Tasa de Renovación (r)**:  $r = PN/B$ . Puede variar entre 0 y 1 en tanto por uno.
- **Tiempo de Renovación (tr)**:  $tr = B/PN$

La **Productividad Neta** señala la velocidad de renovación de la biomasa del ecosistema o nivel trófico. Puede variar entre 0 y 1 (como valor máximo= 100%). *La productividad es muy elevada en el plancton, dado que sus poblaciones se renuevan con mucha rapidez, debido a su alta tasa de reproducción. Su productividad puede alcanzar hasta el 100% ( $p=1$ ). Sin embargo, en el caso del bosque maduro (visto anteriormente) la productividad es muy baja pudiéndose considerar casi del 0% ( $p=0$ ).*

– **EFICACIAS O EFICIENCIAS ECOLÓGICAS (E.E.).**

Se define **Eficiencia Ecológica** como la relación entre la energía asimilada en un nivel trófico y la asimilada en el nivel trófico anterior (en %). La Eficiencia Ecológica es el aprovechamiento de la energía que se transfiere de un nivel trófico al siguiente, es decir, mide el rendimiento energético de un nivel trófico o un ecosistema completo.

Se diferencia:

- **Eficiencia Ecológica de los Productores**:  $PB/LT \times 100$
- **Eficiencia Ecológica Consumidores**:  $(PN/PN \text{ nivel anterior}) \times 100$

Donde: *PB*: Producción Bruta (Energía asimilada por los organismos autótrofos);  
*LT*: Luz Total (Energía incidente); *PN*: Producción Neta.

**VER ANEXO V. ACTIVIDADES RESUELTAS PUNTO 4.**

## 5. AUTORREGULACIÓN DEL ECOSISTEMA: AUTORREGULACIÓN DE POBLACIONES Y COMUNIDADES.

Como ya vimos, un **ecosistema** está constituido por componentes que se estructuran en dos grupos: los *seres vivos o biocenosis* y el *medio físico o biotopo*, que se relacionan mediante flujos de materia y energía, y que mantienen más o menos su apariencia a lo largo del tiempo.

Si las condiciones cambian, los ecosistemas responden acomodándose a las nuevas circunstancias. Ésta es una de las manifestaciones de una característica subyacente y propia de cualquier sistema: **la autorregulación**.

Tras un cambio, el ecosistema **se reequilibra** y **se reestablecen** los flujos de materia y energía. Se trata de un **proceso autoorganizativo** que sólo responde a las necesidades de las poblaciones.

### 5.1. DINÁMICA Y AUTORREGULACIÓN DE LAS POBLACIONES.

El estudio de los cambios que se producen en el tamaño de una población se conoce como **Dinámica de las poblaciones**.

El tamaño de las poblaciones en la naturaleza no se mantiene constante, sino que varía con el tiempo. La **tasa de crecimiento de una población** depende de los nacimientos y la inmigración, que aumentan su tamaño, y de las muerdes y la emigración, que lo disminuyen.

$$N_{\text{futuro}} = N_{\text{ahora}} + n - m + I - E$$

Donde: **N**: número de individuos totales en la población; **n**: nº de nacimientos; **m**: nº de muertos; **I**: nº de Inmigrantes; **E**: nº de emigrantes

### Curvas de Supervivencia.

La Mortalidad no es constante a lo largo del ciclo vital. Para su estudio se construyen **Curvas de Supervivencia**, en las que se refleja como desciende el número de supervivientes en función de la edad. Nos indica por lo tanto la **esperanza de vida** de cada especie.

Las Curvas de Supervivencia suelen ajustarse a 3 modelos básicos: **Tipo I**, **Tipo II** y **Tipo III**.

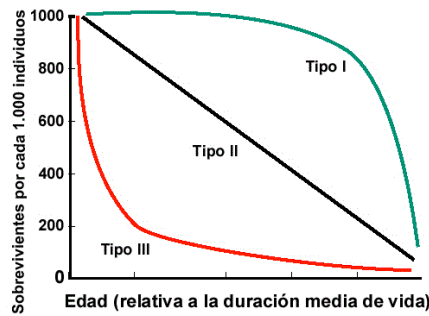


Figura 10: Curvas de supervivencia

- **Tipo I.** La supervivencia de la especie disminuye acentuadamente en la última fase de la vida. *Ejemplo: Especie humana.*
- **Tipo II.** La supervivencia disminuye de forma constante a lo largo de toda la vida. *Ejemplo: Aves.*
- **Tipo III.** Se produce una gran mortalidad en fases tempranas del ciclo vital. *Ejemplo: Peces.*

### Distribución de Edades. Pirámides de Edad.

La **edad** de los individuos está influenciada fundamentalmente por la natalidad y la mortalidad. Para analizar la situación de una población se clasifican a los individuos en 3 grupos: *Pre-Reproductivo*, *Reproductivo* y *Post-Reproductivo*.

Una forma de representar la distribución por edades es mediante **Pirámides de Edad**.

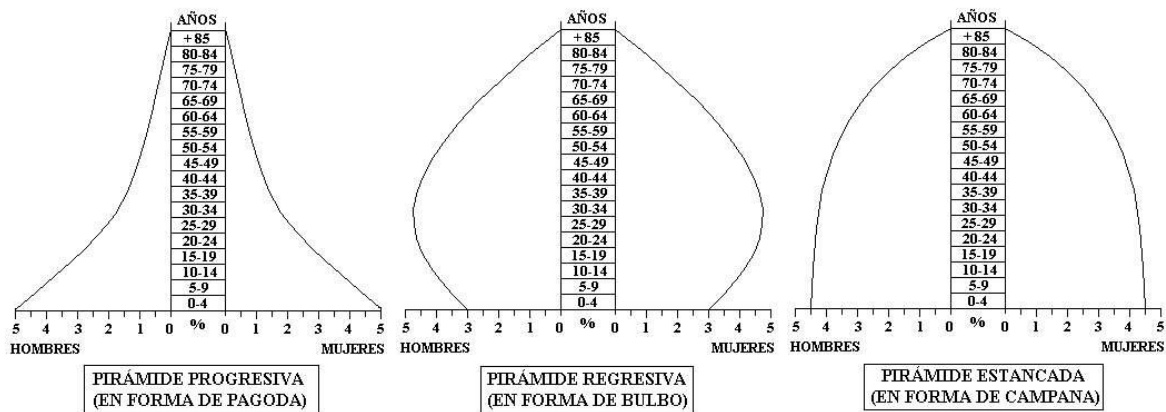


Figura 11: Pirámides de edad.

Se diferencian 3 tipos de Pirámides de Edad:

- **Pirámide Progresiva.** Muestra una población en expansión, la cual presenta una alta tasa de natalidad, predominante individuos jóvenes (Pre-Reproductivos), mientras que el grupo post-reproductivo es pequeño.



- **Pirámide Regresiva.** Muestra una población en retroceso, con una tasa de natalidad muy baja, y por tanto un grupo pre-reproductivo muy pequeño, el grupo reproductivo es grande, y el post-reproductivo va en aumento.
- **Pirámide Estancada.** Muestra una población estable, donde los grupos de edad pre-reproductiva y reproductiva son de tamaño parecido y elevado, y los individuos post-reproductivos es algo menor pero también es un número elevado.

## **El Crecimiento de una Población.**

Los seres vivos tienen el impulso de reproducirse y dejar el mayor número posible de descendientes. En condiciones ideales, esto lleva a un aumento exponencial del tamaño de una población.

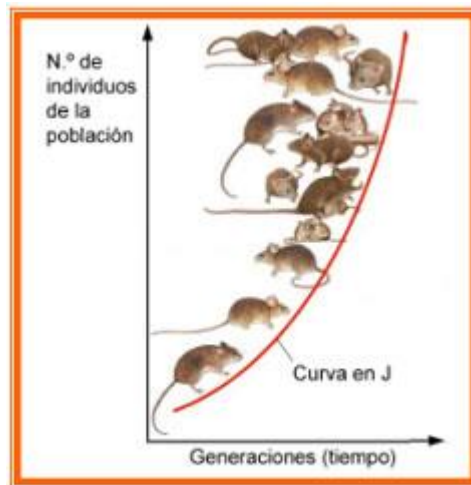


Figura 12: Crecimiento exponencial de una población de ratones. Curva en J.

Sin embargo en condiciones reales hay muchos factores que cambian esta previsión. Así, una población no crece de forma indefinida sino que tiene una regulación; esta regulación se debe fundamentalmente a las relaciones intra e interespecíficas que se establecen entre los organismos (competencia, depredación, etc.); así como a la presencia de enfermedades que afectan también a dicho crecimiento.

Imaginemos que el crecimiento de una población depende de la capacidad de sus individuos de reproducirse a un cierto ritmo, lo que se conoce como **Potencial Biótico o Tasa Intrínseca de crecimiento de la población ( $r$ )**, y de las condiciones del medio que se oponen al aumento de individuos, es decir, la **Resistencia Ambiental**. El teórico crecimiento exponencial cambia y la población crece según una **Curva Sigmoidal** o, lo que es lo mismo, mantiene un crecimiento logístico.



Figura 13: Crecimiento de una población siguiendo una curva exponencial y sigmoide.

El **potencial biótico (r)** depende del número de nacimientos y muertes que ocurren en una población y de la fertilidad de cada edad. El primer valor hace aumentar el número de individuos que pueden alcanzar la edad reproductiva, el segundo valor lo disminuye, y el tercero mide la cantidad de descendientes que puede dejar un individuo de cierta edad.

En 1838, Pierre-François Verhulst, matemático belga, propuso que sin resistencia ambiental el **crecimiento de la población** sería proporcional a la de su densidad (el número de individuos en un momento dado) y al potencial biótico (Modelo de Crecimiento Exponencial).

$$dN/dt = r \cdot N = (n - m) \cdot N$$

Donde: **N**: tamaño población; **t**: tiempo; **r**: tasa intrínseca de crecimiento o potencial biótico; **n**: tasa instantánea de nacimientos; **m**: tasa instantánea de muertes.

Sin embargo, si se considera la **resistencia ambiental**, representada como la diferencia entre la población existente y el máximo número que puede soportar el ecosistema, lo que se conoce como **Capacidad de Carga (K)**, la expresión queda como sigue (Modelo de Crecimiento Logístico):

$$dN/dt = r \cdot N \cdot [(K - N)/K]$$

Donde: **K**: capacidad de carga (Tamaño máximo de la población que el ambiente soporta).

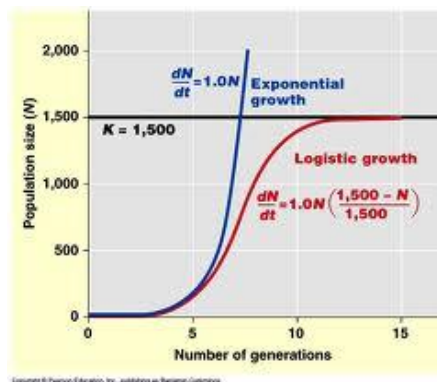


Figura 14: Crecimiento de una población con crecimiento sigmoide.

El término de la ecuación  $(K-N)/N$  puede considerarse como el efecto de la competencia intraespecífica que se produce debido al crecimiento de una población, fundamentalmente a lo que se refiere en la competencia por la comida y el espacio.

En función a todo esto, se encuentran especies con dos tipos de estrategias de crecimiento: los **Estrategas de la r (o r-Estrategas)** y los **Estrategas de la K (o k-Estrategas)**:

### Características de los r-Estrategas:

- Su tasa de reproducción es alta pero la supervivencia de la descendencia es baja.
- Tienen un tiempo de vida corto, generalmente menor de un año.
- El tamaño de la población presenta fuertes fluctuaciones en el tiempo y se mantiene por debajo de la capacidad de carga. Cuando las condiciones son adecuadas, se reproducen rápidamente, y cuando son hostiles, su número disminuye de manera drástica.
- Suelen ser especies generalistas.
- Habitan en ecosistemas inestables o en sus primeras etapas de desarrollo.

### Características de los k-Estrategas:

- Su tasa de reproducción es baja, y la supervivencia de la descendencia es elevada.
- La mayoría de los individuos alcanza la edad adulta.
- El tamaño de la población se estabiliza alrededor de la capacidad de carga. Si disminuye mucho su tamaño, pueden encontrarse en peligro de extinción.
- Son especies especialistas.
- Están adaptadas a vivir en ambientes estables.

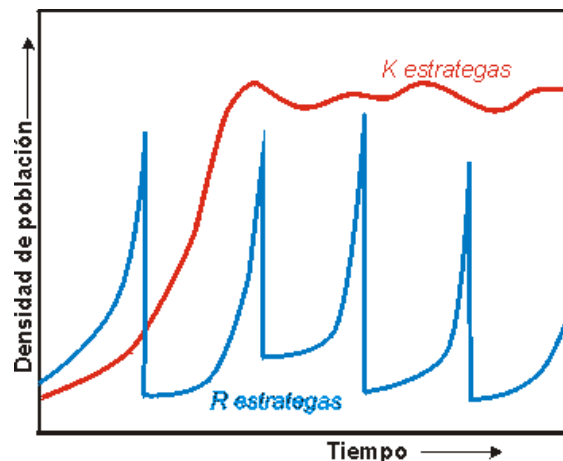


Figura 15: Representación gráfica del crecimiento de estrategias de la r y estrategias de la k.

## **Relaciones Intraespecíficas.**

Las **relaciones intraespecíficas** son las que se establecen entre individuos de la misma especie. Pueden ser **relaciones perennes**, si la asociación dura toda la vida de los individuos, o **relaciones temporales**, si se mantienen solo durante un cierto periodo de tiempo.

Las relaciones intraespecíficas pueden ser beneficiosas para los individuos, si facilitan la protección, la obtención de alimento, la reproducción, etc., o pueden ser perjudiciales, si originan la competencia por un determinado recurso, como la luz, el espacio, el alimento; así como para la reproducción.

Los **tipos** de relaciones intraespecíficas son:

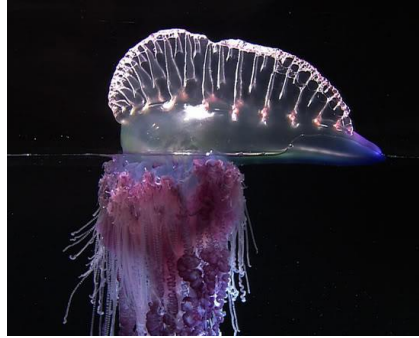
- **Asociaciones familiares:** Se establecen entre los progenitores y la descendencia. En algunas ocasiones uno o ambos progenitores abandonan a las crías, en cuyo caso la asociación puede estar formada únicamente por estas. *Ejemplos: muchas aves y mamíferos alimentan y cuidan a sus crías. En algunos casos, la asociación familiar se mantiene cuando esas son adultas, llegando a formarse una asociación gregaria.*



- **Asociaciones gregarias:** Son asociaciones, permanentes o no, de individuos que se agrupan para obtener protección, migrar, conseguir alimento, aparearse, etc. *Ejemplo: los cardúmenes de peces son asociaciones gregarias que facilitan la protección de los individuos.*



- **Asociaciones coloniales:** Son asociaciones permanentes, resultado de la reproducción asexual de un progenitor. Si todos los individuos son iguales, se llaman homomorfas; si presentan diferentes aspectos según la función que realizan, la asociación se denomina heteromorfa. *Ejemplos: la carabela portuguesa (Physalia physalia) y los arrecifes de coral son colonias heteromorfas.*



- **Asociaciones estatales:** Son sociedades de individuos en las que hay una jerarquía y una división de trabajo. Periódicamente parte del grupo puede escindirse y formar otra sociedad. *Ejemplos: las hormigas, las termitas, las abejas y en general los insectos sociales forman este tipo de asociaciones.*



- **Territorialidad:** La territorialidad es una relación intraespecífica en la que un individuo o un grupo ocupan una determinada zona impidiendo que otros individuos de su misma especie se establezcan. La ocupación exclusiva de ese territorio evita la competencia por los recursos y facilita la reproducción. Ejemplos: muchas aves territoriales delimitan su territorio mediante el canto; o los zorros delimitan su territorio mediante sus excrementos.



- **Competencia:** Se produce cuando varios individuos de la misma especie tratan de obtener el mismo recurso, ya sea la luz, el alimento, el espacio, la posibilidad de aparearse, etc. Ejemplo: los enfrentamientos entre machos para lograr aparearse con una hembra son frecuentes en muchos animales.



## Valencia Ecológica.

Cada especie se desarrolla dentro de unos determinados valores de cada uno de los factores del medio, lo que se conoce como Valencia Ecológica. La escasez o la demasía de alguno de los factores o elementos del medio pueden dar lugar a que éste se comporte como factor limitante para el crecimiento de una determinada especie.

Se define **Valencia Ecológica** como el intervalo de tolerancia de una especie respecto a un factor cualquiera del medio: luz, temperatura, humedad, fósforo, nitrógeno, pH, etc.

El crecimiento de cada especie está supeditado a unos valores, máximo y mínimo, de cada uno de los factores del medio en el que se desarrolla, es decir, posee una valencia determinada.

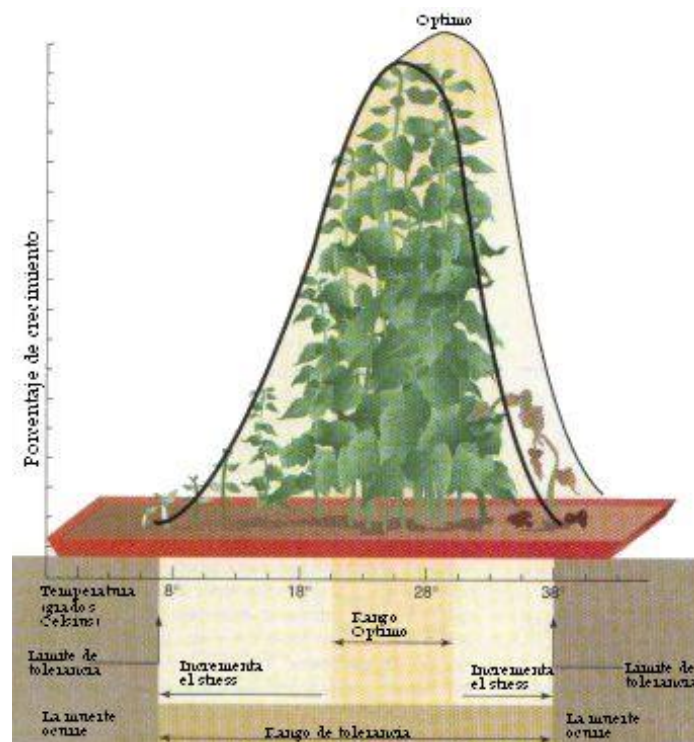


Figura 16: Representación de la valencia ecológica de una planta al factor temperatura.

Desde el punto de vista de la **amplitud de la valencia ecológica**, podemos considerar dos tipos de especies diferentes:

- **Especies eurioicas:** Aquellas poco exigentes respecto a los valores alcanzados por un determinado factor, es decir, poseen valencias ecológicas de gran amplitud. Sin embargo, el número máximo de individuos no suele ser muy elevado. Las especies eurioicas suelen ser r-Estrategas, que son generalistas, es decir, son más tolerantes a las variaciones de las condiciones del medio, aunque su abundancia sea menor.
- **Especies estenoicas:** Aquellas que son muy exigentes respecto a los valores alcanzados por un determinado factor, es decir, que presentan unos límites de tolerancia estrechos. Sin embargo, cuando se dan las condiciones óptimas, el número de individuos es bastante elevado. Las especies estenoicas suelen ser k-Estrategas, que son más especialistas, es decir, responden de modo más eficaz cuando las condiciones del medio son propicias.

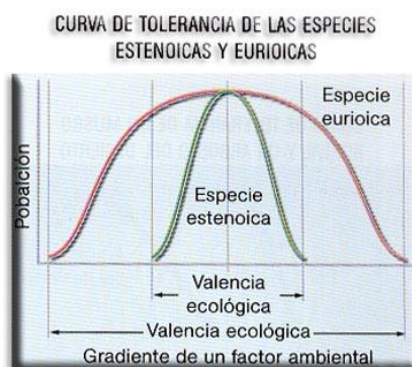


Figura 17: Curva de tolerancia de las especies estenoicas y eurioicas.

PARÁMETROS MÁS HABITUALES	Tipo de organismo según rango de tolerancia (valencia ecológica)	
	AMPLIO	ESTRECHO
Temperatura	Euritermo	Estenotermo
Salinidad	Eurihalino	Estenohalino
Humedad	Eurihigro	Estenohigro

Tabla 1: Términos empleados en función al rango de tolerancia de los parámetros más habituales.

## 5.2. DINÁMICA Y AUTORREGULACIÓN DE LAS COMUNIDADES.

Las poblaciones no se encuentran aisladas en el medio en el que habitan, sino que se relacionan con otras con las que comparten el territorio, constituyendo una **comunidad o biocenosis**.

La coexistencia de poblaciones diferentes en un ecosistema genera una serie de interacciones, de las que depende la evolución simultánea de todas ellas. Dichas interacciones actúan como **factores limitantes bióticos**, que al permitir la existencia de unas en detrimento de otras, van a contribuir a la estabilidad del conjunto.

### Relaciones Interespecíficas.

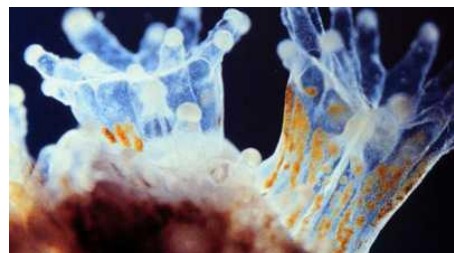
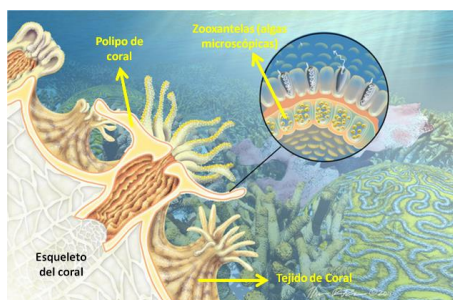
Las **relaciones interespecíficas** son las que se establecen entre individuos de especies diferentes. En ellas cada uno de los individuos implicados puede resultar perjudicado (lo que se señala con un signo negativo), beneficiado (se indica con un signo positivo) o la relación puede resultar neutra, lo que se expresa con un cero (0).

Los **tipos** de relación interespecífica son:

- **Mutualismo (+,+)**: Relación no permanente ni obligatoria entre dos especies en las que ambas resultan beneficiadas por la presencia o la actividad de la otra. *Ejemplo: Los tentáculos de la anémona constituyen un refugio para el pez payaso. Por su parte, el pez payaso ahuyenta a los posibles depredadores de la anémona.*



- **Simbiosis (+,+)**: Relación permanente y obligatoria entre dos especies en la que ambas resultan beneficiadas. *Ejemplo: Las algas unicelulares zooxantelas viven en simbiosis dentro de los tejidos de los corales, a los que proporcionan los productos de la fotosíntesis. Las zooxantelas obtienen el beneficio de un entorno estable.*





- **Competencia (-,-)**: Dos especies compiten por un mismo recurso y ambas resultan perjudicadas. *Ejemplo: Algunos herbívoros de la sabana que se alimentan de pasto, compiten por este recurso.*



- **Parasitismo (+,-)**: El parásito se alimenta del huésped sin causarle la muerte a corto plazo, pero produciéndole un perjuicio. *Ejemplo: El mosquito es un ectoparásito, es decir, un parásito que se sitúa en el exterior del huésped, desde donde le extrae la sangre. El mosquito, a su vez, puede estar infestado por ectoparásitos como ácaros, que en este caso reciben el nombre de hiperparásitos.*



- **Depredación (+,-)**: La especie depredadora se alimenta de la presa, causándole la muerte. *Ejemplo: El guepardo es un depredador que captura a sus presas a la carrera.*



- **Comensalismo (+,0)**: El comensal se alimenta de materia procedente del huésped sin causarle perjuicio. Ocasionalmente el comensal puede proporcionar algún tipo de beneficio al huésped, por ejemplo, al competir con especies que podrían ser parásitas. *Ejemplo: la rémora es un pez que se adhiere a otro, con frecuencia a un tiburón, y se alimenta de los restos de comida que este desecha.*



- **Inquilinismo (+,0)**: La especie inquilina encuentra cobijo en alguna estructura del huésped. El inquilino resulta beneficiado, y al huésped le resulta indiferente. *Ejemplo: Muchas aves construyen sus nidos en ramas de árboles y arbustos.*



- **Amensalismo (-,0)**: Una especie produce un perjuicio a otra sin obtener por ello ningún perjuicio ni beneficio. *Ejemplo: En un bosque, los árboles pueden impedir la llegada de la luz al nivel del suelo. Esto perjudica a las hierbas y arbustos sin que el árbol resulte por ello beneficiado.*



VER DEFINICIONES RELACIONES INTERESPECÍFICAS PAU EN ANEXO III.

## **6. SUCESIÓN ECOLÓGICA Y CONCEPTO DE MADUREZ.**

Seguramente habrás observado que un campo abandonado se llena de maleza. Entonces te resultará fácil deducir que si el tiempo se prolongara lo suficiente, se terminaría formando un bosque. Esto te da idea de lo que se entiende por el término **sucesión ecológica**, que son los cambios producidos en los ecosistemas a lo largo del tiempo. Los ecosistemas, como cualquier sistema dinámico, han de pasar por estas modificaciones.

**Definición de Sucesión Ecológica (Sutton y Harmon):** Sucesión ecológica es un proceso dinámico resultante de las interacciones entre los factores bióticos y abióticos en el tiempo, que da lugar a la formación de un ecosistema complejo y estable.

Por otro lado, se define **Madurez Ecológica** como el estado en el que se encuentra un ecosistema en un momento dado del proceso de sucesión ecológica. Dicho proceso da comienzo en unos estadios iniciales y poco maduros, en los que una comunidad sencilla y poco exigente coloniza un territorio sin explotar, y llega hasta los estadios más avanzados y maduros de biocenosis más organizadas.

El último nivel de complejidad recibe el nombre de **Comunidad Clímax**, que representa el grado de máxima madurez, de equilibrio con el medio, al que tienden todos los ecosistemas naturales.

Los ecosistemas pueden sufrir un proceso inverso a la sucesión por causas naturales (una erupción volcánica o un cambio climático) o provocadas por el hombre (incendios, deforestación, etc). Este proceso de vueltas atrás, rejuvenecimiento o involución de un ecosistema, se conoce como **Regresión**.

### **6.1. TIPOS DE SUCESIONES.**

En función del estado a partir del cual se inicia la sucesión podemos distinguir dos tipos de sucesiones: **Sucesión Primaria** y **Sucesión Secundaria**.

#### **SUCESIÓN PRIMARIA.**

Una **sucesión primaria** comienza sobre un terreno virgen. Ejemplos de esto son los campos de lava, roca desnuda o dunas de arena.

**La sucesión comienza con la colonización por vegetales.** Primero aparecen especies de pequeño tamaño, como los *líquenes*, que enraízan fácilmente y sujetan las partículas del suelo. Estas especies se denominan **pioneras**, y son poco exigentes en cuanto a sus requerimientos de recursos. Poco a poco, estas especies van colonizando el lugar y aumento del grosor del suelo, permitiendo que se asienten especies de mayor porte, como las *herbáceas*, a las que le siguen las *matas* y finalmente los *árboles*. Las etapas finales de la sucesión se caracteriza por la presencia de **especies especialistas**.

Asociado a este proceso se desarrolla un proceso similar con otras **especies no vegetales**. Al principio son organismos unicelulares o pluricelulares de pequeño tamaño, más tarde aparecen pequeños artrópodos y así, poco a poco irán colonizando el ecosistema en desarrollo los animales de mayor tamaño.

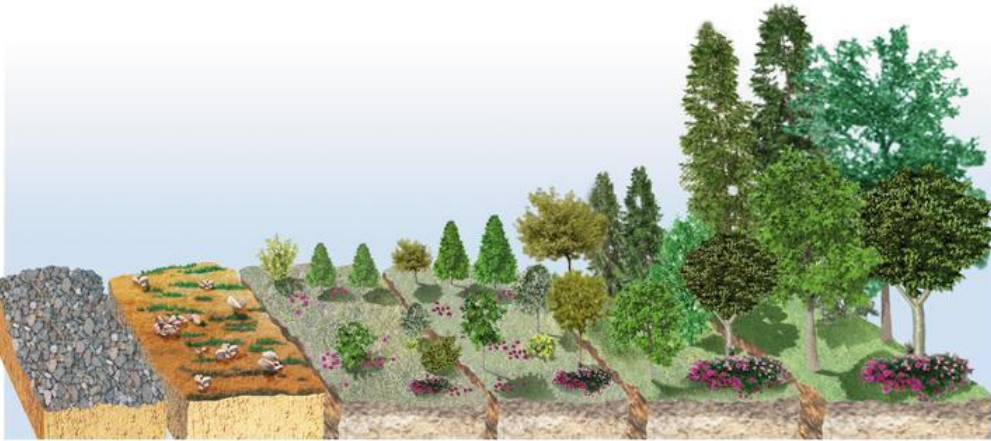


Figura 18: Desarrollo de la vegetación y del suelo en una sucesión primaria. No debemos olvidar que existe un desarrollo paralelo de una fauna asociada, aunque no esté representado.

### **SUCESIÓN SECUNDARIA.**

Una **sucesión secundaria** se produce cuando desaparece una comunidad existente en una zona pero aún se conserva un suelo bien desarrollado con seres vivos o sus formas de dispersión o de resistencia.

El proceso dependerá del grado de la perturbación (incendio, cultivo, tala de árboles, formación de una charca, etc). A partir de ahí, se irán sucediendo las especies hasta alcanzar el estado clímax. Esta sucesión da comienzo a partir de los individuos que resistieron a la perturbación, así como de las formas de resistencia o dispersión (semillas, frutos, esporas, etc.) que sobrevivan.

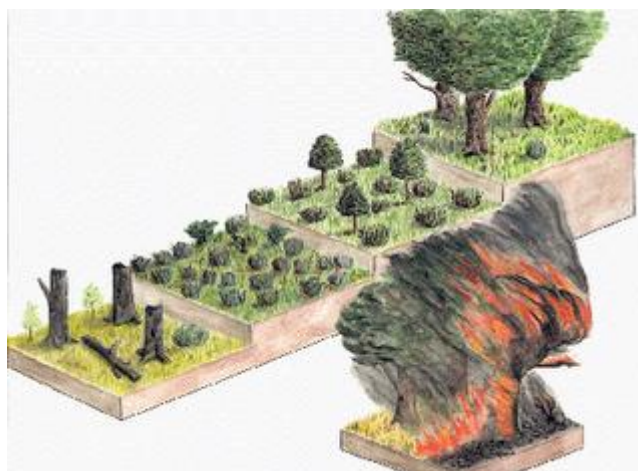


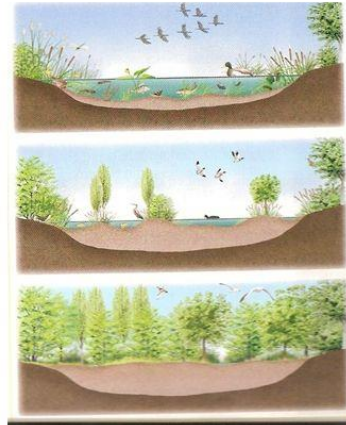
Figura 19: Sucesión secundaria después de una perturbación importante del terreno (incendio)

## Sucesión Primaria



Se inicia de cero; es decir, si no ha estado colonizada por organismos antes.

## Sucesión Secundaria



Establecido en una zona en la que anteriormente existía una comunidad, pero que ha sido eliminada.

Figura 20: Comparación de una sucesión primaria y una sucesión secundaria.

### **6.2. LOS CAMBIOS EN LAS SUCESIONES.**

Independientemente del tipo de sucesión que se desarrolle, todas ellas muestran un patrón general de complejidad:

- **Aumento de la diversidad de especies.** El número de especies iniciales es bajo, pero aumenta conforme se produce la colonización.
- **Sustitución de especies.** Las especies que inician la sucesión son mayoritariamente r-Estrategas. Al avanzar la sucesión, van siendo sustituidas por k-Estrategas, que compiten mejor en condiciones más estables.
- **Aumento del número de nichos ecológicos.** Conforme aparecen especies y van modificando el entorno, aumenta el número de interacciones y de características específicas. Cada vez se produce con mayor intensidad la exclusión competitiva.
- **Aumento de la estabilidad.** La exclusión competitiva de las especies menos capaces provoca que cada especie vaya ocupando el nicho para el que está adaptada. Esto elimina los nichos vacíos y cada vez hay menos sustitución de especies, es decir, el ecosistema es más estable. De esta forma, aumenta su resistencia frente a las perturbaciones y a su **resiliencia**, es decir, a la capacidad de recuperación tras una perturbación.

- **Aumento de la biomasa.** Esto se debe al aumento del número de especies, del número de individuos que admite el ecosistema y al de especies arbóreas.
- **Equilibrio entre la respiración y la producción primaria global.** Al avanzar la sucesión se sustituye las especies r, que necesitan mucha producción para mantener a sus poblaciones, por las k, que necesitan menos, lo que equilibra el balance.

VER ANEXO VI. EJERCICIOS RESUELTOS PUNTO 6.

## 7. LA BIODIVERSIDAD.

Tradicionalmente se entiende por **diversidad biológica o biodiversidad** la riqueza o variedad de las especies de un ecosistema y a la abundancia relativa de los individuos de cada especie.

Según esta definición, al comparar dos ecosistemas, será más diverso no sólo el que tiene un mayor número de especies sino, además, el que tenga un mayor número en individuos por especie. Un ecosistema diverso es un ecosistema más estable, debido al gran número de relaciones causales que se establecen entre las especies.

Tras la Conferencia de Río de Janeiro de 1992, en el término de **biodiversidad** se engloban **tres conceptos**:

1. **Variedad de especies que hay en la tierra.** Es importante tanto la variedad de especies como la cantidad de individuos de cada especie.
2. **Diversidad de ecosistemas en nuestro planeta.** En la Tierra hay una gran variedad de ecosistemas terrestres y acuáticos.
3. **Diversidad genética.** Los diferentes genes que poseen los individuos les permiten evolucionar, enriquecerse por cruzamiento y adaptarse a las diferentes condiciones ambientales.

### Causas de la pérdida de la biodiversidad.

El aumento de la población humana, unido al incremento de la cantidad de recursos naturales utilizados por personas, constituye el punto desencadenante del problema de la pérdida de biodiversidad, cuyas causas se pueden resumir en tres apartados:

1. **La sobreexplotación:** deforestación con fines madereros, el sobrepastoreo (número de cabezas de ganado superior a la capacidad de regeneración del pasto), la caza y pescas abusivas, el coleccionismo y el comercio ilegal de especies protegidas.
2. **Alteración y destrucción de hábitats, por cambios en los usos del suelo** (*agricultura, ganadería, industria y urbanizaciones*); las extracciones masivas de agua; la fragmentación de hábitats naturales, por la construcción de obras públicas (carreteras, vías de ferrocarril) en el interior de los bosques; la contaminación de las aguas y del aire; el cambio climático; los incendios forestales.
3. **Introducción y sustitución de especies:** la introducción de especies foráneas (de otros ecosistemas distintos); la sustitución de especies naturales por otras obtenidas por selección artificial (por ejemplo, semillas manipuladas genéticamente).

### **Medidas para evitar la pérdida de la biodiversidad.**

La preservación de la biodiversidad se ha convertido en un objetivo prioritario para la consecución del desarrollo sostenible. El 29 de diciembre de 1993 entró en vigor el Convenio sobre la Diversidad Biológica (firmado en la Conferencia de Río de 1992).

La necesidad de la conservación de la biodiversidad ha experimentado un fuerte ascenso, hasta el punto de que la riqueza de cada uno de los países del mundo se valora en tres sentidos: riqueza material o económica, riqueza cultural y riqueza biológica o biodiversidad.

Las **medidas más adecuadas** para evitar la pérdida de la biodiversidad son:

- **Establecer una serie de espacios protegidos:** Parques Nacionales, Parques Naturales, Reservas de la Biosfera, etc.
- **Realizar estudios sobre el estado de los ecosistemas**, como por ejemplo los indicadores PER (Presión, Estado, Respuesta).
- **Decretar y respetar las leyes** promulgadas específicamente para la preservación de las especies y de los ecosistemas.

**VER ANEXO VII. EJERCICIO RESUELTO PUNTO 7.**

## 8. LOS CICLOS BIOGEOQUÍMICOS.

Los **elementos** como el carbono, el oxígeno, el nitrógeno, el hidrógeno, etc., que se encuentran en la biosfera formando parte de la **materia orgánica**, pueden, mediante cambios químicos, pasar a constituir **materia inorgánica** e ir a parar a los otros subsistemas. Los procesos de *disolución*, *oxidación*, *precipitación*, *fotosíntesis*, etc., son los que los llevan de un subsistema a otro.

La atmósfera, la hidrosfera, la corteza terrestre y la biosfera funcionan como maquinarias acopladas que intercambian energía y materia y que transforman de diversas maneras los compuestos químicos que entran en ellas.

Se define **Ciclo Biogeoquímico** como el conjunto de procesos que puede experimentar un elemento químico cuando pasa de un subsistema a otro formando parte de diferentes moléculas.

Desde el punto de vista de las ciencias ambientales los elementos cuyos ciclos biogeoquímicos son más significativos son: el **oxígeno**, el **carbono**, el **nitrógeno**, el **fósforo** y el **azufre**.

### 8.1. EL CICLO DEL OXÍGENO.

El oxígeno es un elemento abundante en los seres vivos. Forma parte del agua y de la mayoría de las moléculas orgánicas. Para los organismos aerobios el oxígeno es imprescindible, ya que lo necesitan para realizar sus procesos metabólicos.

La circulación del oxígeno a través de los distintos subsistemas es compleja, ya que es un elemento muy reactivo, que forma muchos compuestos diferentes y está implicado en diversas reacciones exotérmicas y endotérmicas.

#### En la atmósfera.

El **oxígeno** puede formar moléculas muy diversas, como oxígeno molecular ( $O_2$ ), agua ( $H_2O$ ), distintos óxidos gaseosos ( $CO_x$ ,  $SO_x$ ,  $NO_x$ ) y ozono ( $O_3$ ). La mayor reserva de oxígeno de la Tierra es el oxígeno atmosférico.

La **principal fuente** de oxígeno molecular es la fotosíntesis. Los **procesos que retiran oxígeno** de la atmósfera son fundamentalmente: la respiración, la disolución de oxígeno molecular en el agua y los procesos de meteorización de las rocas.

#### En la biosfera.

Es el subsistema más activo del ciclo del oxígeno. Por una parte, lo produce con la fotosíntesis y, por otra, lo consume con la respiración.

Los organismos descomponedores anaerobios pueden utilizar el oxígeno de los aniones disueltos en el agua, como sulfatos ( $SO_4^{-2}$ ) o nitratos ( $NO_3^{-}$ ), para oxidar



la materia orgánica, produciendo como residuo gases reducidos, como el sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S).

### En la hidrosfera.

La mayor parte del oxígeno está formando moléculas de agua, pero también hay oxígeno molecular y aniones solubles.

Los aniones solubles proceden de sales solubles de la corteza terrestre. Entran a la hidrosfera disueltos en el agua de lluvia y con la escorrentía.

El oxígeno molecular es poco soluble y cuando la actividad fotosintética es muy intensa gran parte escapa a la atmósfera.

### En la corteza terrestre.

El oxígeno forma óxidos metálicos(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, entre otros), silicatos(SiO<sub>4</sub><sup>-4</sup>), nitratos, carbonatos(CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>), etc. Es el elemento más abundante de la corteza y en ella queda temporalmente retenido.

El oxígeno **entra** en este sistema a través de procesos de meteorización química de las rocas y **sale** de él por procesos de disolución.

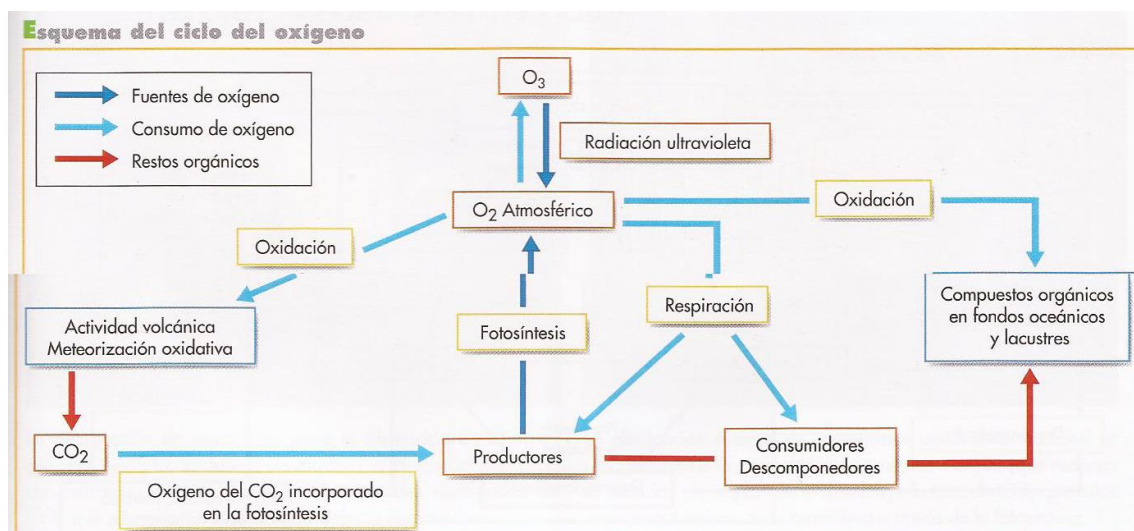


Figura 21: Ciclo del Oxígeno.

## 8.2. EL CICLO DEL CARBONO.

El **carbono** es el tercer elemento más abundante en la biosfera: **forma parte de todas las biomoléculas**. Como elemento estructural es muy versátil, ya que puede formar polímeros lineales, ramificados y cíclicos, y su capacidad para establecer enlaces con el oxígeno y el hidrógeno le permite oxidarse y reducirse con facilidad, liberando o acumulando energía.

### **En la atmósfera.**

La mayoría del carbono está en forma de CO<sub>2</sub>. El metano (CH<sub>4</sub>) procede de la actividad de bacterias anaerobias, y hay también una pequeña porción de gases de origen antrópico, como los clorfluorocarbonados (CFC).

La respiración de los seres vivos, la quema de combustibles fósiles, los incendios forestales, ciertas actividades industriales y las erupciones volcánicas **liberan CO<sub>2</sub> a la atmósfera.**

La fotosíntesis es el proceso que mayor cantidad de CO<sub>2</sub> **retira de ella.**

### **En la biosfera.**

Mediante la fotosíntesis, los organismos autótrofos incorporan el CO<sub>2</sub> presente en la atmósfera o disuelto en el agua a sus moléculas orgánicas. Algunos organismos también lo utilizan para formar sus conchas o exoesqueletos, en forma de carbonatos o bicarbonatos (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>).

Mediante la respiración, los organismos autótrofos y heterótrofos, así como los descomponedores del suelo, liberan de nuevo el CO<sub>2</sub> a la atmósfera. Los incendios forestales, la quema de combustibles fósiles y diversas actividades industriales emiten dióxido de carbono a la atmósfera.

### **En la hidrosfera.**

Como el CO<sub>2</sub> es muy soluble en agua, la mayor reserva del carbono que interviene en el ciclo se encuentra como iones carbonato y bicarbonato en los océanos.

Los procesos físicos de difusión a la atmósfera, la sedimentación de carbonatos y la acumulación de materia orgánica en los sedimentos **retiran** carbono de este subsistema. La disolución desde la atmósfera y la respiración de los seres vivos acuáticos **aportan** CO<sub>2</sub> a la hidrosfera.

### **En la corteza terrestre.**

La gran mayoría del carbono está en las rocas sedimentarias, en forma de carbonatos, cuya gran estabilidad hace que su intervención en el ciclo sea escasa. Las erupciones volcánicas y la disolución de rocas carbonatadas **retiran** carbono de la corteza. La precipitación del carbonato de calcio disuelto en el agua oceánica y continental **aporta** carbono a la corteza.

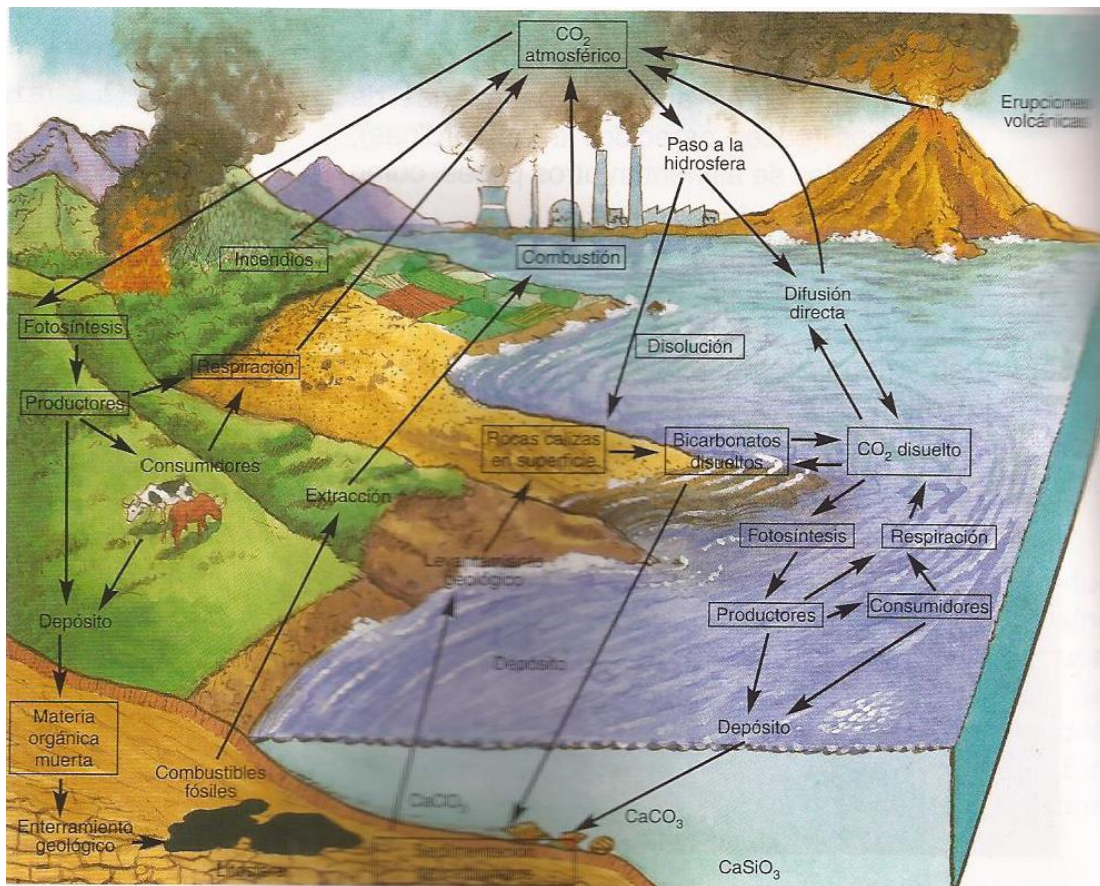


Figura 22: Ciclo del Carbono.

### 8.3. EL CICLO DEL NITRÓGENO.

En los seres vivos el nitrógeno está presente en las proteínas, en el ADN y en diversos elementos constituyentes de los tejidos celulares.

La mayor parte de los procesos del ciclo del nitrógeno ocurren en la biosfera, y en ellos intervienen principalmente las bacterias.

#### En la atmósfera.

En la atmósfera, el principal componente es el nitrógeno molecular ( $\text{N}_2$ ), que constituye casi el 79% de su volumen. También se encuentra como óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ :  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ; Los óxidos se forman espontáneamente a partir del  $\text{N}_2$  durante las tormentas eléctricas, lo que se conoce como **fijación atmosférica**, o bien a partir de emanaciones volcánicas) y amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) de origen natural (emanaciones volcánicas o putrefacción de los organismos) o antrópico.

El nitrógeno atmosférico tiene su origen en la actividad de las bacterias descomponedoras desnitrificantes que viven en ambientes fuertemente anóxicos (fundamentalmente en zonas encharcadas o que experimenta un pisoteo excesivo).

## En la biosfera.

En la biosfera, la mayoría de los seres vivos no pueden asimilar el nitrógeno atmosférico. Las **bacterias fijadoras de nitrógeno**, las **cianobacterias** y las **bacterias nitrificantes** son las que, a través de una serie de procesos, transforman el nitrógeno molecular del aire en nitratos que pueden ser asimilados por los productores.

Los consumidores toman directamente el nitrógeno incorporado en las plantas. Los nitratos y nitritos pueden ser transformados de nuevo en nitrógeno gaseoso por las **bacterias desnitrificantes**, y así liberarse otra vez a la atmósfera.

Diversas actividades humanas, entre las que se encuentran el uso excesivo de fertilizantes, los cultivos de leguminosas, los vertidos de aguas residuales, la quema de bosques y algunas actividades industriales, tienen una influencia importante en este ciclo, ya que el nitrógeno puede pasar a ser un elemento contaminante de la atmósfera y de la hidrosfera, principalmente en las aguas subterráneas.

## En la hidrosfera.

El nitrógeno es poco soluble en el agua. La mayor parte está en forma de nitratos, que pueden ser asimilados por los organismos fotosintéticos. Los restos orgánicos que van a parar a la hidrosfera también aportan nitrógeno a este subsistema.

## En la corteza.

El nitrógeno se encuentra principalmente en forma de sales en las rocas evaporíticas.

Los fenómenos de meteorización transfieren el nitrógeno desde la corteza hacia la biosfera y la hidrosfera. La actividad volcánica lo aporta a la atmósfera.

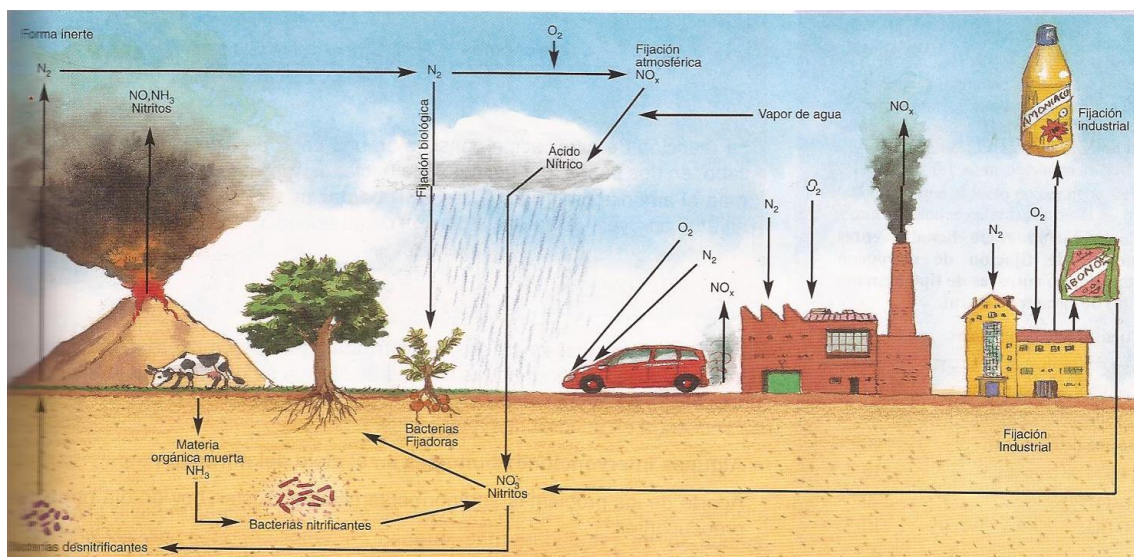


Figura 23: Ciclo del Nitrógeno.

### Fijación Biológica

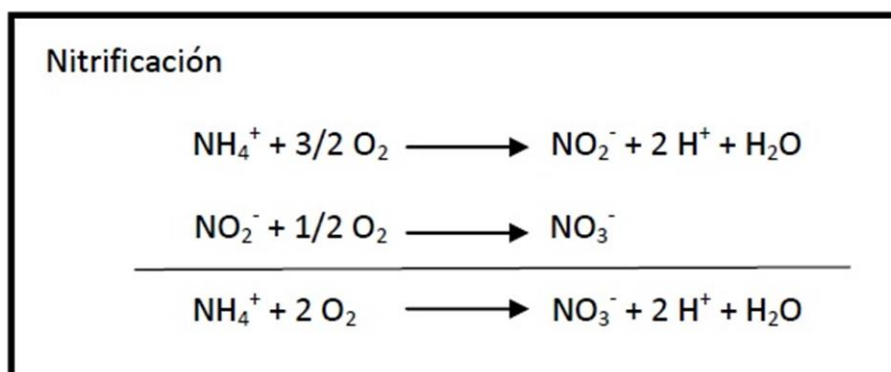
La **fijación biológica** es la captación del nitrógeno molecular (N<sub>2</sub>); se trata de un proceso que tiene una gran importancia económica, ya que estos microorganismos (bacterias y hongos) transforman, de manera gratuita, la forma inerte del N<sub>2</sub> en otra aprovechable por las plantas.

Dentro de las bacterias las hay de vida libre, como el género *Azotobacter*, que vive en el suelo, o las *cianobacterias*, que forman parte del fitoplancton de las aguas. Otras viven en simbiosis con algunas plantas, como es el caso del género *Rhizobium*, presente en las raíces de leguminosas.

Dentro de los hongos, destacamos un actinomiceto del género *Frankia*, que forma nódulos radiculares en ciertos árboles, como el aliso o el árbol del paraíso.

### Nitrificación.

El **proceso de nitrificación** es llevada a cabo por las **bacterias nitrificantes**. Éstas son descomponedores capaces de transformar el NH<sub>3</sub> resultante de los procesos de putrefacción de los organismos vivos, en nitratos asimilables por las plantas según las **reacciones de nitrificación**:



La **reacción de nitrificación** consiste en una serie de oxidaciones llevadas a cabo, en dos pasos, por dos tipos de bacterias: las *Nitrosomonas* que transforman el amoniaco en nitritos (NH<sub>3</sub>/NH<sub>4</sub><sup>+</sup> → NO<sub>2</sub><sup>-</sup>); las *Nitrobacter* que transforman los nitritos en nitratos (NO<sub>2</sub><sup>-</sup> → NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) aprovechables por las plantas como abono.

#### **8.4. EL CICLO DEL AZUFRE.**

El azufre en los seres vivos forma parte de los aminoácidos cisteína y metionina e interviene en la estructura terciaria de las proteínas mediante el establecimiento de puentes disulfuro. Forma parte también de la molécula de acetil-coenzima A, que desempeña varias funciones importantes en el metabolismo aerobio.

##### **En la atmósfera.**

El azufre se encuentra formando distintos óxidos y también como sulfuro de hidrógeno, aunque esta forma es muy inestable y se oxida rápidamente.

El escape a la atmósfera de compuestos de azufre generados por procesos biológicos, la combustión de combustibles fósiles y la actividad volcánica aportan azufre a la atmósfera.

El azufre regresa a los ecosistemas principalmente disuelto con el agua de lluvia.

##### **En la biosfera.**

Los productores fotosintéticos pueden fijar los óxidos de azufre en forma de aminoácidos. Con las relaciones de alimentación, el azufre pasa de unos niveles tróficos a otros.

La actividad bacteriana también interviene en este ciclo. En un medio oxidante, las *bacterias quimiosintéticas* pueden oxidar el sulfuro de hidrógeno para obtener energía, mientras que en un medio fuertemente anóxico las *bacterias descomponedoras* pueden reducir el sulfato y formar sulfuro de hidrógeno.

Desde el punto de vista antrópico, la actividad minera del carbón libera gran cantidad de compuestos del azufre a la hidrosfera contaminando en muchas ocasiones las masas de agua de las zonas cercanas.

##### **En la hidrosfera.**

La descomposición de la materia orgánica en aguas y sedimentos anóxicos produce sulfuro de hidrógeno, y la actividad de algunos microorganismos produce compuestos sulfurados, como el dimetil sulfuro (DMS), que escapan a la atmósfera, donde son rápidamente oxidados y disueltos en el agua de lluvia.

Los iones oxácidos de azufre (sulfato y sulfito) son muy solubles y estables en el agua, salvo que la evaporación produzca su sobresaturación y precipitación.

##### **En la corteza terrestre.**

Las sales oxácidas precipitan en condiciones de intensa evaporación, formando rocas sedimentarias evaporíticas como los yesos ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). El mineral yeso es la forma más estable y abundante en que se encuentra el azufre.

Las erupciones volcánicas pueden liberar a la atmósfera enormes cantidades de azufre en muy poco tiempo.

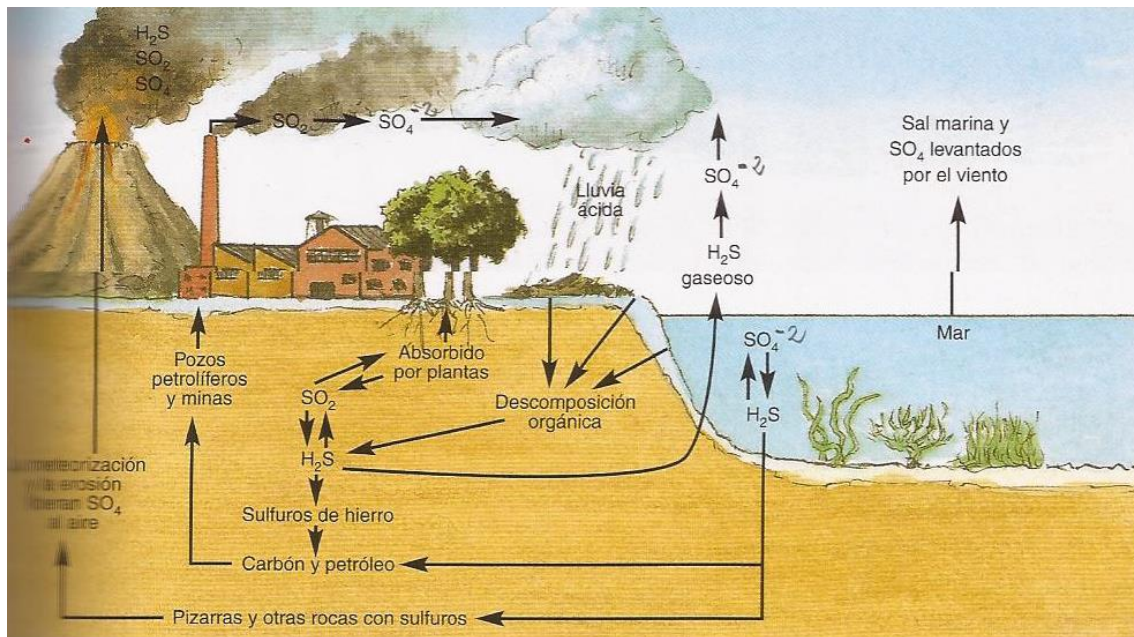


Figura 24: Ciclo del Azufre.

## 8.5. EL CICLO DEL FÓSFORO.

En los seres vivos el fósforo desempeña funciones muy importantes:

- Está disuelto en forma de ión fosfato ( $PO_4^{3-}$ ) en los fluidos internos, donde realiza una función de tampón químico, controlando el pH.
- En forma de fosfato cálcico es un constituyente del esqueleto de los vertebrados.
- La molécula de ATP, que constituye la “moneda” de intercambio energético, posee tres iones fosfato.
- Es un componente de los nucleótidos de los ácidos nucleicos (ADN y ARN).
- Forma parte de los fosfolípidos presentes en las membranas celulares.

### En la atmósfera.

El fósforo no se encuentra en la atmósfera, ya que no forma compuestos gaseosos, y su baja solubilidad lo hace muy escaso en la hidrosfera.

### En la biosfera.

Las plantas toman el fósforo en forma de fosfato disuelto en el agua del suelo. A través de la alimentación se transmite a lo largo de las cadenas tróficas. En los vertebrados, el fósforo puede llegar a suponer un 1% del peso total.

En ecosistemas acuáticos, el fitoplancton fija mediante la fotosíntesis el ión fosfato. Cuando el zooplancton lo ingiere, asimila una parte y otra la excreta de manera que vuelve a quedar disponible en el medio. Del zooplancton pasa a los peces, y de estos, a las aves que los comen. Estas aves devuelven parte del fósforo a la tierra en forma de guano. En algunas zonas se forman depósitos de guano que se explotan como fertilizantes

### En la hidrosfera.

En la hidrosfera es muy escaso, especialmente en la superficie de los océanos, ya que la mayor parte se acumula en sedimentos del fondo.

En zonas donde se producen corrientes marinas ascendentes (afloramientos), el fósforo se moviliza y llega a la superficie, donde se produce una proliferación de fitoplancton y consecuentemente del resto de organismos de las cadenas tróficas. Estos afloramientos coinciden con las principales zonas pesqueras del planeta, como los caladeros de Gran Sol o de Canadá.

### En la corteza terrestre.

Constituye el principal depósito de fosfato, en forma de fosfatos cálcicos de origen sedimentario (**fosforitas**) o de origen volcánico. Los procesos de meteorización química lo liberan al suelo muy lentamente, por lo que es, con frecuencia, un factor limitante de la producción primaria.

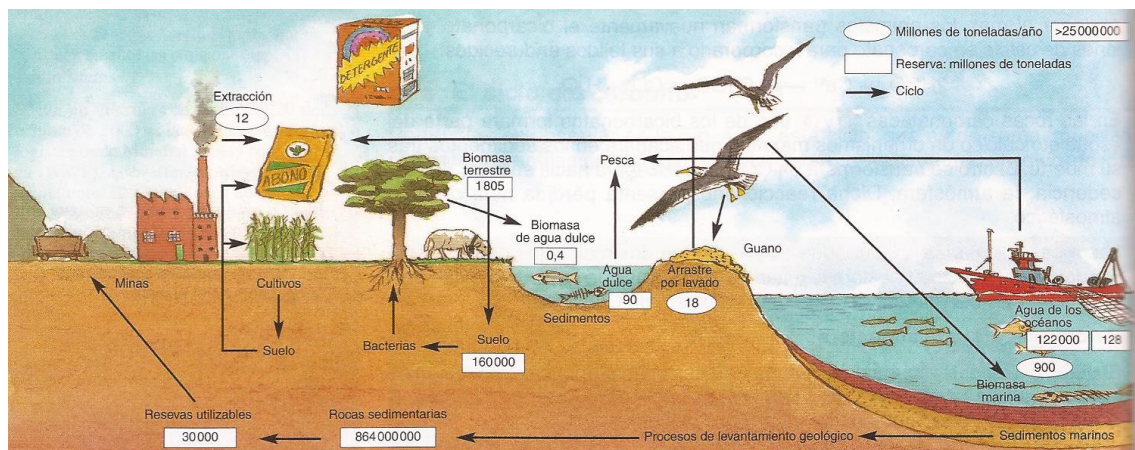


Figura 25: Ciclo del Fósforo

VER ANEXO VIII. EJERCICIOS RESUELTOS PUNTO 8.



## 9. LOS RECURSOS DE LA BIOSFERA

La **biosfera** nos proporciona dos tipos de productos: los **recursos materiales** y los **servicios ecológicos o ecosistémicos**.

### **Recursos materiales de la biosfera.**

Pueden ser de diferentes tipos, como los *alimentos*, *diversas materias* o determinados *recursos energéticos*. La mayoría son recursos materiales renovables que se obtienen mediante distintas actividades:

- La **agricultura**. Es el cultivo de plantas y hongos de interés comercial.
- La **silvicultura**. Es la explotación de los bosques y el cultivo de especies arbóreas.
- La **ganadería**. Es la cría de animales terrestres con diversos fines, generalmente, comerciales.
- La **acuicultura**. Es la cría de seres vivos acuáticos, en condiciones controladas y en instalaciones especiales, para su explotación comercial.
- La **pescas**. Es la captura de animales acuáticos (peces, moluscos, crustáceos, etc.), ya sea en el mar o en masas o corrientes de agua dulce.
- La **caza**. Es la captura de animales terrestres y mamíferos acuáticos.
- El **uso industrial de microorganismos**. Es la utilización de microorganismos en la alimentación, la industria, etc.

### **Servicios ecológicos o ecosistémicos.**

Son funciones o procesos realizados por la biosfera que resultan fundamentales para la obtención de recursos. La descomposición y reciclado de materiales orgánicos, la generación de suelo fértil a partir de rocas y sedimentos, o la producción de oxígeno son servicios ecológicos.

Los seres humanos damos por hecho que estos procesos ocurrirán siempre; sin embargo, cuando alguno de ellos empieza a fallar debido a un impacto ambiental, se pone de manifiesto su importancia y su valor.

Ejemplo de servicios ecológicos: Homeostasis del sistema climático.

*La actividad fotosintética, que utiliza el CO<sub>2</sub> atmosférico para producir materia orgánica regula el efecto invernadero. Por otra parte, las masas forestales intervienen en el ciclo del agua a través del proceso de evapotranspiración.*

*Algunas sustancias producidas por las algas y emitidas a la atmósfera, como el yoduro de metilo o el dimetil sulfuro, actúan como núcleos de condensación en las nubes.*

## 9.1. LA AGRICULTURA Y LA SILVICULTURA.

La **agricultura** consiste en el cultivo de determinadas plantas que tienen interés comercial. La agricultura transforma el medio natural de distintas maneras con el fin de hacerlo más adecuado para la explotación agrícola.

La **silvicultura** es la explotación de bosques para obtener diversos productos, como madera, corcho, resina, aceites esenciales, frutos, etc. A diferencia del cultivo maderero, no se aplica la tala masiva.

Se diferencian distintos tipos de agricultura:

- **Agricultura de subsistencia.** Se basa en el cultivo de diversas especies vegetales en pequeñas extensiones de terreno (**huertos**). Aunque el rendimiento del terreno es alto, la producción no es grande y suele destinarse al consumo particular.



- **Agricultura extensiva.** Consiste en el cultivo de determinadas plantas en grandes extensiones de terreno utilizando poca maquinaria. El rendimiento del suelo es bajo, para mejorarlo se suelen aplicar dos técnicas: la **rotación de cultivos**, que consiste en alternar cultivos diferentes cada año o periodo de años; y el **barbecho**, que se basa en dejar periódicamente sin cultivar ciertas áreas para que los nutrientes del suelo se renueven.

El **cultivo de especies arbóreas** para obtener madera es también una forma de agricultura extensiva.



- **Agricultura intensiva.** Busca obtener el máximo rendimiento del suelo, el mayor aprovechamiento del espacio y la mayor producción posibles para conseguir un elevado rendimiento económico de la actividad agrícola. Para lograr estos **objetivos** se utilizan técnicas modernas y sistemas mecanizados, como por ejemplo: *sistemas de riego muy eficientes (por goteo o manguera porosa), tratamientos fitosanitarios, uso de abonos y fertilizantes, uso de semillas de alto rendimiento, uso de maquinaria pesada y cosechadoras, etc.*



### Impactos Negativos derivados de la agricultura y las explotaciones pesqueras.

- **Impactos sobre las masas forestales.** Están relacionados principalmente con la deforestación.
  - ✓ La agricultura extensiva y la intensiva **aumentan la extensión del suelo cultivable** en detrimento de las superficies boscosas.
  - ✓ La explotación incontrolada de un cultivo forestal produce una **reducción de las áreas forestales**, que en muchos casos es irreversible.
  - ✓ La **sustitución de bosques autóctonos** por plantaciones madereras es otra forma de ampliar la superficie dedicada a la agricultura.
- **Impactos sobre el aire.** La tradicional quema de rastrojos produce contaminación del aire y el abono con purines origina malos olores.
- **Impactos sobre las redes tróficas.** El uso de abonos y pesticidas produce contaminación en las redes tróficas (bioacumulación).
- **Impactos sobre la biodiversidad.**
  - ✓ La introducción de organismos genéticamente modificados, puede contaminar y **reducir el patrimonio genético** de las especies vegetales tradicionalmente utilizadas para la agricultura.
  - ✓ **La diversidad de especies disminuye.** *Ejemplo: Algunas aves, como por ejemplo la avutarda que nidifican en los cultivos de cereales, están en peligro de extinción, ya que la rapidez de las cosechas mecanizadas impide el desarrollo de los polluelos.*

- ✓ **La diversidad de ecosistemas naturales se reduce drásticamente** al dedicarse enormes extensiones de terreno al monocultivo.
- **Impactos sobre las corrientes y masas de agua, los acuíferos y el suelo.** Estos impactos son generados por distintas acciones, entre las que destacan:
  - ✓ El uso de fertilizantes y abonos produce la **contaminación** de las masas de agua y su eutrofización.
  - ✓ La extracción de agua de pozos para el riego hace bajar el nivel freático pudiendo ocasionar la **salinización** de los acuíferos costeros y alteraciones en arroyos y zonas palustres que se alimentan del agua subterránea.
  - ✓ El exceso de riego en zonas áridas de intensa evaporación induce un arrastre de sales hacia la superficie que **reduce la fertilidad** del suelo.
  - ✓ El uso intensivo del suelo produce el **agotamiento de los nutrientes**.
  - ✓ El arado del suelo lo deja expuesto a la **erosión** ante lluvias torrenciales, especialmente si se trazan los surcos siguiendo la línea de máxima pendiente.
- **Impactos sobre el medio humano.** La posibilidad de que empresas de semillas transgénicas puedan **patentar** las semillas genéticamente modificadas puede tener implicaciones muy importantes para la agricultura y la economía a nivel mundial. Se sospecha que algunas plantas modificadas genéticamente pueden ocasionar reacciones alérgicas en la población.

## **9.2. LA GANADERÍA.**

La **ganadería** es una actividad económica que consiste en la cría de animales para aprovechar sus productos con fines comerciales.

Se pueden diferenciar tres tipos de explotaciones ganaderas:

- **Ganadería de subsistencia.** Consiste en la cría de pocos animales cuya producción se destina al consumo particular. Es característica de algunos ambientes rurales y predomina en países poco desarrollados. Es frecuente que en la misma granja se críen pocos ejemplares de varias especies distintas: conejos, aves, vacas, cabras, etc.



- **Ganadería extensiva.** Es la cría de rebaños que se alimentan en extensos terrenos de pasto. Su producción no es muy alta, y su rendimiento económico escaso si tiene que competir con la ganadería intensiva.

Sigue siendo rentable en la explotación de animales que necesitan el pastoreo, por ejemplo, las ovejas, o cuya calidad mejora sensiblemente con la alimentación natural, por ejemplo, el cerdo ibérico.



- **Ganadería intensiva.** Trata de obtener el máximo rendimiento de la explotación animal, una optimización del espacio y la mayor producción posible para lograr un elevado rendimiento económico de la actividad ganadera. Utiliza sistemas mecanizados en las diferentes fases del proceso de producción. *Ejemplos: se cría una única especie, el cuidado de los animales está en gran parte mecanizado y automatizado, los animales se alimentan con piensos que aceleran el engorde, los animales se matan y despiezan en mataderos industriales o los procesos de tratamiento, envasado y distribución de los productos están automatizados.*



### **Impactos negativos derivados de la ganadería.**

La ganadería de subsistencia produce un impacto muy local y totalmente reversible sobre el medio ambiente. Cuando se introducen los procedimientos mecanizados y se aumenta la producción, la actividad ganadera desarrolla las características de la ganadería intensiva y produce impactos de diferentes tipos:

- **Impactos sobre la cubierta vegetal.** El pastoreo excesivo causa uno de los principales impactos sobre la vegetación, ya que la depredación de los herbívoros **elimina la cubierta herbácea** y deja el suelo expuesto a la erosión.

- **Impactos sobre el suelo, las masas de agua y los acuíferos.** Estos impactos se producen a partir de diversos procesos que generan contaminación:
  - ✓ Los purines y el agua procedente de la limpieza y mantenimiento de las instalaciones contaminan el suelo, el agua y los acuíferos, y ocasiona **eutrofización** en las masas de agua.
  - ✓ El uso de maquinaria y camiones produce **vertidos accidentales** de aceites y combustibles al medio.
- **Impactos sobre la atmósfera.** La ganadería intensiva emite importantes cantidades de metano, tanto por la acción de la flora intestinal de los animales, como por lo que se deriva de la eutrofización que genera en las masas de agua.
- **Impactos sobre los animales.** Aunque un real decreto establece las normas básicas de cuidado de los animales en relación con su explotación, transporte y sacrificio, en muchas explotaciones intensivas aún se da un **trato cruel** a los animales.
- **Impacto sobre la salud humana.** La actividad ganadera repercute de distintas formas en la salud de las personas:
  - ✓ La ganadería intensiva produce carne que contiene cantidades variables de **fármacos** (antibióticos y hormonas) que pueden afectar a la salud del consumidor.
  - ✓ Las granjas generan **malos olores** de forma continua.
- **Impactos sobre la economía.** Los impactos económicos tienen repercusión a distintos niveles.
  - ✓ La ganadería intensiva desplaza a la ganadería tradicional y a la producción artesanal de productos animales, que no pueden competir con la elevada producción industrial.
  - ✓ Los países ricos exportan a los países pobres gran cantidad de productos cárnicos congelados, poco apreciados en los países de origen, a un precio muy bajo. Esto produce en muchos casos la **quiebra de los productores locales** que no pueden competir con esos productos.

### **9.3. LA PESCA.**

En la **pesca** pueden identificarse tres formas de explotación, que se diferencian en su capacidad de captura y que se corresponden con una economía de subsistencia, una explotación comercial de productividad media y una actividad comercial de máxima productividad. Así:

- **La pesca de subsistencia.** También llamada **pesca artesanal**, es la captura de un número pequeño de peces y otros animales marinos con diversos procedimientos, ya sea desde la costa, a bordo de pequeñas embarcaciones o a nado utilizando un arpón.



- **La pesca de bajura.** Se realiza en barcos pesqueros que faenan en zonas próximas a la costa. Se utilizan diversas técnicas, como las *redes de arrastre*, las *redes de deriva*, las *almadrabas* y los *palangres*.



- **La pesca de altura.** Llamada también **pesca industrial**, es la que se realiza lejos de la costa. Se lleva a cabo en grandes barcos que realizan largos desplazamientos siguiendo las rutas migratorias de los peces y capturan y procesan toneladas de pescado. Los sistemas de pesca basados en el tendido y recogida de redes se complementan con sistemas mecanizados, como la aspiración de los peces mediante bombas. Los barcos son verdaderas factorías donde el pescado recién capturado se procesa y se conserva en hielo o se congela.

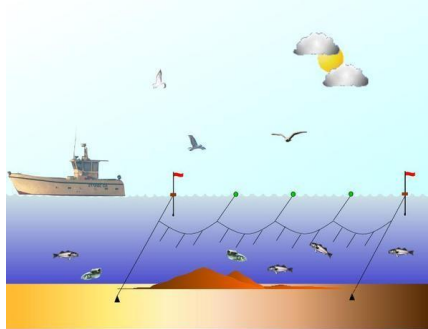
Las flotas de altura faenan en los caladeros, zonas de elevada producción primaria donde la pesca es abundante. La gran capacidad de captura de estas flotas ha producido un descenso de las poblaciones de interés comercial, lo que ha hecho necesaria su regulación mediante **convenios internacionales**.



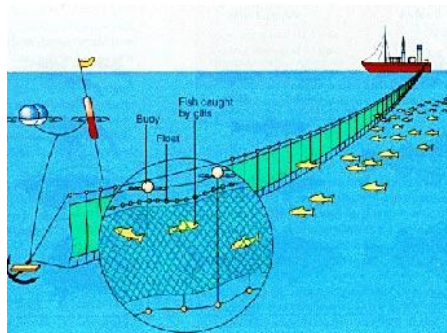
## Sistemas de Pesca.

En función de las técnicas que se utilicen, existen cuatro sistemas de pesca intensiva diferentes:

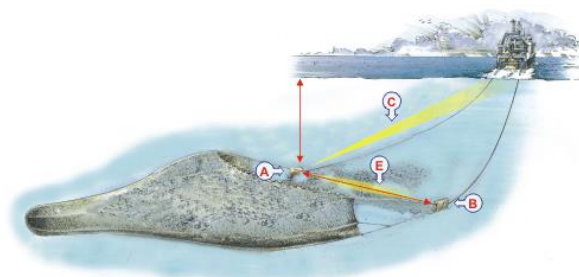
- Palangres: Los palangres son cables de cientos de metros o kilómetros de longitud, de los que, cada cierta distancia cuelgan anzuelos con cebo para atrapar a los peces que son atraídos por el olor de la carnada.



- Redes de deriva: Las redes de deriva se mantienen verticales mediante flotadores y pesos para los que los peces quedan atrapados en ellas. La luz de la malla se elige en función del tamaño de la especie que se desea capturar.

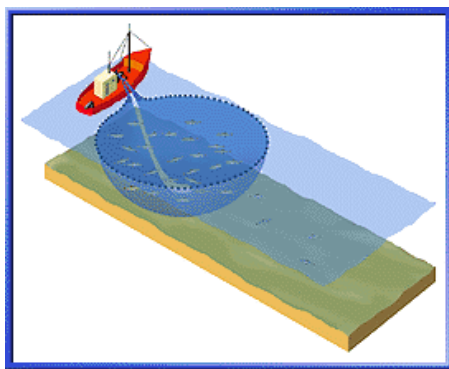


- Redes de arrastre: Las redes de arrastre tienen forma de saco y son arrastradas por una o dos embarcaciones. Durante la pesca, la zona más ancha de la red se mantiene abierta. Las de arrastre de fondo barren el lecho marino.



- Redes de cerco: Las redes de cerco se utilizan para atrapar cardúmenes de peces cerca de la superficie. Se rodea el banco de peces y la red se cierra por la parte inferior para que no puedan escapar.





### **Impactos negativos derivados de la actividad pesquera.**

Los impactos negativos producidos por la pesca de altura y de bajura se empezaron a manifestar a finales del siglo XX.

En 1982 se realizó una Convención de las Naciones Unidas en la que 159 países firmaron la **Ley del Mar**. En ella se establecen **cuotas de pesca** que estipulan los máximos anuales de determinadas especies que cada país puede capturar, **periodos de veda** que prohíben la pesca en los periodos de reproducción, y **moratorias o paradas biológicas** que prohíben faenar en zonas que se están recuperando después de un fuerte descenso en su productividad.

- **Impactos sobre la fauna y la biodiversidad.** Cabe destacar los siguientes:
  - ✓ **Captura de especies protegidas.** Las redes y palangres atrapan especies que no son objeto de pesca, como tortugas, delfines e incluso aves marinas.
  - ✓ **Pesca de ejemplares inmaduros.** Las redes de malla fina atrapan peces que no han llegado a la edad reproductora.
  - ✓ **Daños en los ecosistemas bentónicos.** Las redes de arrastre barren el fondo marino, produciendo graves daños en los ecosistemas.
  - ✓ **La sobrepesca.** Es la explotación de las poblaciones de peces a un ritmo que no permite la regeneración. Como resultado, el rendimiento pesquero disminuye, ya que las poblaciones no pueden recuperar su tamaño, y algunas especies corren el riesgo de desaparecer.
- **Impactos sobre la política y la economía.** La competencia por faenar en los principales caladeros ocasiona conflictos políticos internacionales. El rendimiento de las flotas de altura depende actualmente del dinero que un país puede invertir en ellas. Los países pobres pierden poder de producción pesquera, ya que compiten con flotas foráneas mucho más potentes.

#### 9.4. LA ACUICULTURA.

La **acuicultura** es una actividad que se basa en la cría o el cultivo controlados de seres vivos acuáticos, como peces, moluscos, crustáceos, algas, distintas especies de fitoplancton y zooplancton, etc., con el fin de obtener un beneficio económico. Al igual que en la pesca se diferencia:

- **La acuicultura de subsistencia.** Consiste en la cría de unos pocos especímenes, normalmente truchas o carpas, en estanques y canales fluviales artificiales, o en estanques de agua de mar. Es una práctica tradicional en muchas zonas rurales y constituye una forma barata y sostenible de enriquecer la dieta humana con proteínas animales.



- **La acuicultura extensiva.** Es la cría de animales acuáticos en su ambiente natural. Se les proporciona un lugar adecuado y protegido para su desarrollo, pero la cría y el engorde se realizan de forma natural. La producción llega a ser grande en lugares con buenas condiciones ambientales. *En las rías gallegas, por ejemplo, se realiza una acuicultura extensiva muy productiva de mejillones en grandes **bateas**.*



- **La acuicultura intensiva.** Se trata de una actividad equivalente a la ganadería intensiva aplicada a animales acuáticos, fundamentalmente peces, moluscos y crustáceos. Busca la productividad y el rendimiento económico máximos mediante la mecanización de los procesos y la optimización del espacio y el tiempo necesarios para la cría de los animales.

La productividad es muy elevada y ha empezado a desplazar a la actividad pesquera. Actualmente casi la mitad del pescado que se consume en el mundo procede de la acuicultura.

La acuicultura intensiva se realiza en **instalaciones especiales** donde se controlan diversos parámetros, como las corrientes o la temperatura. **Los procesos están mecanizados** (*control de los parámetros, alimentación, recolección y procesado*), los animales son **alimentados de forma artificial** con piensos elaborados y sometidos a control sanitario, en muchos casos las especies **están genéticamente mejoradas** por lo que tienen propiedades que aumenten su valor o faciliten su cría.



### **Impactos derivados de la acuicultura.**

La **acuicultura** se perfila actualmente como el sistema de producción que reducirá la presión que ejerce la actividad pesquera sobre los ecosistemas marinos. Se estima que a mediados de este siglo más del 75% de los animales marinos destinados al consumo procederá de la acuicultura.

Sin embargo, esta actividad no está exenta de problemas. A pesar de que desde la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) se intenta imponer un desarrollo de la acuicultura respetuoso con el medio ambiente esta actividad genera una serie de impactos.

- **Impactos sobre las masas de agua.** Tiene como principales consecuencias la contaminación de ecosistemas acuáticos y la sobreexplotación del recurso hídrico.
  - ✓ Los vertidos y efluentes procedentes de la acuicultura intensiva producen contaminación con sustancias de desecho y **eutrofización** de las masas de agua próximas a las instalaciones.
  - ✓ Las enormes necesidades de agua para las piscifactorías de agua dulce puede ocasionar la **sobreexplotación** de cursos fluviales, lagos y acuíferos.
- **Impactos sobre las zonas costeras.** Las instalaciones destinadas a la acuicultura en las costas pueden producir destrucción de hábitats o contaminación en zonas de playa.
  - ✓ La instalación de piscifactorías en zonas costeras del sudeste asiático ha producido la **destrucción de grandes extensiones de manglares**.
  - ✓ Los desechos y el exceso de nutrientes generados en las piscifactorías producen la eutrofización y **contaminación** de entornos cercanos como las playas, donde en algunos casos disminuye la calidad del agua en las zonas de baño.

- **Impactos sobre las especies marinas.** La presión de captura que se ejerce sobre determinadas especies de peces y las posibles interacciones entre especies empleadas en acuicultura y autóctonas, son dos ejemplos de impactos sobre la fauna marina.
  - ✓ Para elaborar los piensos destinados a la alimentación de peces carnívoros se utiliza **harina de pescado** fabricada a base de peces como el arenque o la sardina. Esto provoca un incremento en la presión de captura sobre estas especies.
  - ✓ En las piscifactorías suelen criarse especies exóticas o modificadas genéticamente que pueden escapar al medio de manera accidental. Esto produce un **impacto sobre la biodiversidad** de los ecosistemas próximos a las instalaciones, ya que estos ejemplares pueden mezclarse o competir con las especies autóctonas en el medio natural.
- **Impactos sobre la salud humana.** Se han detectado varios casos de **adulteración de los piensos** con sustancias tóxicas y fármacos, que pueden repercutir en la salud de los consumidores. La FAO trata de imponer controles estrictos, pero es difícil generalizar su aplicación.
- **Impactos sobre la economía.** La acuicultura ha creado una gran demanda de harinas y aceites de pescado que antes se utilizaban preferentemente para la ganadería intensiva avícola. Esta demanda ha hecho subir los precios, encareciendo así los productos avícolas. Por otra parte, la fuerte demanda de pescado azul, que se mantiene por encima de la oferta, ha disparado su valor, por lo que resulta rentable convertir especies que podrían dedicarse al consumo, como arenques y boquerones, en pienso para criar atunes. *De esta forma la carne de atún resulta muy cara de producir: para conseguir un kilo de este pescado es necesario utilizar cuatro kilos de otros peces convertidos en pienso.*

## 9.5. LA CAZA.

La **caza** consiste en la captura de animales terrestres, aves o mamíferos marinos (como ballenas o focas).

La **caza de cetáceos** (ballenas, cachalotes, delfines y orcas) fue una actividad importante hasta mediados del siglo XX, cuando empezó a ponerse límites a su práctica debido al fuerte impacto que se estaba causando sobre las poblaciones de estos animales.

La **caza de pinnípedos** (focas, leones marinos, lobos marinos, etc.), destinada sobre todo a surtir a la industria peletera, continúa siendo un recurso del que algunos países obtienen grandes beneficios, a pesar de las presiones ejercidas por grupos ecologistas que reclaman la interrupción de esta actividad.

## **Impactos negativos derivados de la caza.**

Los principales impactos que se derivan de la caza son los relacionados con la pérdida de biodiversidad.

- **Impactos sobre la biodiversidad.** La caza ha llevado a la **extinción** de algunas especies y la **reducción de poblaciones** de otras, las cuales pueden encontrarse en **peligro de extinción**. Estos impactos sobre las poblaciones se han producido debido fundamentalmente a dos actuaciones: por un lado, la **sobrecaza**, que impide que las poblaciones de las especies cinegéticas (especies que son cazadas por interés comercial) mantengan un número de individuos suficientes para renovarse, y por otro, la **utilización de trampas y venenos** contra lobos, zorros, garduñas, hurones, etc., que en la actualidad están prohibidos.
- **Impactos sobre el suelo y el agua.** Los proyectiles de **plomo** han producido la contaminación del suelo en algunos cotos de caza. Actualmente se tienden a sustituir por proyectiles de acero. Los cartuchos de plástico abandonados son también una forma de contaminación.

## **9.6. RECURSOS ENERGÉTICOS DE LA BIOSFERA.**

La obtención de energía a partir de productos de la biosfera es tan antigua como el uso del fuego, pero hoy día se ha diversificado enormemente la variedad de formas de energía que pueden producirse.

La **biomasa** es cualquier tipo de resto orgánico (desechos de seres vivos, estiércol, residuos forestales y agrícolas, etc.), que puede ser incinerado para obtener energía térmica, mecánica o eléctrica mediante la producción de vapor a presión.

Actualmente para conseguir biomasa se cultivan plantas herbáceas, como la colza, arbustos y árboles. La biomasa puede incinerarse directamente o someterse a un tratamiento para obtener un combustible de mayor poder energético.

### **Ejemplos de utilización de recursos energéticos de la biosfera.**

**1. Producción de energía eléctrica en centrales que utilizan biomasa.** Este tipo de centrales está en expansión. Se tiende a diseñarlas para que utilicen **sistemas de cogeneración** (*Por cogeneración se entiende el sistema de producción conjunta de electricidad o energía mecánica y energía térmica útil. Este sistema de generación conjunta de energía reduce notablemente la factura energética de las empresas y mejora el proceso productivo. Las plantas de cogeneración alcanzan niveles de rendimiento muy altos, generando electricidad y calor simultáneamente*) y **puedan funcionar con distintos tipos de combustibles**, incluidos los procedentes de residuos sólidos urbanos y depuradoras.



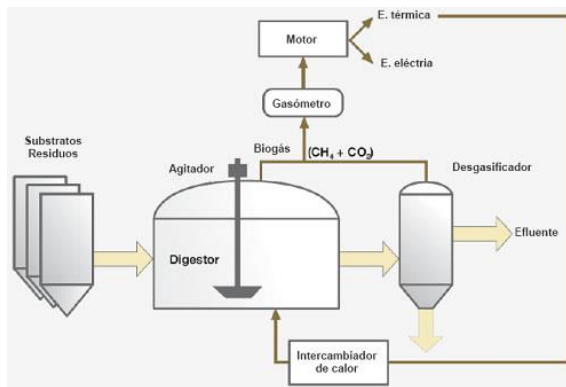
**2. Combustión.** La combustión de la madera para obtener luz y calor para diversos fines es el uso energético más antiguo que el ser humano ha dado a los productos de la biosfera.



**3. Carbonatación.** La obtención de carbón vegetal se realiza mediante la combustión incompleta de madera en un medio con muy poco oxígeno. Se realiza desde la antigüedad mediante la preparación de **carboneras**: montones de leña que se tapan con barro para evitar la ventilación que se prenden para que ardan casi sin aire.



**4. Metanización o biometanización.** Es un proceso de degradación anaerobia de la materia orgánica que realizan las bacterias metanógenas. Se realiza de forma controlada en grandes depósitos llamados **digestores**, que se mantienen en condiciones adecuadas de humedad y temperatura, en ausencia de oxígeno. Se produce así un gas, llamado **biogás**. Se puede obtener biogás prácticamente de cualquier materia orgánica, por lo que la metanización se utiliza cada vez más para valorizar energéticamente los residuos sólidos urbanos y los lodos de las depuradoras.



**5. Fabricación de bioetanol.** El bioetanol es alcohol producido por la fermentación anaerobia de azúcares y almidón que realizan diversas levaduras y algunas bacterias. Se obtiene a partir de vegetales ricos en azúcares, como la remolacha, la caña de azúcar o el maíz, mediante tratamiento en fermentadores industriales. Se utiliza como carburante, mezclado con la gasolina.



**6. Biodiésel y bioqueroseno.** Se obtiene mediante procesos químicos industriales a partir de plantas como la *colza*, la *jatrofa*, la *palma*, etc. Y también a partir de residuos de aceites vegetales usados. Son combustibles que pueden sustituir a los gasóleos y querosenos obtenidos del petróleo, y que se utilizan en motores de vehículos, barcos, trenes, en el caso del biodiésel, y de aviones, en el caso del bioqueroseno.



**Impactos derivados del uso de los recursos energéticos de la biosfera.**

El **uso** de los recursos energéticos producidos por la biosfera tiene diversas **ventajas e inconvenientes**:

- Entre las **ventajas de la obtención de biogás** a partir de los residuos sólidos urbanos y de los lodos de las depuradoras destacan:
  - ✓ Se reduce el volumen de los residuos.
  - ✓ Se elimina una gran parte de su contenido en materia orgánica y se reduce el riesgo de explosiones, incendios y producción de metano en los vertederos.
  - ✓ Los residuos pierden gran parte de su capacidad contaminante, aunque no toda, ya que conservan las sustancias tóxicas no biodegradables.
  - ✓ Se obtiene energía útil.
- La **incineración de residuos sólidos** presenta ventajas e inconvenientes.
 

Entre las **ventajas** se encuentran:

  - ✓ Se reduce mucho el volumen y la capacidad contaminante de los residuos.
  - ✓ Permite obtener energía útil, aunque en cantidades muy moderadas.

Entre los **inconvenientes**:

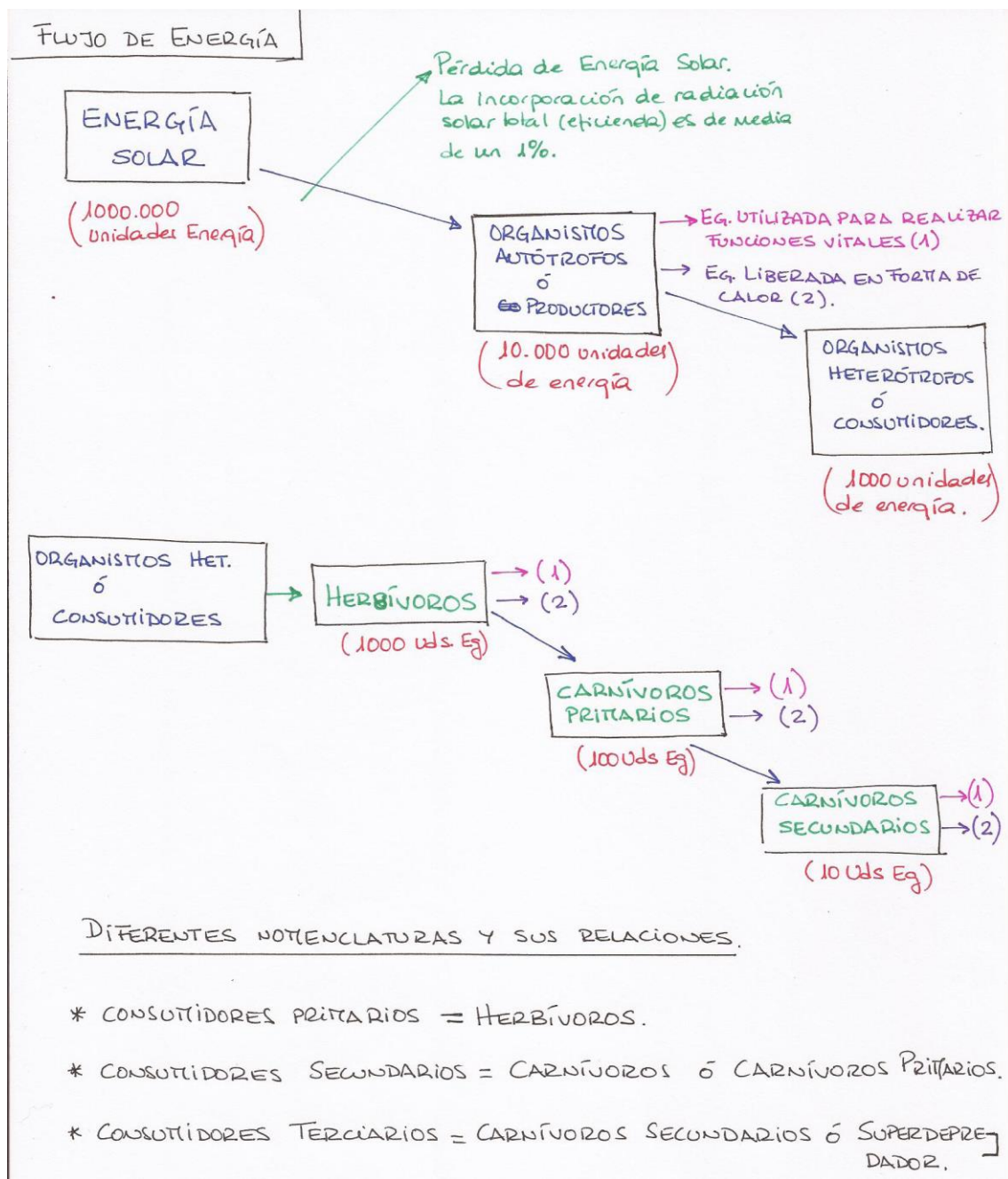
  - ✓ Su uso para obtener energía térmica o eléctrica tiene un rendimiento bajo, ya que los residuos tienen un contenido muy variable en materia orgánica.
  - ✓ Su tratamiento previo de selección y secado puede mejorar ligeramente su calidad como combustible, pero retrasa y encarece su uso.
  - ✓ Su combustión produce sustancias muy contaminantes, como algunas dioxinas, óxidos de azufre y metales pesados, por lo que se requieren filtros especiales y un cuidadoso mantenimiento de las instalaciones.
- El **cultivo de especies vegetales** destinadas al uso energético está resultando una **buena solución para reducir** la dependencia de los combustibles fósiles, sobre todo del petróleo, ya que su coste es sensiblemente menor. Sin embargo, esta explotación energética también tiene **inconvenientes**:
  - ✓ Los biocombustibles siguen siendo un recurso energético “sucio” en el sentido de que su uso produce CO<sub>2</sub>.
  - ✓ La biomasa se obtiene mediante técnicas de cultivo intensivo y extensivo, que pueden producir impactos por contaminación, deforestación, sobreexplotación del suelo, etc.
  - ✓ Su empleo compite con otros usos, como la alimentación y la elaboración de piensos destinados a la ganadería y a la acuicultura, lo que hace aumentar su precio. Esto beneficia al agricultor, pero perjudica al ganadero y acuicultor, y repercute finalmente en los precios de los artículos de consumo.

VER ANEXO IX. EJERCICIO RESUELTO PUNTO 9.

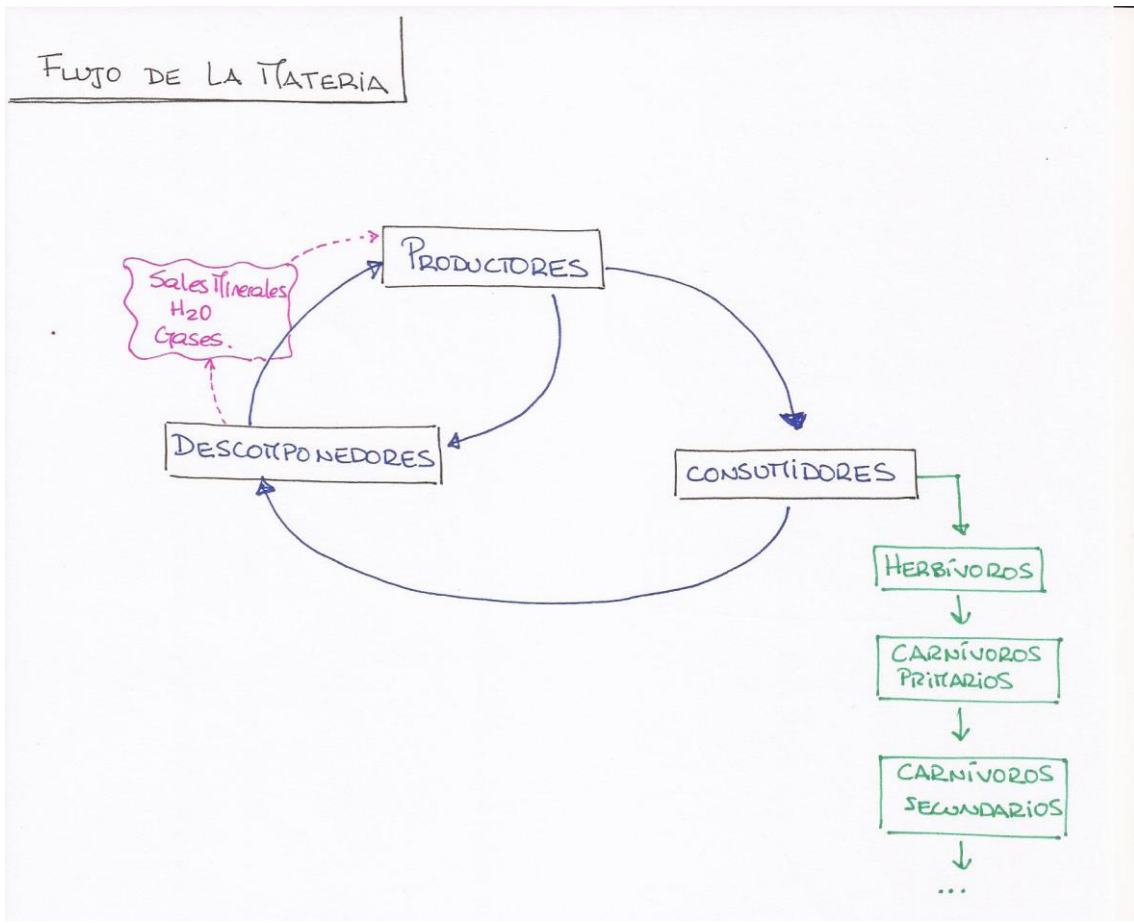


# **ANEXOS TEMA 4. LA BIOSFERA**

## ANEXO I. FLUJO DE LA ENERGÍA EN UN ECOSISTEMA



## ANEXO II. FLUJO DE LA MATERIA EN UN ECOSISTEMA



## **ANEXO III. DEFINICIONES RELACIONES INTERESPECÍFICAS PAU DE GALICIA (2001-2015).**

### **Comensalismo (2010 y 2011).**

Se trata de relaciones entre dos especies en las que una de ellas se beneficia sin perjudicar nada al hospedador (+,0).

En el **comensalismo**, el comensal se ve favorecido en la obtención de alimento, sin perjudicar al hospedador. Son numerosos los ejemplos de animales que se aprovechan de los desperdicios de otros. Muchos de los componentes de nuestra flora intestinal son comensales, pero también son muy numerosos los que nos reportan beneficio.

Además, ocasionalmente el comensal puede proporcionar algún tipo de beneficio al huésped, por ejemplo, al competir con especies que podrían ser parásitas.

*Un ejemplo típico de comensalismo: la rémora es un pez que se adhiere a otro, con frecuencia a un tiburón, y se alimenta de los restos de comida que este desecha.*

Dentro del comensalismo, se incluye el **Inquilinismo**, es una relación semejante en la que el inquilino obtiene un beneficio que consiste en un lugar donde protegerse, habitar o reproducirse, pero no en la obtención de alimento. *Ejemplos de inquilinismo son: muchas aves que construyen sus nidos en árboles y arbustos o muchas orquídeas tropicales crecen como inquilinas de árboles, que les aportan protección y un soporte donde crecer y reproducirse.*

### **Simbiosis (2010 y 2015).**

La simbiosis es un tipo de mutualismo en donde ambas especies salen beneficiadas (+,+). La simbiosis implica que la relación entre los dos individuos sea obligada, al menos para una de ellas, que no podría sobrevivir de forma independiente (a diferencia del mutualismo, en donde las especies juntas salen beneficiadas, pero podrían sobrevivir ambas de forma independiente).

Dentro de los ejemplos más conocidos de la simbiosis son los **líquenes** y las **micorrizas**:

- Los **líquenes** son la asociación permanente de una especie de alga y una de hongo. El hongo retiene el agua con sales minerales y el alga realiza la fotosíntesis, produciendo todos los nutrientes orgánicos necesarios para ambos organismos. De esta forma, el alga puede colonizar ambientes fuera del agua, y el hongo que habitualmente es saprófito, puede vivir en medios sin materia orgánica gracias a la fotosíntesis realizada por las células del alga.

- Las **micorrizas** son asociaciones de hongos con las raíces de las plantas. Son muy importantes para ellas, porque el micelio del hongo incrementa la absorción del agua, de fósforo y otros nutrientes, como el nitrógeno. El hongo también obtiene glúcidos de la raíz.

### **Mutualismo (2014).**

Las relaciones mutualistas son muy frecuentes en la naturaleza. En ellas, ambas especies se benefician (+,+). Gracias a esta relación, ambos participantes mejoran su desarrollo y su reproducción, haciendo más probable su supervivencia.

El **mutualismo** puede ser **simbiótico** y **asimbiótico**:

- El **mutualismo simbiótico** implica que la relación entre los dos individuos sea obligada, al menos para una de ellas, que no podría sobrevivir de forma independiente. *Ejemplo: las **micorrizas**, son asociaciones de hongos con las raíces de las plantas. Son muy importantes para ellas, porque el micelio del hongo incrementa la absorción del agua, de fósforo y otros nutrientes, como el nitrógeno. El hongo también obtiene glúcidos de la raíz.*
- El **mutualismo asimbiótico**, donde la relación no es obligatoria para ninguna de las especies, aunque sí beneficioso. Además, no suele implicar un contacto físico, que sí es habitual en la simbiosis. *Ejemplo: La polinización de las plantas con flor y la dispersión de las semillas están realizadas por especies muy diversas y a veces muy especializadas. La transferencia del polen (en la polinización anemógama) corre a cargo sobre todo de insectos y, ocasionalmente, de aves y murciélagos. En general, las plantas pueden ser polinizadas por diversos insectos.*

El **mutualismo** ha desempeñado un papel fundamental en la ocupación de territorios que de otra manera serían estériles.

### **Competencia (2002, 2004, 2005, 2006, 2007 y 2008).**

Dentro de la competencia se diferencia: **Competencia Intraespecífica** y **Competencia Interespecífica**.

**La Competencia Intraespecífica** es aquella que se establece entre individuos de la misma especie. Esta competencia tiene un efecto importante en la regulación del crecimiento de una población. Así, al aumentar la densidad de una población, el crecimiento disminuye, son menos los individuos que llegan a adultos y se reduce la tasa de reproducción. Las razones son las siguientes:

- Al aumentar la densidad, llega un momento en que **los recursos resultan insuficientes**, se reduce el crecimiento y se inhibe la reproducción.

- Conforme va aumentando la densidad, **el espacio vital se va haciendo escaso** y se incrementan los contactos agresivos entre los individuos. Se crea una situación de estrés que reduce el número de nacimientos, aumenta la mortalidad en la etapa fetal (en mamíferos), se perjudica el crecimiento y se inhibe la reproducción.
- En ciertas especies se ha comprobado que al aumentar la densidad, **algunos animales abandonan la población** para buscar hábitats nuevos.

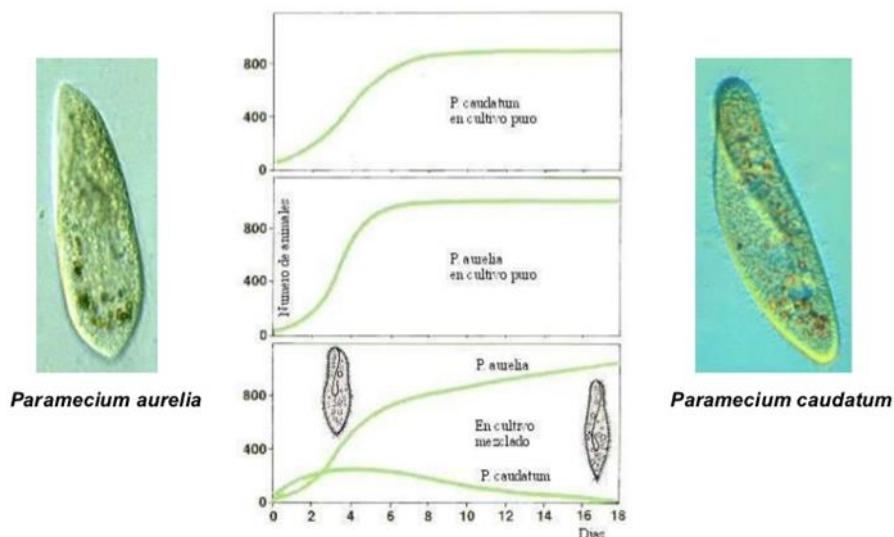
**La Competencia Interespecífica** es la competencia entre poblaciones de dos o más especies. Las especies que compiten se ven afectadas negativamente (-,-). El objeto de competencia puede ser diferente:

- Competencia por un alimento.
- El lugar donde anidar, reproducirse o cobijarse.
- La competencia por la luz, es una constante en las plantas. Las plantas al hacer sombra impiden el crecimiento de otras.
- La ocupación del territorio por organismos sésiles. Ejemplo: los balanus eliminan la posibilidad de establecerse otra especie.

La competencia por los recursos puede conducir a la exclusión de una de las dos especies. El **Principio de Exclusión Competitiva** establece que “no pueden coexistir competidores completos”, es decir, no pueden sobrevivir dos especies que compartan el mismo hábitat y utilicen los mismos recursos.

**Experimentos de competencia con *Paramecium aurelia* y *Paramecium caudatum*.**

### Experimentos de Gause sobre competencia



## Parasitismo (2005).

El **parasitismo** es una relación entre dos organismos de distinta especie en la que el parásito se beneficia obteniendo alimento a expensas de un hospedador, que resulta perjudicado (+,-). A diferencia del depredador, el parásito habitualmente no produce la muerte del hospedador; le produce daños, perjudica su desarrollo, le debilita e incluso finalmente puede terminar con su vida.

Hay parásitos en todos los reinos de seres vivos. Por su **tamaño** se dividen en:

- **Microparásitos:** Son principalmente bacterias y protozoos. Se suelen multiplicar con rapidez en el hospedador produciéndole una enfermedad.
- **Macroparásitos:** Tienen un mayor tamaño. Son principalmente gusanos, insectos, ácaros, hongos y plantas.

Según **su relación con el hospedador**, los parásitos se clasifican en:

- **Ectoparásitos:** Habitan en la piel, bajo los pelos o las plumas.
- **Endoparásitos:** Habitan en el interior del hospedador.

Parásito y hospedador han evolucionado conjuntamente, de forma que, en la mayoría de los casos, el hospedador ha desarrollado una respuesta inmune que evita o, al menos limita, la proliferación del parásito. Para el parásito, a su vez, no es beneficioso que el hospedador muera. El resultado es que muchas veces la evolución ha seleccionado relaciones hospedador-parásito de baja virulencia. Esta **evolución conjunta** puede llegar a eliminar los efectos negativos sobre el hospedador, causando la aparición de relaciones interespecíficas como el comensalismo, el inquilinismo o el mutualismo.

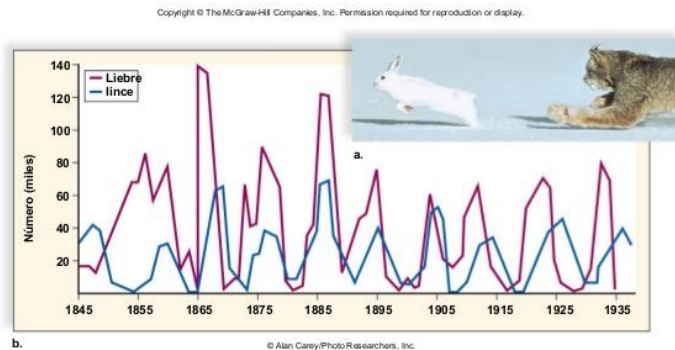
## Depredación (Nunca).

Es la relación interespecífica por la cual una especie, el **depredador**, mata y consume a otra, que es la **presa**. La especie depredadora sale beneficiada, mientras que la presa es la perjudicada (+,-).

Las relaciones depredador-presa son dinámicas y el modelo depredador-presa es estabilizador, ya que se basa en la existencia de un bucle de retroalimentación negativo.

El ejemplo más documentado que existe, con registros desde el siglo XIX, es la dinámica que se da entre las poblaciones del lince canadiense (*Lynx canadensis*) y la liebre americana (*Lepus americanus*).

## Interacción Predador-presa entre lince y liebres



16

Como observamos en la gráfica, las presas iniciarán su crecimiento y la población del depredador, al tener alimento en abundancia, comenzará a crecer hasta que la población de la presa empiece a escasear. Pasado un cierto tiempo, los depredadores, al no existir suficientes presas para mantener la elevada población, morirán de hambre, con lo que su número disminuirá. Cuando éste sea muy reducido, las presas pueden volver a iniciar su aumento. Este ciclo de aumentos y disminuciones de ambas poblaciones se repite indefinidamente hasta que una de ellas desaparezca.

La gráfica resultante presenta una serie de **fluctuaciones**. Entre una y otra oscilación se observa una diferencia temporal, debida al **tiempo de respuesta** de las poblaciones.



## ANEXO IV. OTRAS DEFINICIONES

### Nicho ecológico (2003, 2004, 2006, 2007, 2008, 2010, 2011, 2012, 2013, 2015).

**Nicho ecológico** es el conjunto de circunstancias, relaciones con el ambiente, conexiones tróficas y funciones ecológicas que definen el papel desempeñado por una especie de un ecosistema.

El concepto de nicho se deriva de la competencia establecida entre las especies, ya que, si dos de ellas tienen el mismo “oficio” en un ecosistema, es decir, el mismo nicho ecológico, competirán entre sí y una de ellas será excluida.

*Un ejemplo puede observarse en la figura que viene a continuación; el hábitat de las garzas es el pantano, mientras que el nicho lo constituyen todas las circunstancias que rodean a cada especie de garza: tipo de viviendas, lugar de anidación, época de celo, formas de alimentación, etc. Cada especie de garza tiene un nicho ecológico diferente del resto de garzas con las que comparte el hábitat.*

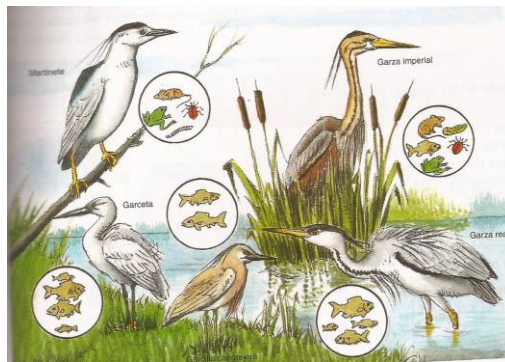


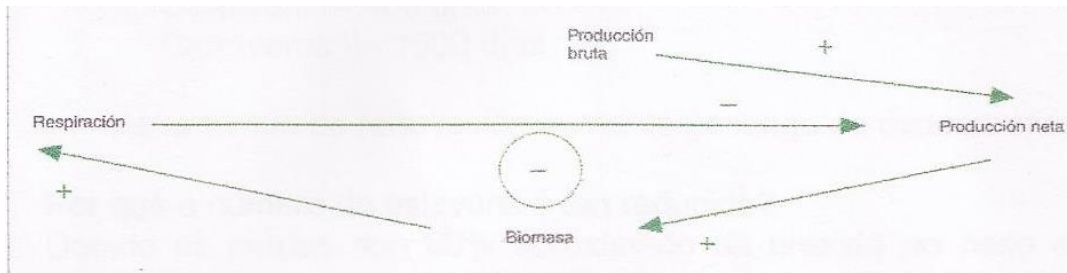
Figura 1: Distintos nichos ecológicos de distintas especies de garzas.

Una vez comprendido el concepto de nicho, podemos distinguir entre dos tipos:

- **Nicho potencial (ideal o fisiológico).** El nicho potencial es aquel que satisface todas las necesidades de una determinada especie. Resultaría prácticamente imposible alcanzarlo en los ambientes naturales, ya que es muy teórico, aunque podría conseguirse en condiciones de laboratorio. *Por ejemplo, es fácilmente observable que existe una superioridad de peso y talla en los animales criados en cautividad en comparación con los salvajes.*
- **Nicho ecológico (real).** El nicho ecológico es el ocupado por una especie en condiciones naturales. En la naturaleza, la competencia hace que las especies pierdan parte o la totalidad de su nicho cuando existe solapamiento (superposición) del mismo entre unas y otras. La ganadora será siempre la mejor adaptada a él, la más especialista. Es preciso añadir que en el caso de que una de las dos especies falte, la otra podrá ampliar y recuperar su nicho hasta alcanzar el potencial.

## ANEXO V. ACTIVIDADES RESUELTAS PTO 4. FUNCIONAMIENTO DEL ECOSISTEMA: RELACIONES TROFICAS EN EL ECOSISTEMA.

**Ejercicio 1.** Observa el siguiente diagrama causal y contesta a las siguientes cuestiones:



**a) Los árboles, por regla general, presentan un rápido crecimiento los primeros años, que posteriormente se van ralentizando. ¿Cuál puede ser la razón?**

*Al aumentar con el crecimiento su biomasa aumenta su gasto energético en las necesidades de mantenimiento (respiración), por lo que la energía que pueden utilizar para sintetizar nueva materia orgánica (Producción neta) a partir de toda la energía asimilada (Producción bruta) es menor:  $PN = PB - R$ .*

**b) Compara una planta de trigo con un árbol desde el punto de vista de su productividad y su producción neta.**

*La producción neta es la energía almacenada en un nivel trófico, es decir, el aumento de biomasa por unidad de tiempo. Se calcula a partir de la energía total fijada restando los gastos de respiración. Como ya vimos en el apartado anterior, debido a que los árboles tienen mayor biomasa, lo que supone mayores gastos en la respiración, su producción neta es menor y crecen de forma más lenta.*

*La productividad es la relación que existe entre producción neta y biomasa ( $p = PN/B$ ). Es un índice de la velocidad de renovación del ecosistema. Dado que los árboles tienen mayor biomasa y mayores gastos respiratorios son menos productivos que el trigo.*

**Ejercicio 2.** Observa la siguiente tabla y contesta:

Ecosistema	Biomasa (mgC/m <sup>2</sup> )	Producción (mg C/m <sup>2</sup> .día)
Plantas	60.000	1.200
Herbívoros	6.000	40
Carnívoros I	400	1
Carnívoros II	48	0.03

**a) Compara los valores de biomasa y producción en los diferentes niveles tróficos y saca alguna conclusión.**

*Si analizamos la **biomasa** podemos observar como ésta decrece en cada nivel, pasando al siguiente un 10% aproximadamente, ya que la biomasa sigue la regla del 10%, por la cual a cada nivel trófico solo pasa un 10% de la energía del anterior, debido a que parte de esta energía se pierde en forma de calor o no es aprovechada. Es por eso que cada nivel superior puede soportar una menor cantidad de biomasa.*

*En cuanto a la **producción** podemos ver como los niveles más productivos son los más bajos, por lo que los niveles superiores no pueden superar una biomasa importante.*

**b) ¿Qué ocurre con la productividad y con el tiempo de renovación a lo largo de la cadena trófica?**

*A partir de la producción, podemos **calcular la productividad** de cada nivel trófico a partir de  $p=PN/B$ . Obtenemos los siguientes valores:*

- Plantas: 0.02
- Herbívoros: 0.0067
- Carnívoros I: 0.0025
- Carnívoros II: 0.000625

*Por lo tanto, vemos que son más productivos los niveles tróficos inferiores de la cadena alimentaria.*

*El **tiempo de renovación** es el tiempo que tarda en renovarse un nivel, y puede calcularse a partir de:  $tr= B/PN$ . Obtenemos los siguientes valores:*

- Plantas: 50 días
- Herbívoros: 150 días
- Carnívoros I: 400 días
- Carnívoros II: 1600 días.

*Así el tiempo de renovación aumenta a lo largo de la cadena trófica.*

**c) ¿Por qué el número de eslabones es tan reducido?**

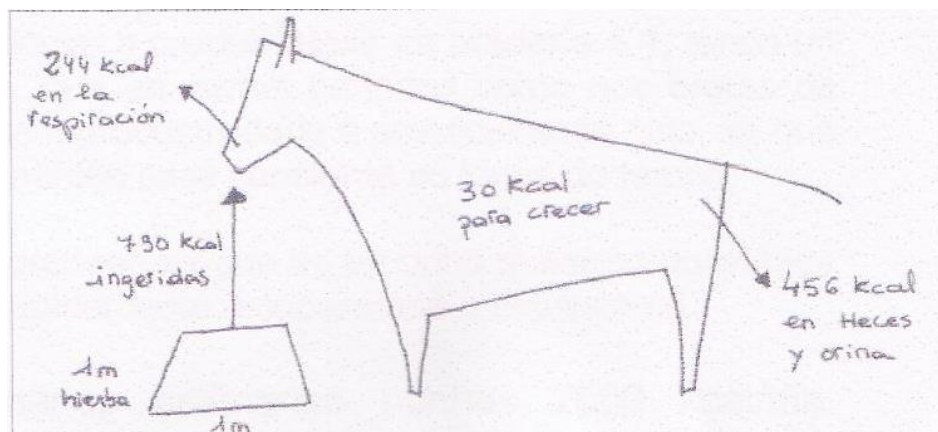
Debido a las pérdidas de un aproximadamente 90% de energía en el paso de un nivel al siguiente (para el automantenimiento y energía perdida en forma de calor); es por ello que las cadenas tróficas no pueden tener muchos eslabones, debido a que no hay energía suficiente.

**d) Calcula la productividad total del ecosistema. ¿Presenta un porcentaje alto o bajo? ¿Cuál crees que es el motivo?**

$$P = PN/B = 1241,03/66448 = 0,019 = 1,9\%$$

La productividad es bastante baja, aproximándose a la de los productores; esto se debe a que estos últimos representan el mayor porcentaje del ecosistema. Seguramente se trate de árboles de gran tamaño que tienen muchas pérdidas en respiración para mantener su biomasa.

**Ejercicio 3.** Observa el siguiente dibujo en el que se expresa el destino de la energía de los alimentos en kilocalorías en el caso de un herbívoro durante un día.



**a) Calcula la producción bruta, la producción neta, la eficiencia y la productividad, teniendo en cuenta que el becerro pesa 500 kg.**

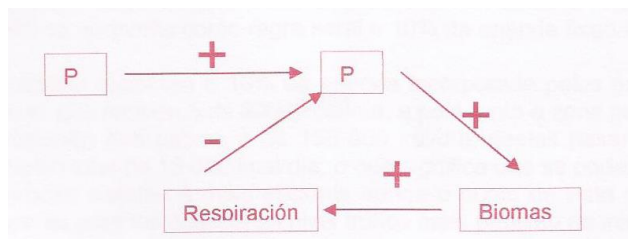
Producción Bruta (Energía asimilada) = 244 + 30 = 274 Kcal.

Producción Neta (Energía fijada) = PB - R = 274 - 244 = 30 Kcal.

Productividad = PN/B = 30/500 = 0,06

Eficiencia = Engorde/Alimento ingerido = 30/730 = 0,041.

b) Si “al aumentar la producción bruta de un individuo, aumenta su producción neta; al aumentar ésta, aumenta la biomasa; pero al aumentar la biomasa, aumenta la respiración; y al aumentar esta última, disminuye la producción neta”. Dibuja y explica el diagrama causal y aplícalo al caso del berreo.



Por lo tanto, a medida que aumenta su producción neta (engorde) aumenta su gasto por respiración, por lo que su eficiencia va a ser menor a mayor peso.

**Ejercicio 4.** La producción diaria bruta de una prado asciende a 4g C/m<sup>2</sup> y su biomasa total es de 2 Kg C/m<sup>2</sup>. Sabemos que su gasto diario de mantenimiento (respiración) es de 2 g C/m<sup>2</sup>. En un bosque tropical, la producción bruta es de 6,5 g C/m<sup>2</sup>.día, el gasto respiratorio de 6 g C/m<sup>2</sup>.día y la biomasa de 18 g C/m<sup>2</sup>.día.

a) **Calcula y compara las producciones netas.**

b) **¿Cuál de los dos ecosistemas tendrá una mayor productividad? ¿De cuál de los dos se puede obtener alimentos con menor tiempo? Razona la respuesta.**

En primer lugar, elaboramos una tabla en donde se reflejen todos los parámetros. ¡Ojo! Es importante tener en cuenta que la **producción** viene dada en **g C** y la **biomasa** en **Kg C**; ¡para el cálculo de la productividad habrá que hacer un cambio de unidades!

	<b>Prado</b>	<b>Bosque tropical</b>
<b>Producción Bruta</b>	4 g C/m <sup>2</sup> . día	6,5 g C/m <sup>2</sup> . día
<b>Respiración</b>	2 g C/m <sup>2</sup>	6 g C/m <sup>2</sup>
<b>Biomasa</b>	2 kg C/m <sup>2</sup>	18 kg C/m <sup>2</sup>
<b>Producción Neta = PB – R</b>	4-2= 2 kg C/m <sup>2</sup> . día	6,5-6= 0,5 Kg C/m <sup>2</sup> . día
<b>Productividad = PN/B</b>	2/2= 1	0,5/18= 0,028
<b>Tiempo de renovación= B/PN</b>	2/2 = 1	18/0,5 =36

**Respuesta Apdo. a.**

La producción neta es mayor en el prado ya que, aunque la producción bruta es menor, al tener menos biomasa su gasto respiratorio es menor, siendo la mayoría de la energía fijada y almacenada en forma de materia orgánica.

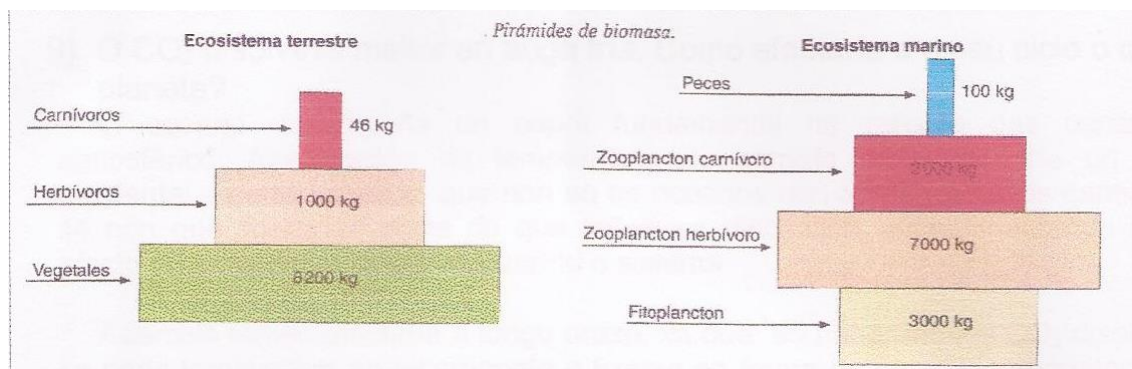
Mientras que, en el bosque, la mayoría de la energía fijada se utiliza para su automantenimiento.

### Respuesta Apdo. b.

Por las razones expuestas en el punto anterior, al calcular la productividad en el prado, ésta da 1; mientras que en el bosque la productividad es prácticamente nula, ya que presenta gran cantidad de biomasa que mantiene casi constante a lo largo del tiempo.

La obtención de los alimentos es más favorable en el prado ya que tiene un tiempo de renovación de 1 y menor al tiempo de renovación del bosque tropical (36).

### Ejercicio 5. Compara las siguientes pirámides de biomasa:



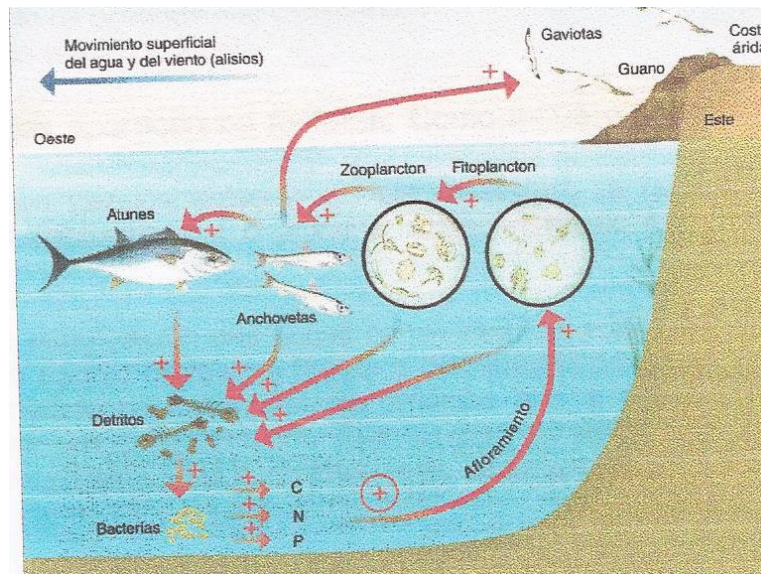
#### a) ¿Cuál está invertida?

La pirámide del ecosistema marino ya que el nivel de los productores representado por el fitoplancton es menor que el de los consumidores primarios representado por el zooplancton herbívoro.

#### b) ¿Qué condición es necesaria para que un nivel de menor biomasa pueda mantener a otro mayor?

En este caso es posible que el fitoplancton pueda mantener al zooplancton herbívoro, apareciendo una pirámide de biomasa invertida, siempre que el tiempo de renovación del eslabón anterior sea lo suficientemente breve como para mantener a un nivel trófico superior mayor. En el caso del fitoplancton, por ejemplo, tarda en renovarse unas 24 horas.

**Ejercicio 6.** El siguiente esquema representa la zona de afloramiento de la costa de Perú, producido por el efecto de vacío al ser arrastrada el agua de la superficie cerca de la costa, por los vientos alisios hacia el oeste.



**a) Determina el nivel trófico al que pertenecen los distintos seres vivos representados.**

- *Fitoplancton: productor*
- *Zooplancton: consumidor primario.*
- *Anchoveta: consumidor secundario.*
- *Atunes y aves: consumidores terciarios.*
- *Bacterias: descomponedores.*

**b) ¿Por qué la producción es elevada en este lugar?**

*La energía externa que permite el reciclado de los nutrientes es aportada por los vientos alisios que arrastra las aguas superficiales provocando el ascenso de las aguas profundas ricas en fósforo, que es el principal elemento limitante de la producción primaria.*

*Además del agua marina, el viento traslada las nubes hacia el oeste, por lo que en estas zonas de los afloramientos (de alta producción) coincide en las costas situadas junto a grandes desiertos o semidesiertos, ya que son zonas donde precipita muy poco (las precipitaciones son arrastradas a las costas de Australia y Nueva Zelanda).*

**c) Explica paso a paso el bucle de retroalimentación establecido entre todos los seres vivos.**

*Es un bucle de retroalimentación positiva que funciona siempre y cuando se mantenga el afloramiento.*

**d) ¿Qué ocurriría en la zona si los vientos alisios no amainasen? ¿Cómo repercutiría en la pesca?**

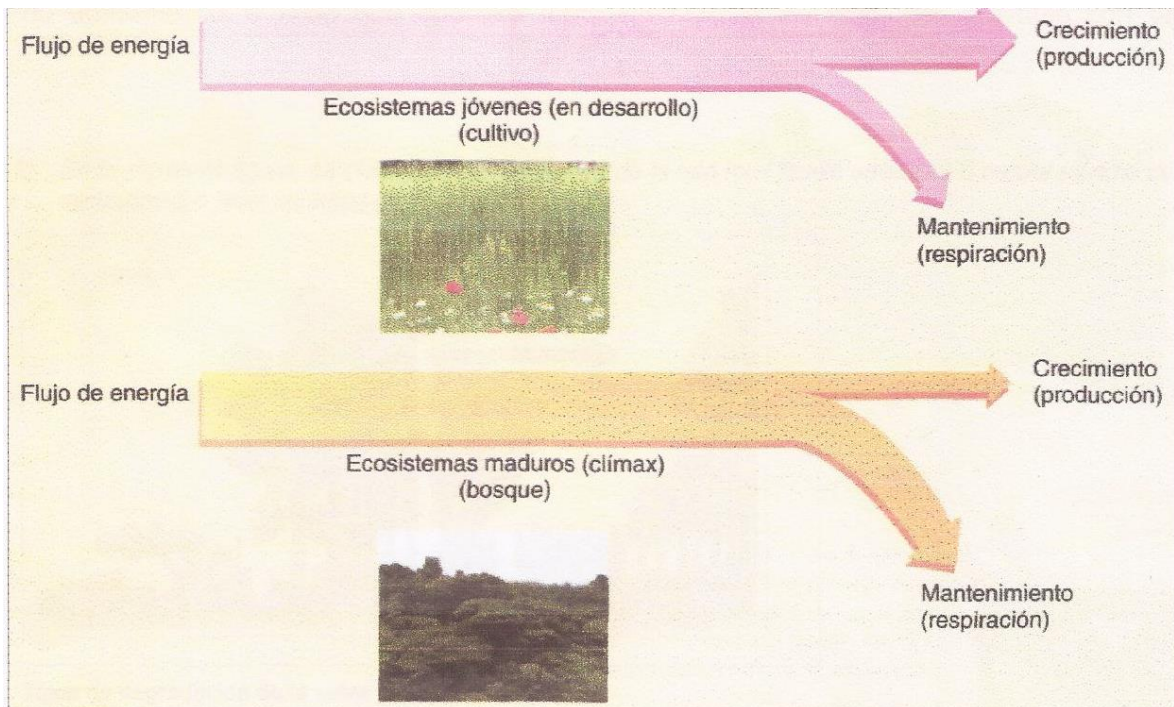
*Si amainasen los vientos (o incluso hay ocasiones que pueden cambiar su dirección) la zona de afloramiento en la costa del Perú desaparecería y en esas zonas costeras se concentraría masas de agua caliente (entorno a 30°). Al desaparecer la zona de afloramiento, la producción de la zona disminuye considerablemente viéndose afectadas todas las cadenas tróficas asociadas, y por tanto produciéndose un descenso de la actividad pesquera (lo que supone grandes pérdidas económicas). Por otro lado, las nubes y precipitaciones se mantienen en las costas peruanas produciéndose en esa zona importantes inundaciones; Por lo contrario en Australia y Nueva Zelanda tienen lugar importantes sequías.*

*Este fenómeno se conoce como Fenómeno de El Niño; es un fenómeno natural del planeta que ocurre cada 5-8 años y que tiene su máxima intensidad en fechas cercanas a la Navidad, de ahí su nombre.*



## **ANEXO VI. ACTIVIDADES RESUELTAS PUNTO 6. SUCESIÓN ECOLÓGICA Y CONCEPTO DE MADUREZ.**

**Ejercicio 1.** ¿Qué diferencias, en cuanto a la energía invertida en producción y respiración, observas en las relaciones presentadas en la siguiente figura entre los intereses de la humanidad y los de la biosfera? ¿Qué conclusiones puedes sacar?



Comparación del reparto de energía en dos ecosistemas de distinta madurez:

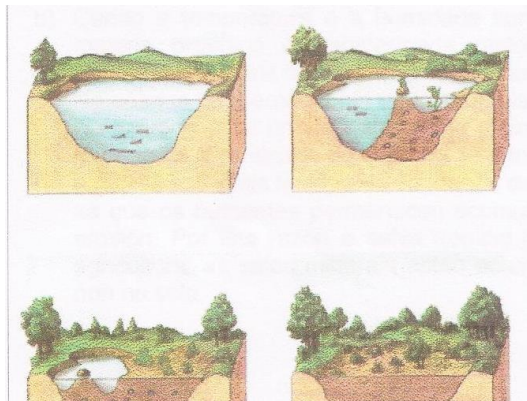
- a) Cultivo:  $\text{Producción/Biomasa}=1$
- b) Bosque (Comunidad Clímax)=  $\text{Producción/Biomasa}= 0$

### Solución:

*La humanidad tiene diferentes intereses que la tendencia general de la biosfera. Así, la humanidad está interesada en conseguir una elevada productividad y para lograrlo tiene que rejuvenecer hasta el máximo los ecosistemas, es decir, hasta los estadios iniciales de la sucesión ecológica como ocurre en el esquema.*

*Sin embargo, la biosfera tiende a capitalizar su producción en alcanzar un máximo de biomasa y dedicar casi toda la producción posterior a mantener dicha biomasa por medio de la respiración, por lo que su producción será baja.*

**Ejercicio 2.** Observa la siguiente figura que representa las diferentes fases en la evolución de un lago, y contesta a las siguientes cuestiones:



**a) ¿Se trata de una sucesión o de una regresión? Razona la respuesta.**

*Se trata de una sucesión en la que un lago se va colmatando por el relleno de los sedimentos y a la par se establece un bosque que con el tiempo se convertirá en una comunidad clímax.*

**b) Señala con una flecha el sentido en el que avanza la sucesión.**

*La sucesión que conduce hacia la comunidad clímax avanza de la primera viñeta a la última (de izquierda a derecha).*

**c) ¿Cómo contribuye el hombre a la aceleración del proceso?**

*Mediante cualquier acción que acelere el proceso de colmatación como extracción del agua o el aumento de la erosión que aportará más sedimentos al lago, por ejemplo, con talas e incendios.*

## **ANEXO VII. ACTIVIDAD RESUELTA PTO. 7. LA BIODIVERSIDAD.**

**Ejercicio 1.** Lee detenidamente el siguiente texto y contesta a las preguntas:

“El lago Victoria (Kenia), el segundo más grande del mundo, se muere debido a la introducción de especies foráneas. Esta es la causa de la pérdida de al menos un tercio de biodiversidad mundial. Este lago, que era rico en especies autóctonas, está en serio peligro de convertirse en un lago muerto. Todo comenzó en 1954 con la introducción de la perca del Nilo, un depredador de 200 kg que consume grandes cantidades de peces pequeños, de los que se alimenta tradicionalmente la población nativa.

Por estos motivos, ya han desaparecido 200 de estas especies y 150 más se encuentran seriamente amenazadas. La pesca de las percas se hace con explosivos y venenos, que contaminan el agua y hacen peligrosa una alimentación a partir de estos pescados. En 1989 se agravó el problema con la aparición, sin saber cómo, de una planta acuática, el Jacinto de agua, que era originaria de Ecuador. El crecimiento de esta planta es exponencial debido a los arrastres de nitratos que se usan en la agricultura como abonos y de los vertidos de aguas residuales. Su inusitado crecimiento impide el paso de luz y oxígeno a las aguas y el transporte en barcos. Además, favorece el desarrollo del mosquito Anopheles, que transmite la enfermedad de la malaria”

**a) ¿Qué es la biodiversidad? ¿Cuál es la causa de su pérdida que se analiza en el texto? ¿Es muy significativa?**

**Concepto Biodiversidad:** Tradicionalmente se entiende por **diversidad biológica o biodiversidad** la riqueza o variedad de las especies de un ecosistema y a la abundancia relativa de los individuos de cada especie.

Según esta definición, al comparar dos ecosistemas, será más diverso no sólo el que tiene un mayor número de especies sino, además, el que tenga un mayor número en individuos por especie. Un ecosistema diverso es un ecosistema más estable, debido al gran número de relaciones causales que se establecen entre las especies.

Tras la Conferencia de Río de Janeiro de 1992, en el término de **biodiversidad** se engloban **tres conceptos**:

1. **Variedad de especies que hay en la tierra.** Es importante tanto la variedad de especies como la cantidad de individuos de cada especie.
2. **Diversidad de ecosistemas en nuestro planeta.** En la Tierra hay una gran variedad de ecosistemas terrestres y acuáticos.
3. **Diversidad genética.** Los diferentes genes que poseen los individuos les permiten evolucionar, enriquecerse por cruzamiento y adaptarse a las diferentes condiciones ambientales.

**Causa:** En este texto se analiza la pérdida de biodiversidad por la introducción de especies foráneas.

**Gravedad:** Afecta a la biodiversidad hasta tal punto que está a punto de convertirse en un lago muerto.

**b) ¿Qué dos relaciones tróficas hacen que la perca del Nilo domine estas aguas?**

*Es muy voraz y sobreexplota las poblaciones de las presas y además hace desaparecer otros depredadores por competencia. Por lo tanto serían las relaciones tróficas de depredación y competencia.*

**c) ¿Qué dos estilos de pesca se analizan en el texto? ¿Cuál de ellos es más sostenible? ¿Por qué?**

*Un sistema de pesca sostenible basado en el aprovechamiento tradicional y otro basado solo en el desarrollo económico con uso de venenos y explosivos que no tiene en cuenta los costes ocultos o insumos derivados de la contaminación, pérdida de productividad a medio plazo, etc.*

*Lógicamente el sistema más sostenible es el tradicional ya que no sobreexplota los recursos permitiendo la sostenibilidad del ecosistema desde el punto de vista económico, social y ecológico (mencionar en qué consisten; Ver Tema 1, pag. 17)).*

**d) ¿Por qué crece tanto el Jacinto de agua en el lago Victoria? ¿Qué factores limitantes aparecen como consecuencia de su proliferación? ¿Cómo afectan a los seres vivos autóctonos? ¿Y a los seres humanos?**

*Crece mucho por el aporte de nitratos procedente del uso de abonos de la agricultura intensiva y de las aguas residuales.*

*El Jacinto de agua compite con otras especies al hacer que aparezcan nuevos factores limitantes para otras especies vegetales como la falta de luz y espacio.*

*A los seres vivos autóctonos les afecta al alterar las distintas cadenas tróficas del ecosistema al no permitir el crecimiento de otros organismos productores, de los cuales dependía el resto de los niveles tróficos del ecosistema.*

*A los seres humanos el desarrollo del Jacinto de agua afecta:*

- Produce una disminución de la pesca al alterar las cadenas tróficas por competir con los organismos productores propios del ecosistema como el fitoplancton del que dependen los siguientes niveles tróficos.*
- Dificulta el movimiento de los barcos por su superficie.*
- Aumenta el riesgo de la malaria al favorecer el crecimiento del mosquito Anopheles transmisor de esta enfermedad.*

**e) Enumera las consecuencias que tienen para las personas los problemas del lago Victoria.**

*A parte de los tres problemas comentados en el punto anterior, además se deteriora la calidad de las aguas del lago por el uso de explosivos, venenos y aporte de nitratos procedentes de los abonos nitrogenados y aguas residuales; Por otro lado, los aportes de nitratos también pueden afectar a aguas continentales, tanto de escorrentía, como aguas subterráneas por la filtración de estos.*

## **ANEXO VIII. ACTIVIDADES RESUELTAS PTO. 8. LOS CICLOS BIOGEOQUÍMICOS.**

**Ejercicio 1.** El CO<sub>2</sub> se disuelve mejor en agua fría. ¿Cómo afectaría a su ciclo el calentamiento del planeta?

*El océano desempeña un papel fundamental en la rebaja de las cantidades de CO<sub>2</sub> atmosférico. La elevación de la temperatura del planeta desencadenaría un gran problema ambiental a corto plazo ya que no solo los océanos no admitirían más cantidad de CO<sub>2</sub>, si no que liberarían parte del que tienen en disolución, retroalimentando positivamente el efecto invernadero y desestabilizando el sistema.*

*Además, también afectaría a largo plazo, ya que al haber menos CO<sub>2</sub> disuelto en el agua, habría menos bicarbonato y carbonato disponible para fijarse en las rocas carbonatadas de los fondos marinos ( $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \leftrightarrow \text{HCO}_3^- + \text{H}^+ \leftrightarrow \text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+$ ). Por otra parte, también se verían afectados aquellos animales marinos que utilizan carbonatos (cálcicos y magnésicos) para formar sus estructuras duras (exoesqueletos, endoesqueletos, caparazones, conchas, etc.).*

**Ejercicio 2. a)** ¿Cuál es la razón de que el fósforo sea el principal factor limitante? **b)** ¿Cómo es su proceso de reciclado?

### **Apartado a.**

*El fósforo es el principal factor limitante de la producción primaria debido a:*

- *Su inaccesibilidad a su lugar de almacenamiento en el fondo de los océanos.*
- *Su lento retorno a los ecosistemas al formar parte del ciclo geológico que se mide en millones de años.*

### **Apartado b.**

*El reciclado del fósforo es muy lento, fundamentalmente porque acaba pasando de los ecosistemas terrestres a los acuáticos donde forma parte de los sedimentos en profundidad pasando a formar parte del ciclo geológico tardando millones de años en retornar a tierra. Sirva de ejemplo el tiempo que permanece en cada ecosistema:*

- *Geosfera: 10<sup>5</sup>-10<sup>6</sup> años*
- *Ecosistemas terrestres: 10<sup>2</sup>-10<sup>4</sup> años*
- *Ecosistemas acuáticos: 1-10 años*

*Los procesos que retardan la precipitación del fósforo en el fondo de los océanos y que permiten su reciclado son:*

- *Afloramiento de las aguas profundas.*
- *Oleaje sobre los fondos costeros.*
- *Aves piscívoras que llevan el fósforo desde los océanos hacia los continentes.*
- *La pesca que lleva fósforo desde los océanos hacia los continentes.*

**Ejercicio 3.** En la composición de muchos detergentes aparecen los fosfatos. ¿Cómo influye su vertido en los ecosistemas acuáticos?

*El abuso de detergentes y fertilizantes con fosfatos aceleran el ciclo del fósforo ya que favorecen a su incorporación a las aguas continentales y el posterior almacenamiento en los sedimentos.*

*Pero además, van a causar problemas de eutrofización de las aguas continentales en especial de lagos o ríos con poco caudal donde el exceso de fósforo facilita el crecimiento de gran cantidad de algas microscópicas, acumulándose mucha materia orgánica que al ser descompuesta por las bacterias van a producir que estas últimas consuman gran cantidad de oxígeno, produciendo una situación de anoxia provocando la muerte del resto de organismos.*

**Ejercicio 4.** Señala las intervenciones humanas sobre los distintos ciclos de la materia.

#### Ciclo del Carbono.

- La quema de combustibles fósiles en las industrias o en los vehículos y los incendios forestales libera grandes cantidades de CO y CO<sub>2</sub> a la atmósfera.
- La deforestación hace que el proceso de fotosíntesis sea menor en la Tierra, disminuyendo por lo tanto la cantidad de carbono del CO<sub>2</sub> fijado y aumentando la presencia de este gas en la atmósfera.
- El cambio climático producido por el hombre hace que el CO<sub>2</sub> sea menos soluble en el agua, aumentando sus concentraciones en la atmósfera.

#### Ciclo del Nitrógeno.

- En los procesos de combustión a altas temperaturas (en los motores) al liberar a la atmósfera NO<sub>2</sub>, NO y N<sub>2</sub>O. El NO y N<sub>2</sub>O contribuyen a la destrucción de la capa de ozono; el NO<sub>2</sub> tiene un comportamiento diferente, también nocivo, al combinarse con el vapor de agua atmosférica formando ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) producido por la lluvia ácida.
- Fijación industrial del nitrógeno atmosférico (N<sub>2</sub>) para convertirlo en amoníaco (NH<sub>3</sub>) y fertilizantes.

- Abono excesivo, que provoca la liberación de  $N_2O$  a la atmósfera y la eutrofización de las aguas continentales.

### Ciclo del Azufre.

A diferencia del fósforo, los sulfatos ( $SO_4^{2-}$ ) en general son abundantes en los suelos, pues, aunque se pierda por el lixiviado, estos pasan debido al viento a la atmósfera, siendo posteriormente repuestos por las lluvias de forma natural.

El hombre puede acelerar el paso del azufre a la atmósfera mediante la combustión de carbón y petróleo que contiene cantidades importantes de azufre y, al quemarse, liberan óxido de azufre ( $SO_2$ ) a la atmósfera donde se produce ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) que, junto con el ácido nítrico ( $HNO_3$ ), es el causante de la lluvia ácida.

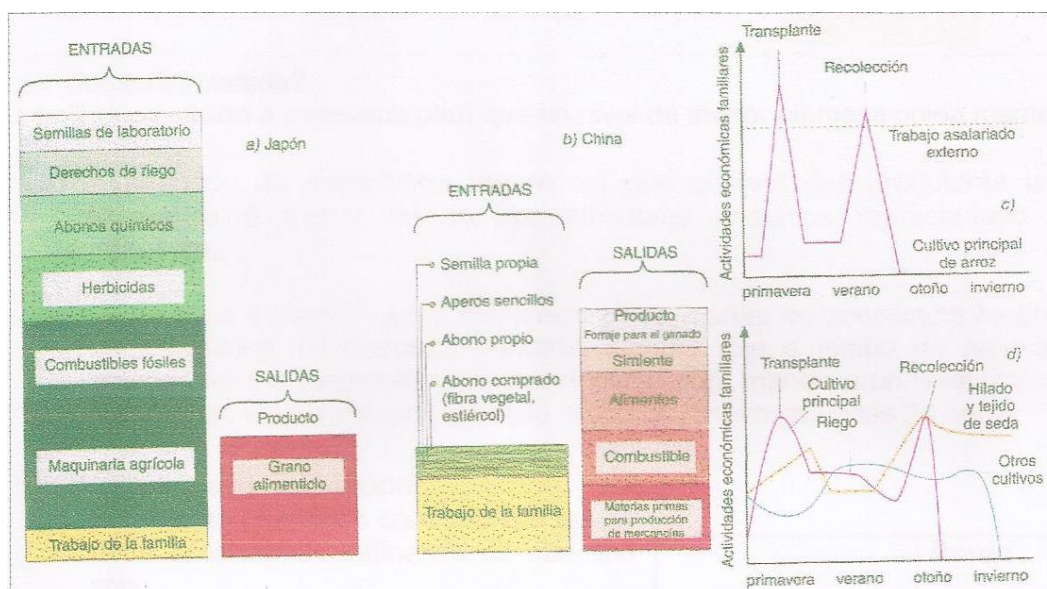
También puede alterar su mineralización a partir de sustancias de desecho, que devuelven al medio azufre orgánico, que es mineralizado por bacterias y hongos, que lo transforman en azufre (S), sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ) y en sulfuros de hierro ( $FeS$  o  $Fe_2S_3$ ). Su eliminación en las aguas fecales impide esta remineralización e incorporación de nuevo a los productores, pasando directamente a los océanos.

### Ciclo del Fósforo.

El hombre alteró el ciclo del fósforo al recoger productos de desecho y verterlos al mar, y por la aplicación de fosfatos en las tierras de cultivo.

## ANEXO IX. EJERCICIOS RESUELTOS PTO. 9. LOS RECURSOS DE LA BIOSFERA.

**Ejercicio 1.** Tras la revolución verde se pasó de un sistema tradicional de policultivos a los monocultivos mecanizados, en los que solamente se seleccionan unas cuantas especies. En China se mantiene el modo tradicional mientras que en Japón se adoptó los modelos occidentales de monocultivos como puede verse en la siguiente gráfica:



**a) ¿Cuál de los dos te parece más eficiente? Razona la respuesta.**

*Para calcular la eficiencia del sistema debemos tener en cuenta la relación beneficio/coste comparando las salidas/entradas del sistema. A simple vista podemos ver que la relación salidas/entradas es mayor en los cultivos tradicionales chinos.*

**b) Analiza desde un punto de vista ocupacional las ventajas e inconvenientes de ambos modelos.**

*Desde el punto de vista ocupacional se observa que en Japón trabajan pocos miembros de una familia, y solo en los periodos de trasplante y recolección pueden trabajar todos los miembros e incluso trabajadores asalariados. El resto del año los miembros de las familias deben buscar otras ocupaciones.*

*En el caso de China son muchos más los miembros de la familia los que trabajan en los cultivos, en las distintas tareas, a lo largo de todo el año.*

**c) ¿Cuál de los dos modelos es más sostenible? ¿Por qué? Nombra los impactos ambientales originados en cada uno de los sistemas.**

*El más sostenible es el tradicional, porque recicla al máximo la materia, ya que utiliza semillas y abono propio (salidas) como entradas y utiliza la luz y el trabajo humano como fuentes de energía, no empleando los combustibles fósiles.*

*El sistema tradicional no presenta problemas para el medio, al estar integrado en él; sin embargo, en Japón existen multitud de problemas ecológicos, económicos y sociales: agotamiento del suelo, contaminación del aire, contaminación y sobreexplotación del agua, exceso de consumo de combustibles fósiles, paro en la población, etc.*