

TEMA 5. LA BIOSFERA.

1. EL ECOSISTEMA: COMPONENTES E INTERRELACIONES.

1.1 EL ECOSISTEMA: CONCEPTO DE BIOSFERA, ECOSFERA Y ECOSISTEMA.

- **Biosfera**: es un sistema que incluye el espacio donde se desarrolla toda la vida que existe en la Tierra. Está constituido por la vida y su área de influencia, desde el subsuelo hasta la atmósfera. Sus límites son difíciles de precisar pues se han encontrado bacterias a 2.800 m de profundidad bajo tierra (y no se cree que sea un hecho aislado, probablemente haya a mucha más profundidad) y se han visto volar aves a 9 km de altura y hay una enorme diversidad de especies en la profundidad del océano (adaptadas a la oscuridad total y a la enorme presión del agua).

“En la actualidad con el termino biosfera se suele referir únicamente a todos los seres vivos que pueblan nuestro planeta”.

- **Ecosistema**: es un sistema dinámico formado por el conjunto de factores bióticos (comunidad o biocenosis) y factores abióticos (biotopo) y las interrelaciones entre ellos (sobre todo intercambios de energía y materia).
- **Ecosfera**: es el ecosistema planetario de la Tierra (la Tierra puede ser considerada como un ecosistema donde la atmósfera, hidrosfera, geosfera y los seres vivos se relacionan entre sí, directa o indirectamente, por ejemplo los organismos fotosintéticos producen oxígeno que se libera a la atmósfera y, a su vez, este oxígeno puede ser cogido de la atmósfera y usado por otros seres vivos).

1.2 COMPONENTES BIÓTICOS Y ABIÓTICOS.

1.2.1 Concepto de biotopo y biocenosis.

- **Biocenosis o comunidad**: es el conjunto de seres vivos que habitan en un determinado lugar (factores bióticos).
- **Biotopo**: es el espacio físico, natural de un determinado lugar donde se desarrolla la biocenosis (parte viva del ecosistema). Este medio físico o territorio está formado por los factores físico-químicos del medio (factores abióticos), por ejemplo temperatura, rocas y minerales, pH, salinidad, agua, gases del aire...

$$\text{Ecosfera} = \text{Geosfera} + \text{Atmósfera} + \text{Hidrosfera} + \text{Biosfera.}$$

$$\text{Ecosistema} = \text{Biotopo} + \text{Biocenosis}$$

1.2.2 Cite los factores físico-químicos de los biotopos.

Ejemplos: agua, temperatura, rocas, ph, viento, gases (O₂, CO₂...), contaminación, sonidos, radiaciones, etc. (Cualquier cosa que no sea seres vivos).

1.2.3 Cite los componentes de la biocenosis (población y comunidad).

- **Población**: es el conjunto de seres vivos de la misma especie que habita en un lugar y en un momento determinado. Ejemplos:
- **Comunidad o biocenosis**: es un conjunto de poblaciones que habitan en un lugar y momento determinado. Ejemplos:

1.3 INTERRELACIONES DE LOS COMPONENTES DE UN ECOSISTEMA.

1.3.1 Relaciones intraespecíficas. Concepto y ejemplos.

Las relaciones intraespecíficas son las interacciones que suceden entre organismos de la misma especie (población). La más común es la **competencia intraespecífica** en la que los organismos de la misma especie compiten por un mismo recurso que es escaso, entendiendo por recurso no sólo alimentos sino también lugares de nidificación, hembras en celo disponibles... En algunas especies la competencia se manifiesta por medio de la territorialidad, defendiendo su territorio de la presencia de otros organismos de su especie, ya que con el territorio se asegura tener los recursos suficientes que necesita como la comida.

Otro tipo de relación intraespecífica sería el **agrupamiento** de individuos de una misma especie con una finalidad común, entre las finalidades más comunes están ayudarse en la caza, procurar alimento, defenderse, reproducirse... Los agrupamientos pueden ser colonias, familias, gregarismos y sociedades. Las agrupaciones pueden ser permanentes o temporales.

Las colonias son agrupaciones permanentes de individuos que se originan al quedar unidos los descendientes de un mismo progenitor, como por ejemplo la mayoría de los corales. Las familias son agrupaciones no muy numerosas cuya finalidad principal es la reproducción, aunque es muy común que además cooperen para conseguir otras finalidades como la caza, el cuidado de las crías (ejemplo las leonas niñeras que se quedan con las crías mientras el resto caza)... El gregarismo consiste en agrupaciones muy numerosas, por ejemplo las migraciones y los bancos de peces (se unen en determinados momentos de su vida). Las sociedades son unas organizaciones de individuos de la misma especie que viven juntos y dependen unos de otros para su supervivencia, por ejemplo las hormigas, las termitas, las abejas... es característica una distinción de jerarquías, en las que cada tipo de individuo tiene asignada una función cuya finalidad es el beneficio de la sociedad completa (ejemplo hormiga reina, obrera y soldado).

1.3.2 Relaciones interespecíficas. Concepto y ejemplos.

Son las interrelaciones entre seres vivos de distinta especie. Hay varias posibilidades, que ambos organismos se benefician, que uno se beneficie y otro se perjudique, que ninguno se perjudica pero que uno se beneficia...

- **Mutualismo** → es la interacción en la que ambos se benefician. Ejemplo: los desparasitadores presentan mutualismo como un rinoceronte y el ave que le desparasita, o el tiburón y un pez que le elimina parásitos de la boca. Tanto el ave como el pez pueden desparasitar organismos de otras especies, no son exclusivos ni del rinoceronte ni del tiburón.
- **Simbiosis** → al igual que el mutualismo es una interacción en la que ambos organismos se benefician, pero en este caso la relación es más compleja puesto que los organismos no pueden vivir libremente del otro organismo. Es una asociación "obligada". Ejemplos:

* Los líquenes, son asociaciones de hongos con algas, en la que el hongo protege, da humedad y nutrientes al alga, y el alga mediante la fotosíntesis proporciona materia orgánica al hongo.

* las micorrizas, son asociaciones de hongos con raíces de plantas, en la que el hongo proporciona humedad y nutrientes al vegetal (el hongo forma un entramado de hifas a modo de red de mayores dimensiones que las raíces vegetales, por lo que abarca mucha mayor superficie de suelo y es mucho más efectivo para obtener agua y nutrientes en períodos de escasez sobre todo), y el vegetal, mediante fotosíntesis sintetiza materia orgánica que le da al hongo (los vegetales con micorrizas crecen mejor y son más resistentes a los períodos de sequía que cuando carecen de ellas).

* Las bacterias del género *Rhizobium*, se asocian con las raíces de vegetales de la familia leguminosas (planta del guisante, haba, algarrobo, alfalfa...), estas bacterias son capaces de fijar el N₂ del

aire y oxidarlo a nitrato, que es la forma en que los vegetales incorporan el nitrógeno que necesitan. La bacteria proporciona nitrógeno al vegetal y éste le proporciona materia orgánica obtenida mediante la fotosíntesis (las leguminosas crecen bien y no tienen competidores en suelos pobres en nitratos que es el principal nutriente para los productores). Otros ejemplos de simbiosis serían la flora intestinal beneficiosa que además de protegernos de que se puedan instalar bacterias patógenas en el intestino, nos proporcionan algunas vitaminas como la vitamina K y algunas del complejo B; se sabe que los pacientes alimentados por vía endovenosa o en ayuno, y que han recibido antibióticos de amplio espectro que acaban con la flora intestinal, pueden sangrar debido a la falta de la vitamina K.

- **Comensalismo o Inquilinismo** → es un tipo de interacción en la que un organismo llamado comensal se beneficia de su relación con otro organismo, al cual ni perjudica ni beneficia. Ejemplo: el tiburón y el pez rémora. El pez acompaña al tiburón y se alimenta de los restos de comida que desperdicia el tiburón. El tiburón no se perjudica ni se beneficia y la rémora se beneficia. Otros ejemplos podrían ser los carroñeros que esperan a que el depredador termine de comer para comerse sus sobras (algunos carroñeros atosigan al depredador para que deje de comer y se vaya, estos no serían comensales pues perjudican al depredador) y las garcillas bueyeras (aves blancas de tamaño mediano que ves subidas al lomo de vacas, ovejas...) siguen al ganado que padece, y capturan las presas (grillos, saltamontes, ranas, escarabajos...) que se levantan al paso del ganado.
- **Antibiosis o amensalismo** → es un tipo de relación interespecífica en la que un organismo se perjudica, mientras que el otro no se ve afectado (ni se beneficia ni se perjudica). Ejemplo: el eucalipto tira unas hojas que no permiten donde caen el crecimiento de otras plantas (al descomponerse la hoja se segregan sustancias tóxicas). La antibiosis impide la vida de otros organismos. Otro ejemplo el hongo *Penicillium* inhibe el crecimiento de bacterias ya que en su actividad normal el hongo produce antibióticos.
- **Parasitismo** → es una interacción donde un organismo se beneficia (parásito) y el otro se perjudica (hospedador). El parasitismo se diferencia de la depredación en que el parasitismo generalmente no produce la muerte del otro organismo, suele ser de mucho menor tamaño que el hospedador y parasita sólo a uno o unos pocos organismos. Hay dos tipos de parásitos: ectoparásitos (fuera del organismo) y endoparásitos (dentro del organismo). Ejemplo de ectoparásitos; garrapata, chinches..., y ejemplo de endoparásitos; solitaria, tenia, el protozoo *Plasmodium malariae* causante de la malaria...
- **Depredación** → al igual que en el parasitismo, una especie se perjudica (presa) mientras que la otra se beneficia (depredador). El depredador puede matar al organismo y comérselo, o bien comerse una parte del organismo como sucede en muchas ocasiones en vegetales, la depredación en vegetales recibe el nombre de herbivorismo. Ejemplo; el ciervo con los vegetales o el depredador que ataca a muchas presas a lo largo de su vida.
- **Competencia** → es una interacción en la que las dos especies se perjudican porque las mismas especies demandan uno o más recursos idénticos que son escasos. Ejemplo: leones con hienas.

2 LOS BIOMAS TERRESTRES Y ACUATICOS (Concepto).

Los biomas son ecosistemas a escala mundial (de gran tamaño), con una fauna y flora con características determinadas por el clima (T^a y humedad). Los biomas corresponderían con el estado clímax de un ecosistema para una temperatura y humedad determinados. Aunque, en su sentido más genuino los biomas se atribuyen a zonas terrestres, también se puede hablar de biomas acuáticos (marinos y dulceacuícolas) y biomas de interfase en los que confluyen ambientes diversos como el terrestre y dulceacuícola o el marino y dulceacuícola (zona costera, marismas, estuarios...). Aquí solo nombraremos ejemplos de biomas terrestres y marinos.

Ejemplos de biomas terrestres:

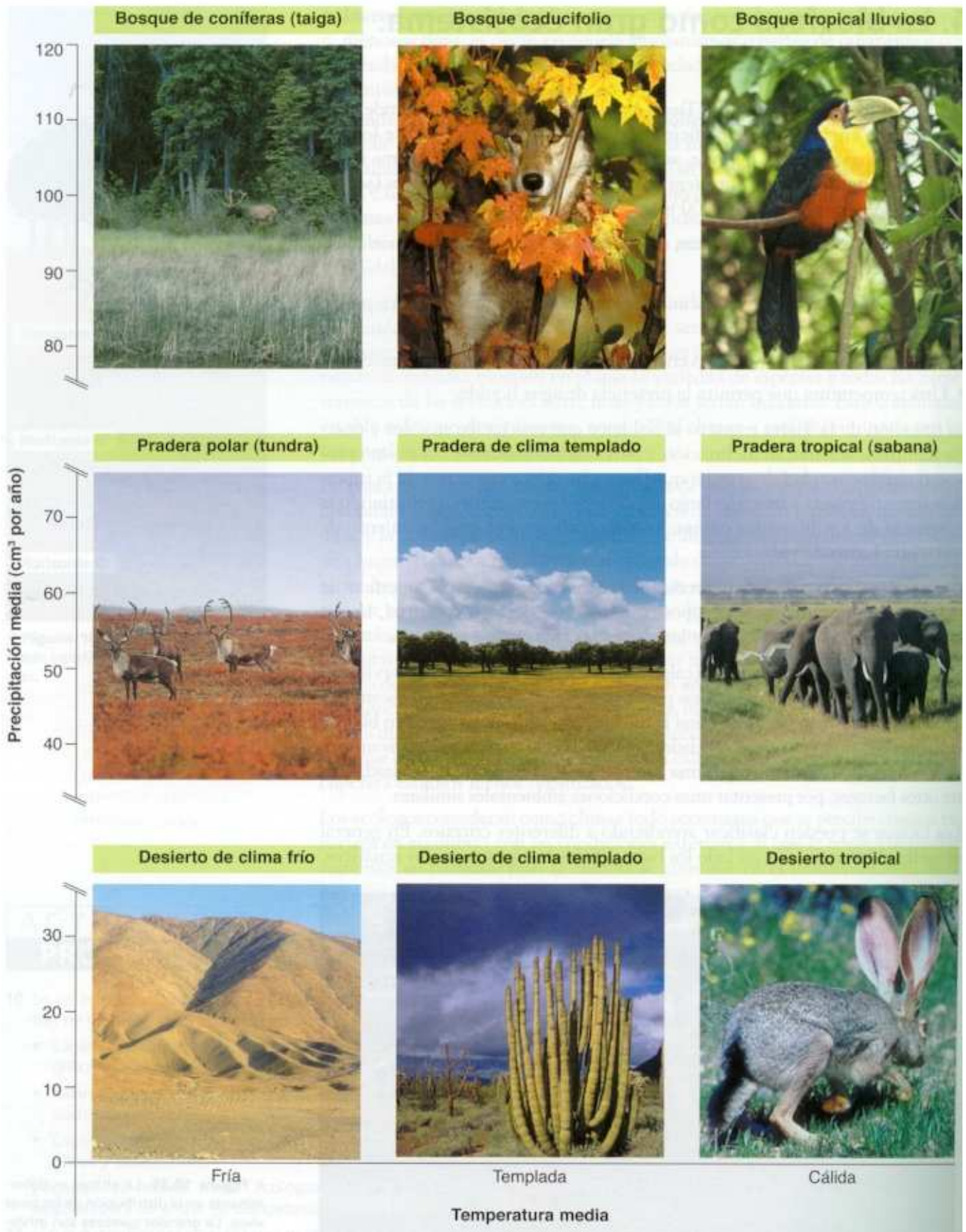
- **Pluvisilva**, caracterizada por alta temperatura y humedad y gran densidad de vegetación (selva).

- Sabana con herbáceas y arbolado disperso, con una estación seca y otra lluviosa y un clima cálido.
- Estepas o praderas con herbáceas y arbolado disperso. No es caluroso sino Tª fría.
- Desierto con escasas precipitaciones y flora. Dos tipos, cálido y frío, con Tª extremas.
- Bosque mediterráneo con veranos calurosos e inviernos suaves, con época de sequía que coincide con el verano, por lo que la flora debe estar adaptada al período de sequía.
- Bosque de hoja caduca, climas templados con cambios estacionales.
- Taiga, clima frío con bosques de coníferas (Picea, abetos, alerces y pinos).
- Tundra, muy frío, suelo permanentemente congelado y la flora aparece en verano cuando se derriten los hielos durante un tiempo muy breve.

TABLA 5. PRINCIPALES BIOMAS TERRESTRES

| Biomás | Zona climática | Flora típica | Fauna típica |
|---|---|---|--|
| Desierto polar | Zona climática fría. Hielos permanentes. | | |
| Tundra | Zona climática fría. Ambiente seco y frío; las temperaturas superan los 0 °C sólo en los meses de verano. | Musgos, líquenes y hierbas. | Liebre ártica, lemmings, osos polares, lobos, zorros. |
| Taiga | | Bosques de coníferas: pinos, abetos. | Osos pardos, alces, bisontes, linces. |
| Bosque caducifolio | Zona templada. Clima templado y húmedo con acusados cambios estacionales. | Hayas, robles, castaños, arbustos, cultivos. | Osos, zorros, ardillas, ciervos, corzos, linces, lobos. |
| Bosque mediterráneo | Zona templada. Veranos cálidos y secos e inviernos templados. | Pinos, encinas, alcornoques, arbustos: romero, jara. | Reptiles: víboras, roedores, linces, ginetas, meloncillos. |
| Estepa | Zonas templadas o frías. Lluvias irregulares. | Hierbas abundantes y árboles y arbustos dispersos. | Herbívoros y grandes carnívoros. |
| Desierto | Zonas cálidas. Clima árido sin lluvias o lluvias muy escasas. | Plantas xerófilas: cactus, euforbias. | Camellos, dromedarios, reptiles, escorpiones. |
| Sabana | Zonas cálidas. Clima con dos estaciones: seca y húmeda. | Estrato herbáceo con árboles y arbustos dispersos. | Grandes herbívoros y carnívoros. |
| Pluvsilvas (bosque tropical y selva ecuatorial) | Zonas cálidas. Pluviosidad abundante. | Vegetación exuberante muy estratificada: árboles, plantas epífitas y trepadoras, arbustos, hierbas. | Monos, anfibios, insectos, reptiles, aves. |





Ejemplos de biomas marinos:

- Nerítico, situado en la plataforma continental hasta 200m de profundidad, penetra la luz y está muy oxigenado por las olas. Con gran variedad de organismos, tanto los que nadan (comunidad nectónica ejemplos mayoría de peces, tortugas, calamares, delfines...) como los que viven en el fondo (comunidad bentónica ejemplos erizos, algas, corales, estrellas de mar, peces como el lenguado y la raya...) y los que flotan en la superficie o cerca de la superficie (comunidad planctónica), según esto,

distinguimos tres tipos de organismos marinos: el plancton o conjunto de organismos que flotan sobre las aguas, dejándose arrastrar por olas y corrientes (fitoplancton: fotosintéticos y zooplancton: heterótrofos), el necton o conjunto de organismos nadadores que se desplazan con libertad y el bentos que son el conjunto de organismos del fondo.

- Pelágico o de alta mar incluye desde zonas donde llega la luz (hasta 200m de profundidad) donde abunda el plancton hasta zonas por debajo incluso de 2.000m con ausencia de luz y muy altas presiones, donde los organismos son escasos y adaptados a las altas presiones si viven en zonas profundas.

3. EJEMPLOS DE ALGUNOS ECOSISTEMAS SIGNIFICATIVOS DE LA REGION DE MURCIA.

- 3.1 Ecosistema litoral: Calblanque.
- 3.2 Ecosistema de bosque medio: Sierra Espuña.
- 3.3 Ecosistema desértico: Gevas.
- 3.4 Ecosistema de río: Cañaverosa.
- 3.5 Ecosistema de rambla: Rambla Salada.
- 3.6 Ecosistema de estepa: el Altiplano.

4. RELACIONES TRÓFICAS ENTRE LOS ORGANISMOS DE LOS ECOSISTEMAS.

4.1 NIVELES TRÓFICOS.

Es una agrupación de seres vivos con similares requerimientos nutritivos.

Las relaciones tróficas (trofos= alimento en griego) entre los seres vivos sirven para obtener materia y energía, ya que cuando un ser vivo se alimenta de otro obtiene materia orgánica que posee energía almacenada en sus enlaces. Un nivel trófico incluye a todos los organismos del ecosistema que tienen una fuente de alimento semejante y que, por tanto, comparten una misma forma de aprovechamiento de los recursos energéticos.

Las relaciones tróficas se pueden expresar o representar en cadenas tróficas, redes tróficas y pirámides tróficas, donde cada eslabón de la relación trófica es un nivel trófico.

4.1.1 Productores

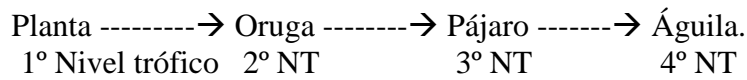
Es el primer nivel trófico, está formado por los organismos autótrofos (ellos mismos fabrican su alimento), son principalmente los organismos fotosintéticos, que usando la energía de la luz, agua, CO₂ y sales minerales (materia inorgánica) obtienen o forman alimento. Ejemplo: vegetales, algas y muchas bacterias.

Hay otros autótrofos llamados quimiosintéticos que oxidan materia inorgánica reducida como las bacterias del azufre, obteniendo la energía necesaria para fabricar su materia orgánica.

4.1.2 Consumidores: primarios, secundarios...

Los consumidores son heterótrofos (obtienen la materia y energía de otros seres vivos o de sus restos). Existen varios tipos o subniveles tróficos dentro de consumidores:

- Primarios o herbívoros: son los consumidores de primer orden, se alimentan del primer nivel trófico, es decir, obtienen de los productores la materia y energía que necesitan para vivir.
- Secundarios o carnívoros: constituyen los consumidores de segundo orden y se alimentan de herbívoros (obtienen la materia y energía de consumidores primarios).
- Terciarios o súper carnívoros: constituyen los consumidores de tercer orden y se alimentan de consumidores secundarios (obtienen la materia y energía de los carnívoros).



Otros consumidores pueden ser:

- los omnívoros o diversívoros → se alimentan de varios niveles y subniveles tróficos. Ejemplo: humanos, osos, jabalí...
- Carroñeros o necrófagos → se alimentan de cadáveres recientes o poco modificados. Ejemplo: chacal, buitres...
- Detritívoros o saprófagos → se alimentan de restos de seres vivos y cadáveres claramente alterados. Ejemplo: lombriz de tierra, algunas larvas de escarabajos, ácaros y protozoos.
- Coprófagos: se nutren de los excrementos animales como el escarabajo estercolero.

4.1.3 Descomponedores.

Son aquellos seres vivos que se alimentan de restos de materia orgánica hayan sido o no parcialmente degradados por detritívoros, y la transforman en materia inorgánica (descomponen totalmente la materia orgánica) necesaria para los productores, cerrando así el ciclo de la materia que ya puede volver a ser usada por los productores. La materia orgánica la obtiene de todos los niveles tróficos ya que puede descomponer restos vegetales o animales. Son los hongos y las bacterias. Sin los descomponedores no se reciclaría la materia necesaria para los vegetales y la materia orgánica muerta se acumularía (restos de hojas, pelos, excrementos...), por eso se dice en la ESO y en el colegio que los descomponedores son los basureros del bosque.

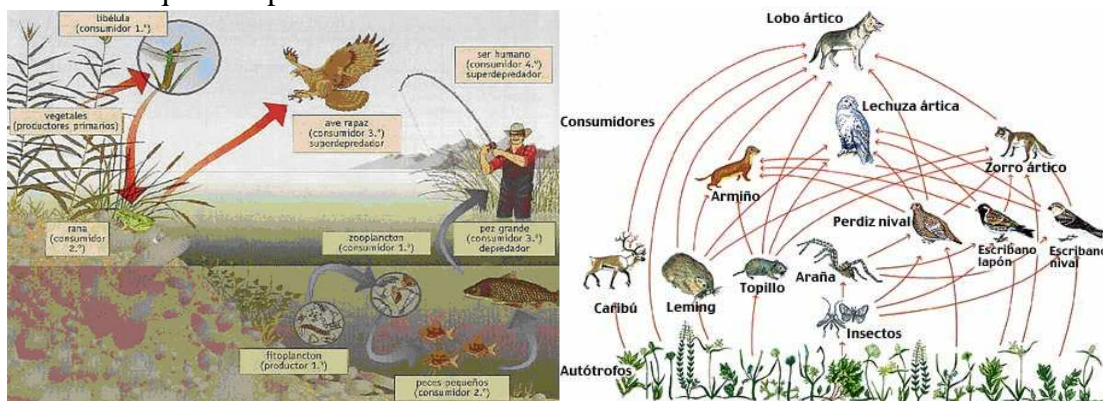
4.2 CADENAS Y REDES TRÓFICAS.

4.2.1 Concepto y ejemplos.

La hierba obtiene su energía y fabrica materia usando la energía solar, el conejo que se alimenta de hierba obtiene materia y energía de la hierba, y a su vez el zorro que se come el conejo, obtiene materia y energía del conejo. Esta relación nutritiva lineal se llama cadena trófica y es la forma más sencilla de representar las relaciones tróficas que permiten el paso de la materia y energía de los ecosistemas.

La cadena trófica Hierba → conejo → zorro no se cumple como tal en la realidad, porque el conejo puede comer otras plantas y ser depredado por otros carnívoros, incluso la hierba puede ser comida por otros herbívoros. Por lo tanto la realidad es mucho más compleja, produciéndose una compleja red de relaciones tróficas que incluye varias cadenas tróficas, formándose la red trófica.

La red trófica es tan complicada que hace difícil su estudio e interpretación a pesar de ser más realista que la cadena trófica. Para simplificar se utiliza la pirámide trófica, formada por barras horizontales unas encima de otras en la que se representa cada nivel trófico.



5. BIOMASA Y PRODUCCIÓN BIOLÓGICA.

5.1 Conceptos de Biomasa, producción primaria, producción secundaria y productividad.

- **Biomasa:** energía o materia orgánica (da igual el que usemos porque la energía almacenada en un ecosistema se refiere a la materia orgánica que es la que almacena la energía en sus enlaces químicos) presente en un ecosistema o nivel trófico. Se mide como materia o energía por unidad de superficie (ecosistemas terrestres) o volumen (ecosistemas acuáticos). Se expresa como t/km^2 , kg/ha , g/m^2 , etc. La biomasa primaria es la fabricada por los productores y la biomasa secundaria, la elaborada por los consumidores.
- **Producción:** la energía obtenida por unidad de superficie o volumen por unidad de tiempo en un ecosistema o nivel trófico, en resumen, es la cantidad de biomasa fabricada por unidad de tiempo. Se expresa como $t/km^2/año$, $kg/ha/año$, $g/m^2/año$, etc.
 - **Producción primaria:** es la cantidad de biomasa fabricada por los productores por unidad de tiempo (es la energía (materia orgánica) obtenida por unidad de superficie o volumen por unidad de tiempo en los productores). Se habla de producción primaria bruta (PPB) y neta (PPN), la PPB es la cantidad total de biomasa fabricada por los productores, mientras que la PPN es la cantidad de biomasa que queda disponible para el siguiente nivel trófico. La $PPN = PPB - \text{Respiración}$ ya que la energía gastada en la respiración celular no pasa al siguiente nivel trófico.
 - **Producción secundaria:** es la cantidad de biomasa fijada por el resto de niveles tróficos (consumidores y descomponedores) por unidad de tiempo (es la energía (materia orgánica) obtenida por unidad de superficie o volumen por unidad de tiempo en los heterótrofos). Se habla de producción secundaria bruta (PSB) y neta (PSN), la PSB es la cantidad total de biomasa fijada por los heterótrofos, mientras que la PSN es la cantidad de biomasa que queda disponible para el siguiente nivel trófico. La $PSN = PSB - \text{Respiración}$, ya que la respiración produce pérdida de energía.

Para comparar la producción en dos ecosistemas distintos se utiliza un parámetro denominado **productividad** (p) que es la relación entre la producción y la biomasa. Suele expresarse en tanto por ciento y nos da idea de la velocidad de renovación de la biomasa. $p = P/B \times 100$ ejemplo dos ecosistemas tienen la misma producción por año (producen la misma cantidad de materia orgánica), pero uno tiene mucha menos biomasa (un arrozal por ejemplo) que el otro (un bosque por ejemplo), entonces el primero es mucho más productivo que el segundo (en los arrozales casi toda la biomasa es tejido verde que hace la fotosíntesis, pero en un bosque hay troncos y ramas con madera marrón que no son productivos porque no hacen la fotosíntesis).

Realiza el siguiente ejercicio de selectividad (Junio 2008)

a) Suponga que la producción diaria bruta en el campo de Cartagena es de 4 g C/m^2 , su biomasa total de 2 Kg C/m^2 y su gasto diario de mantenimiento de 2 g C/m^2 , mientras que en una zona arbolada del centro o norte de la provincia de Murcia la producción bruta es de 6 g C/m^2 , su biomasa total de 12 Kg C/m^2 y su gasto respiratorio de 5 g C/m^2 .

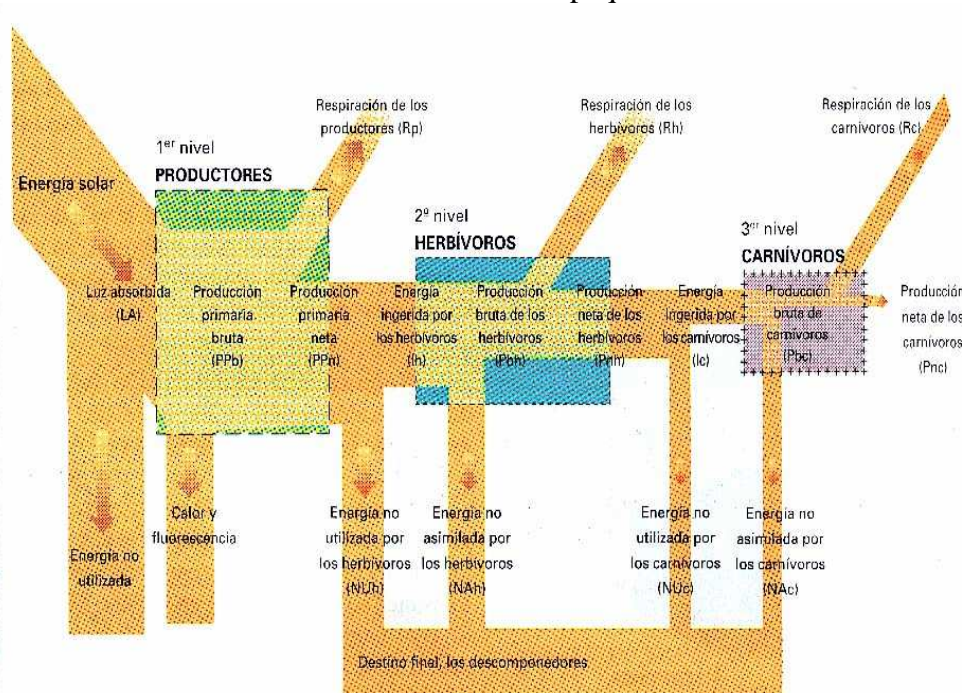
1. Calcule y compare las producciones netas.
2. ¿Cuál de los dos ecosistemas tendrá una productividad mayor? ¿De cuál de los dos se puede obtener alimentos con el menor deterioro posible? Razone su respuesta.

6. REPRESENTACION GRAFICA E INTERPRETACION DE LAS RELACIONES TROFICAS DE UN ECOSISTEMA.

Flujo de energía en los ecosistemas. Regla del 10 %

De un nivel trófico al siguiente dentro de un ecosistema sólo queda disponible para el siguiente nivel trófico aproximadamente un 10 % de la energía obtenida por el nivel trófico previo, esto es debido a que en cada nivel trófico hay una pérdida de energía en las heces, respiración y partes no ingeridas. Se conoce como regla del 10%. Por ejemplo un productor vegetal obtiene del sol 100 unidades de energía, las partes muertas que se desprenden del vegetal o simplemente no consumidas por los herbívoros es energía que no pasa al siguiente nivel trófico (pero si pasa a los descomponedores), además la energía usada en la respiración no pasarán al siguiente nivel trófico así como productos de excreción. En conclusión el herbívoro solo tendrá disponible para consumir un 10 % de la energía del sol que captó la planta, y así sucesivamente en los diferentes niveles tróficos solo quedarán un 10 % del nivel trófico anterior por las pérdidas de energía

no ingeridas, restos como heces y la gastada en la respiración. Esto explica porqué en las pirámides de energía los sucesivos eslabones tienden a ser 10 veces más pequeños.



6.1 Pirámides tróficas o ecológicas: pirámides de número, biomasa y energía (producción).

La pirámide trófica es un tipo de relación trófica representada de forma escalonada en el que cada eslabón de la pirámide corresponde a un nivel trófico y el área de cada nivel trófico representa la magnitud (dimensión) del fenómeno que se quiere estudiar. Como de un nivel trófico al siguiente sólo pasa un 10% de la energía o biomasa, los escalones de las pirámides se van estrechando en los sucesivos niveles tróficos.

Hay tres tipos:

- **Pirámides de números:** cada eslabón representa el nº de individuos de ese nivel trófico. La dimensión de cada uno de los escalones es proporcional al número total de individuos que constituyen cada nivel trófico. No son útiles para comparar ecosistemas, no cumplen la ley del 10% y frecuentemente presentan formas de pirámides irregulares o invertidas, pues, por ejemplo no es lo mismo que los productores sean de muy pequeño tamaño como el fitoplancton que grandes como los árboles y sin embargo la pirámide de números le da la misma importancia a cada productor.



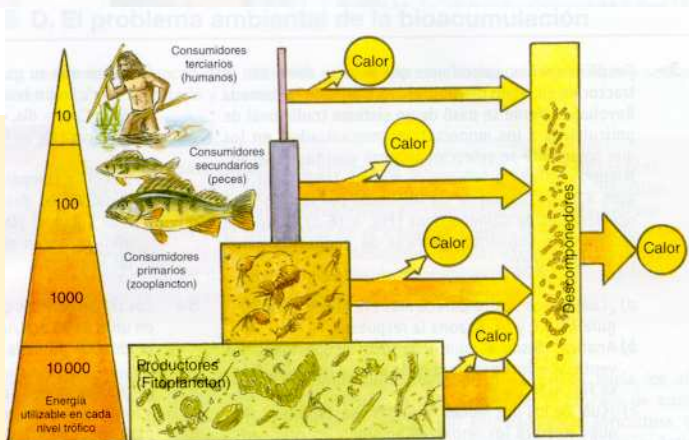
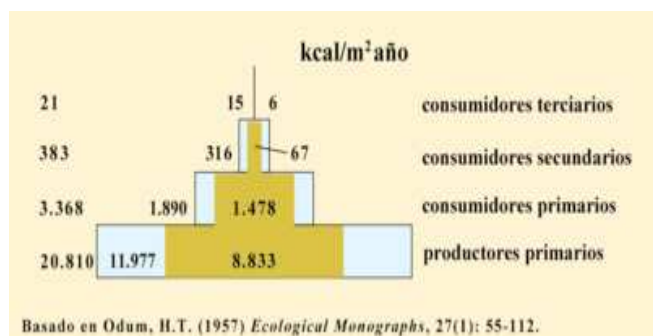
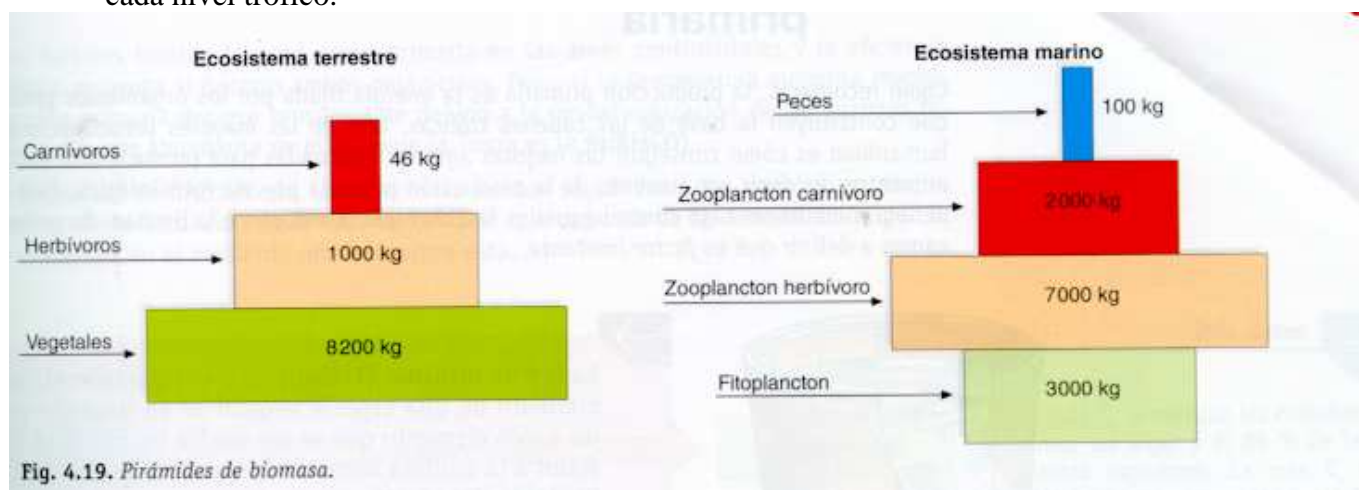
Fig. 4.18.a. Pirámide de energía.



Fig. 4.18.b. Pirámide de números.

- **Pirámides de biomasa:** representa la cantidad de materia orgánica presente en cada nivel trófico, son más representativas que las pirámides de números, aunque en algunos casos pueden aparecer invertidas si la biomasa de los consumidores primarios es superior a la de los productores como puede suceder en ecosistemas marinos donde hay más biomasa de zooplancton que de fitoplancton, pero el rápido crecimiento del fitoplancton (alta tasa reproductiva) permite mantener una mayor biomasa de zooplancton.
- **Pirámides de producción o energía:** si estudiamos a lo largo de un año la cantidad de energía que es acumulada en cada nivel trófico obtenemos una pirámide de energía, se expresa en kcal/m² año. Estas

pirámides en ningún caso pueden estar invertidas ya que lo que se representa es la producción en cada nivel trófico.



Pirámide de Energía

Realiza el siguiente ejercicio de selectividad:

IAU Observa la siguiente pirámide ecológica:

en kcal/m²/año

- ¿Qué tipo de pirámide es y qué información aporta?
- Explica en qué consiste la regla del 10% e indica en qué medida se cumple en este ejemplo.
- Teniendo en cuenta los aspectos anteriores, señala las razones por las cuales el número de niveles tróficos de un ecosistema no puede ser ilimitado.

7 LOS CICLOS BIOGEOQUÍMICOS DEL OXÍGENO, CARBONO, NITRÓGENO, FOSFORO Y AZUFRE.

La materia y la energía circulan constantemente en los ecosistemas, la materia formando un ciclo cerrado mientras que el flujo de energía es abierto porque los ecosistemas pierden mucha energía en forma de calor, por ejemplo los seres vivos.

7.1 Ciclo de la materia. Los ciclos biogeoquímicos: O, C, N, P y S.

Ciclo biogeoquímico es la circulación de los elementos químicos (materia) como C, N y P entre los distintos compartimentos del ecosistema (seres vivos, atmósfera, hidrosfera, geosfera) realizando un ciclo cerrado, por ejemplo un átomo de carbono presente en un animal es transformado en CO_2 mediante la respiración mitocondrial y liberado a la atmósfera donde puede ser captado por un vegetal y volver a un animal al comerse el vegetal. Otro ejemplo más complicado para ayudarte a razonar el carácter cíclico es: el CO_2 liberado a la atmósfera por el animal es disuelto en el agua de un lago (en el agua en contacto con la atmósfera se disuelven gases), el CO_2 disuelto en agua precipita formando rocas carbonatadas, la roca es meteorizada a lo largo del tiempo y el CO_2 vuelve a disolverse en el agua donde un productor lo capta durante la fotosíntesis para formar materia orgánica y por último el animal que come el vegetal incorpora la materia orgánica que contiene el carbono (date cuenta de la circulación del carbono a través de los compartimentos biosfera, atmósfera, hidrosfera, geosfera y vuelve de nuevo a la biosfera formando un ciclo cerrado).

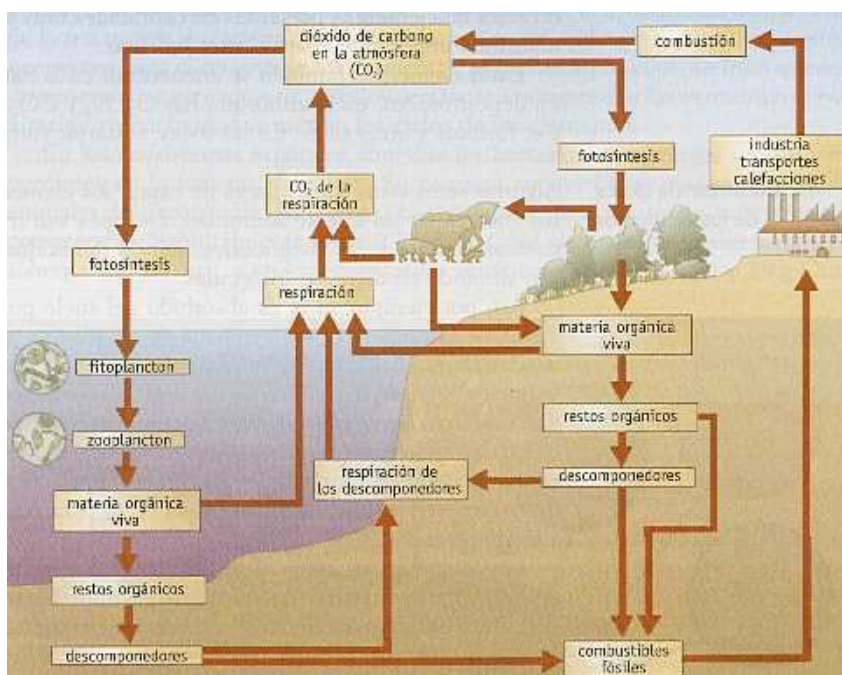
Los elementos químicos pueden permanecer en cantidades muy importantes y durante largos períodos de tiempo en un determinado lugar del ecosistema (atmósfera, geosfera, hidrosfera) llamándose a este lugar “Almacén o reserva o reservorio” (también podéis encontrarlo como pool que es la palabra inglesa), por ejemplo la atmósfera constituye un almacén de carbono (en forma de CO_2), en la geosfera están las rocas fosfatadas que son el almacén principal de fósforo. Cuando el principal almacén es la atmósfera o la hidrosfera se llaman ciclos gaseosos (como el ciclo del C, N, H y O) y cuando la reserva más importante está en forma mineral (en la geosfera) se llaman ciclos sedimentarios (como el ciclo del P y del S). Muchos ciclos biogeoquímicos están modificados por el hombre produciendo alteraciones en los ecosistemas, por ejemplo las actividades humanas aumentan la concentración de CO_2 en la atmósfera, los fertilizantes aumentan el fósforo y el nitrógeno en el suelo y en el agua...

➤ Ciclo del carbono.

La atmósfera es el almacén más importante de carbono en forma de CO_2 que es asimilado por los productores principalmente mediante fotosíntesis, formando materia orgánica que pasará al resto de niveles tróficos mediante las cadenas tróficas. En todos los niveles tróficos se libera CO_2 a la atmósfera (o hidrosfera) mediante respiración y todos los niveles tróficos aportan C también a los descomponedores con sus restos, algunos seres vivos anaerobios liberan carbono en forma de CH_4 (metano) a la atmósfera. Otros almacenes de carbono importantes son el carbono disuelto en el agua (en forma de carbonatos y bicarbonatos) y las rocas carbonatadas. Muchos seres vivos incorporan carbono para construir caparazones (almejas, caracolas...) o esqueletos (arrecifes de coral...) de carbonato cálcico que al morir formarán más rocas carbonatadas. El ser humano aumenta la liberación de carbono (en forma de CO_2) a la atmósfera mediante el uso de combustibles fósiles, alterando con ello el ciclo del carbono. El lento proceso de formación de las rocas carbonatadas retira de la vía principal parte del carbono, este carbono vuelve a la vía principal (atmósfera, hidrosfera, biosfera) mediante la disolución de las rocas carbonatadas y la quema de combustibles fósiles (el carbón, petróleo... son rocas sedimentarias).

➤ Ciclo del oxígeno.

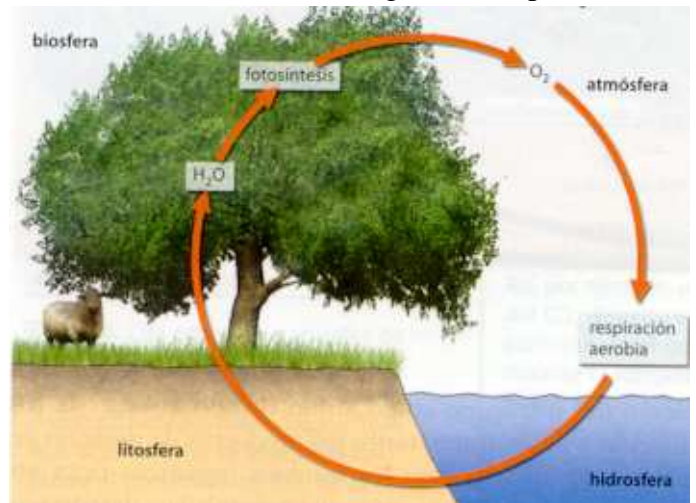
El oxígeno surgió en la atmósfera como consecuencia de la aparición de los organismos fotosintéticos (al principio el oxígeno producido por los organismos fotosintéticos era capturado rápidamente por los minerales de la superficie terrestre que reaccionaban con el oxidándose. Cuando la mayoría de los minerales se encontraban oxidados el oxígeno comenzó a acumularse en la atmósfera y, en menor cantidad, en la hidrosfera porque el oxígeno es poco soluble en agua). Cuando hubo suficiente cantidad de oxígeno aparecieron los seres vivos que utilizan el



oxígeno para obtener energía por oxidación de la materia orgánica (respiración que sucede en la mitocondria en eucariotas y en el citoplasma en procariotas).

El ciclo del oxígeno es muy complejo debido al gran numero de formas y combinaciones químicas en que se presenta. Se presenta como oxígeno molecular (O_2), formando parte del agua (H_2O), en compuestos inorgánicos (geosfera) y en materia orgánica en los seres vivos o en el suelo o en sedimentos.

El ciclo del oxígeno se podría resumir en que los organismos fotosintéticos toman el oxígeno incorporado en la molécula de agua y durante la fotosíntesis la molécula de agua se rompe liberando el oxígeno (a la atmósfera o hidrosfera) en forma de oxígeno molecular, que es utilizado por los seres vivos en la respiración que lo transforma de nuevo en moléculas de agua (recuerda de biología que el oxígeno es el aceptor final de electrones y protones en la cadena de transporte de electrones de la respiración y al coger los e^- y los H^+ se transforma en H_2O). Añadir al ciclo 2 salidas: el que queda atrapado en los sedimentos orgánicos del fondo marino y una parte del oxígeno que oxida a los minerales de la superficie terrestre (quedando retenido en la geosfera).

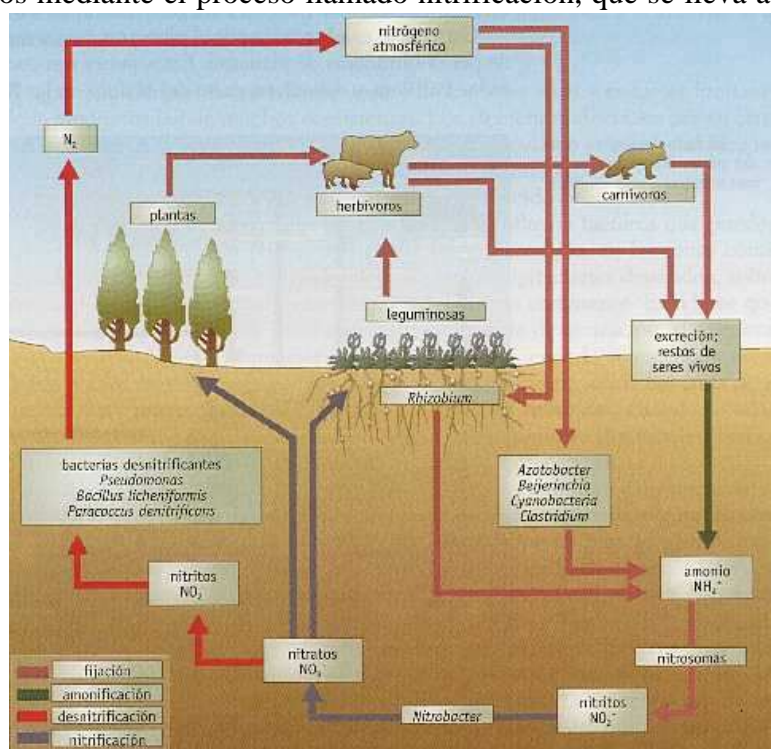


➤ **Ciclo del nitrógeno.**

El principal almacén de nitrógeno es la atmósfera en la que se encuentra el nitrógeno en forma de N_2 (el N_2 constituye el 78% en volumen de la atmósfera), pero los vegetales no pueden incorporar el N_2 directamente y utilizan los nitratos del suelo o del agua. El N_2 del aire debe ser fijado en forma inorgánica asimilable como anión nitrato (NO_3^-), la fijación la realizan principalmente las bacterias fijadoras del N_2 *Azotobacter* (vive libre en el suelo) y *Rhizobium* (también pueden fijar nitrógeno atmosférico algunos hongos, cianobacterias y la bacteria *Clostridium*, pero los más importantes son *Azotobacter* y *Rhizobium*). La bacteria *Rhizobium* realiza simbiosis con las raíces de leguminosas (en la simbiosis la bacteria recibe materia orgánica obtenida de la fotosíntesis del vegetal y la planta recibe nitrógeno asimilable). Los productores transforman los nitratos en materia orgánica que pasará a los consumidores y los restos de productores y consumidores serán materia orgánica para los descomponedores, que transformarán la materia orgánica con nitrógeno (aminoácidos y ácidos nucleicos principalmente) incluidos los desechos del metabolismo (urea y ácido úrico) a forma inorgánica, como amoníaco NH_3 . El NH_3 no es accesible para la mayoría de los organismos debido a su toxicidad. Se produce el paso de NH_3 a nitratos mediante el proceso llamado nitrificación, que se lleva a cabo en 2 pasos por bacterias quimiosintéticas del suelo, primero pasan amoníaco a nitrito (NO_2^-) las bacterias del género *Nitrosomonas* y segundo, pasan nitritos a nitratos (NO_3^-) las bacterias del género *Nitrobacter*. Los nitratos en el suelo y el agua pueden volver a ser usados por los productores, cerrando así el ciclo principal.

En ambientes sin oxígeno la descomposición de materia orgánica dará N_2 en un proceso llamado desnitrificación realizado por algunos hongos y bacterias del género *Pseudomonas* principalmente, este N_2 gaseoso irá a la atmósfera y no podrá ser usado por las plantas.

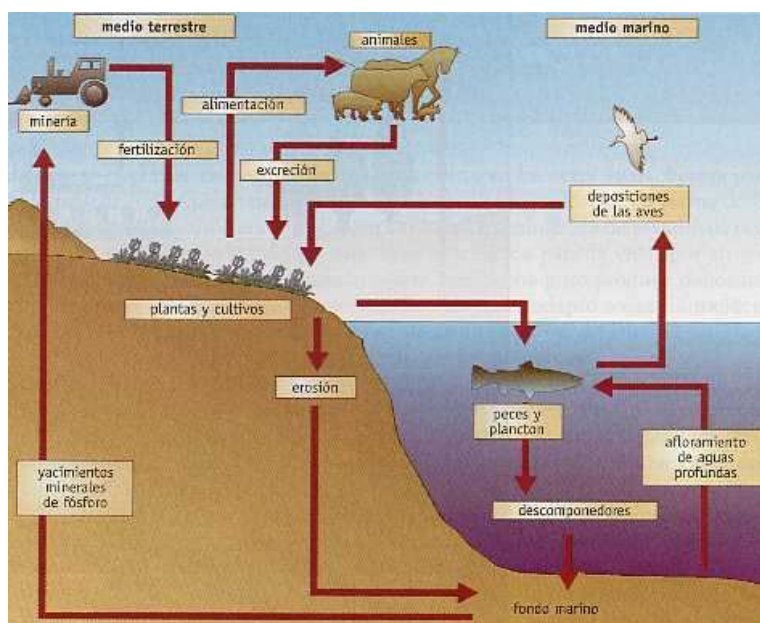
El ser humano altera el ciclo del N por las industrias de fertilizantes que producen



muchos nitratos que pasan al suelo y cultivos, también se producen en combustiones contaminantes formados por óxidos de nitrógeno y, por último, las tormentas eléctricas pueden producir también óxidos de nitrógeno que acabarán llegando al suelo y al agua.

➤ Ciclo del fósforo.

El fósforo tiene una gran importancia ecológica como nutriente limitante, debido a que la proporción de fósforo presente en los tejidos de los organismos en relación con la de otros elementos químicos suele ser mucho mayor que la que existe en el medio (por eso un aumento de P en medios acuáticos debido a las actividades humanas causa eutrofización). El principal almacén de fósforo son los sedimentos y las rocas fosfatadas (el ciclo del P es un ciclo sedimentario), junto con el depósito de fosfato en esqueletos y caparazones resistentes a la meteorización y los excrementos como el guano producido por la acumulación de heces de aves marinas en los acantilados; estos almacenes producen pérdidas considerables de fósforo para los ecosistemas durante largos períodos de tiempo (todas estas acumulaciones de P hacen escaso el P por la inaccesibilidad del P hasta que la meteorización y otros procesos faciliten la incorporación del P al suelo o agua donde los productores pueden incorporarlo).



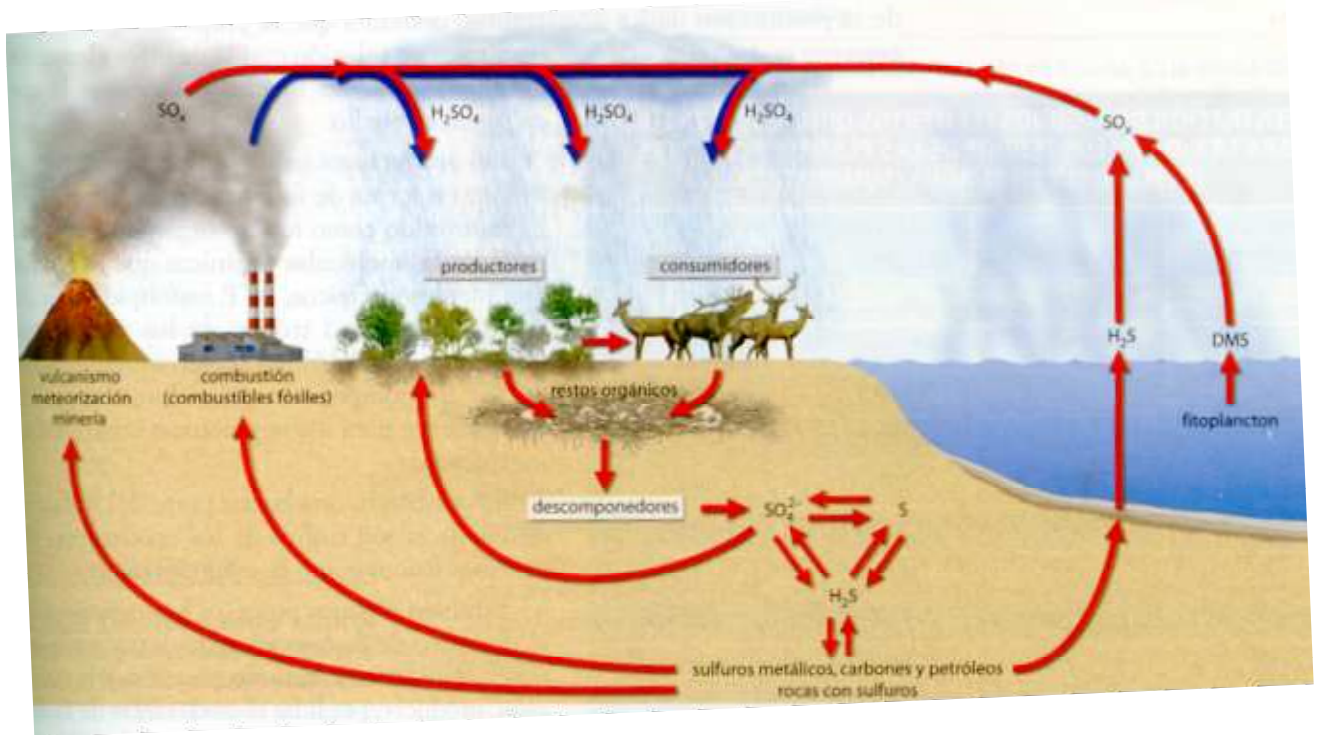
Los productores requieren para su nutrición fósforo en forma de fosfato inorgánico (PO_4^{3-}) para formar moléculas con P como ATP, ácidos nucleicos y fosfolípidos, las cuales serán transferidas a lo largo de la red trófica de los ecosistemas, hasta llegar a los descomponedores que lo mineralizan a PO_4^{3-} haciéndolo de nuevo accesible para los productores, completando así el ciclo principal, aunque una parte de este P puede perderse durante largos períodos de tiempo en los almacenes.

Los seres humanos mediante la formación y uso de fertilizantes químicos, y el estiércol de la ganadería empleados en la agricultura, incorporan grandes cantidades de este nutriente en los ecosistemas, pudiendo provocar eutrofización en los ecosistemas acuáticos.

➤ Ciclo del azufre.

El principal almacén es la hidrosfera (incluye agua que toman los vegetales del suelo) en forma de anión sulfato (SO_4^{2-}) que es absorbido por los productores (del suelo o mares o ríos...) que lo incorporan en la materia orgánica formando parte de proteínas que pasaran al resto de niveles tróficos hasta llegar a los descomponedores que lo transformarán nuevamente en sulfatos o bien en H_2S (ácido sulfhídrico o sulfuro de hidrógeno) en caso de ser en medio anaerobio (sin oxígeno) como en pantanos. Hay bacterias que transforman el H_2S en S y otras oxidan el H_2S en SO_4^{2-} cerrando el ciclo.

El azufre se puede inmovilizar temporalmente en rocas sedimentarias bien como SFe , S_3Fe_2 , o bien, los sulfatos se transforman en yeso (sulfato calcico hidratado) al evaporarse lagos y mares pocos profundos o bien están inmovilizados en combustibles fósiles como carbón y petróleo que llevan mucho azufre. Por otro lado, los volcanes y las actividades humanas (la quema de combustibles fósiles sobre todo que aporta mucho SO_2) liberan a la atmósfera H_2S y SO_x (óxidos de azufre en general, aunque principalmente SO_2) que se oxidan dando SO_4^{2-} e incluso H_2SO_4 (lluvia ácida) que aporta sulfatos de nuevo a la hidrosfera con las precipitaciones.



Ciclo del S

8. EL ECOSISTEMA EN EL TIEMPO: SUCESIÓN, AUTORREGULACION Y REGRESIÓN.

8.1 Concepto de sucesión.

Un ecosistema determinado, como puede ser un bosque o una laguna, no permanece siempre igual, sino que nuevas especies pueden llegar a él y sustituir a otras anteriores. Se llama sucesión ecológica a la secuencia de cambios graduales (principalmente en la comunidad, aunque también hay cambios en el biotopo como por ejemplo mayor desarrollo del suelo) que experimenta un ecosistema a lo largo del tiempo. Los cambios que se producen en la sucesión afectan a la estructura del ecosistema, llevando al ecosistema hacia la adquisición de una serie de estados sucesivamente más estables y no se deben confundir con los pequeños cambios o fluctuaciones, como pueden ser los cambios estacionales (por ejemplo en verano aumentan los insectos por el calor y en invierno sucede lo contrario, incluso mueren muchos vegetales anuales), los cambios noche-día, los cambios demográficos debido a la depredación... Las fluctuaciones son cambios cíclicos o periódicos, en los que el ecosistema vuelve a la situación inicial cuando cesan las causas que originaron dichos cambios.

8.2 Tipos: sucesiones primarias y secundarias. Clímax (autorregulación). Regresión.

Conforme avanza la sucesión aumenta la complejidad del ecosistema llegando en las etapas finales de la sucesión a un equilibrio con el medio ambiente en el que ya no aparecen cambios importantes. Este es el llamado estado clímax, que es el estado final de la sucesión, estable y en equilibrio con el clima dominante de la región en la que se encuentra el ecosistema.

Regresión: en ocasiones la sucesión se puede invertir, es decir, que una perturbación lleve al ecosistema a un estado más primitivo en la sucesión. Esto se conoce como regresión y puede ser causada por perturbaciones naturales (vulcanismo, cambio climático...) o provocadas por el hombre (deforestación, incendios...).

Hay dos tipos de sucesiones:

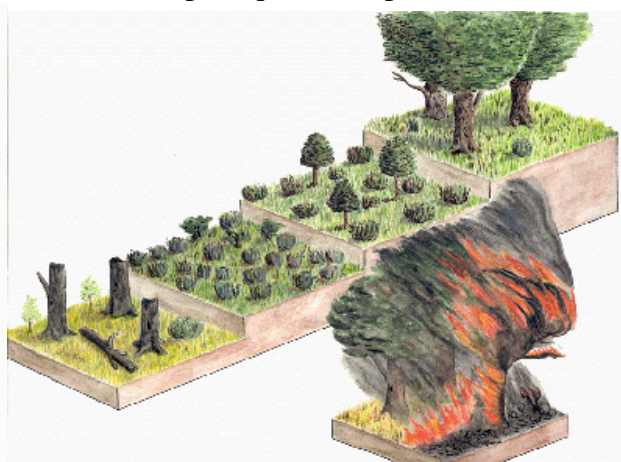
- **La sucesión primaria** es aquella que sucede en un terreno virgen (terreno desnudo-roca desnuda-biotopo nuevo) donde no había una comunidad. Ejemplos: las dunas de arena, los depósitos de lava, la retirada de hielo en una montaña y aparecen rocas vírgenes. Los pasos en una sucesión

primaria como por ejemplo una isla volcánica serían de forma general y muy resumida: la aparición de líquenes sobre las rocas desnudas y musgos que con el tiempo facilitarían la formación del suelo suficiente para que aparezcan hierbas, con el paso del tiempo aumentará la profundidad del suelo y aparecerán arbustos y después árboles, en los sucesivos estados de la sucesión no sólo cambia la vegetación sino también el resto de la comunidad y el suelo que adquiere profundidad, una mayor capacidad de retención de agua y mayor contenido en materia orgánica. Otros cambios pueden ser cambios climáticos como temperaturas más suaves, menor viento por el arbolado, menos insolación directa, mayor precipitación en la zona ocasionada por la mayor evapotranspiración...

- **La sucesión secundaria** son aquellas sucesiones que aparecen en ecosistemas que han sufrido una regresión, la vegetación ha sido eliminada de forma parcial o total, pero conservan parcial o totalmente el suelo con semillas y esporas. Ejemplos: incendios, deforestaciones, sobrepastoreo, introducción de especies exóticas, abandono de un campo de cultivo, pérdida de árboles por una enfermedad, inundación... En estos casos la sucesión es más rápida que en las primarias.



Sucesión primaria a partir de roca desnuda



Sucesión secundaria tras un incendio

8.3 Características de las sucesiones.

- Aumento de la diversidad de especies y de la especialización de éstas.
- Aumento de la complejidad estructural; aumenta el número de niveles tróficos y la complejidad de las redes tróficas.
- Aumenta la biomasa, principalmente aquellos organismos o partes con metabolismo bajo, por ejemplo la cantidad de madera y materia muerta aumenta progresivamente al avanzar en la evolución.
- Disminuye la productividad (es la relación entre la producción y la biomasa $p = P/B \times 100$) porque aumenta la cantidad de materia muerta o partes no productivas como la leña. Además la respiración es mucho mayor en ecosistemas avanzados en la sucesión.
- Van sustituyéndose unas especies con otras a lo largo de la sucesión pasando de unas especies oportunistas con alta capacidad de reproducción (estrategas de la r) a especies más adaptadas y con poca capacidad reproductiva pero mayor supervivencia de los descendientes (estrategas de la k), es decir, pasa de estrategias de la r a estrategias de la k.
- Decrece la natalidad y aumenta la supervivencia de los descendientes.
- Se van amortiguando las fluctuaciones.
- Aumenta la estabilidad del ecosistema porque hay mayor número de interacciones entre los componentes del ecosistema.
- Se sustituye el viento por los animales, como método de transporte de las semillas.
- Aumenta mucho la respiración, por lo que en el estado clímax lo que se produce (producción bruta) es igual a lo que se gasta en respiración, por lo que la producción neta se aproxima a cero, es decir, hay una tendencia a que la fotosíntesis iguale a la respiración de toda la comunidad (en este apartado con poner aumento de la respiración y disminución de la producción neta es suficiente).
 $PN = PB - R = 0.$

9 IMPACTOS SOBRE LA BIOSFERA: DEFORESTACION Y PÉRDIDA DE BIODIVERSIDAD.

9.1 DEFORESTACIÓN: CONCEPTO, CAUSAS Y CONSECUENCIAS.

Desde el comienzo de la agricultura (hace unos 10.000 años) hasta la actualidad, los bosques han disminuido considerablemente (se ha visto reducido aproximadamente a un tercio), sobre todo en los últimos 50 años, hasta reducirse a un 30% del total de la superficie terrestre (4.000 millones de hectáreas). La pérdida de bosques se debió en parte a cambios climáticos, pero fue causada también por actividades humanas; en este último caso se habla de **deforestación**, según la FAO “la deforestación es la conversión del bosque para otros usos” (yo no estoy muy de acuerdo con esta última definición, porque un incendio provocado no siempre implica que se le vaya a dar otros usos al terreno. Para el que no lo sepa la FAO es una organización internacional de agricultura y comida: Food Agriculture Organization). La pérdida de bosques se está produciendo sobre todo en los países en vías de desarrollo, en sólo tres décadas desde 1960 a 1990, se ha perdido una quinta parte de toda la cubierta del bosque tropical natural. Sin embargo, en los países desarrollados la superficie forestal parece haberse estabilizado, incluso aumentado debido a repoblaciones (en conclusión se pierden sobre todo bosques naturales y han aumentado bosques de nueva plantación y los seminaturales).

Causas de la deforestación.

- La extensión de la agricultura y la ganadería: es, quizá, la mayor causa de deforestación; el drástico crecimiento de la población mundial ha ocasionado un incremento importante de suelo agrícola. Es de destacar el aumento del cultivo de aceite de palma para la alimentación, cosméticos y biocombustibles.
- La demanda de madera, leña y fabricación de papel, sobreexplotando el bosque sin permitir su regeneración. Muchos países en vías de desarrollo están esquilmando (agotando, vaciando) sus bosques para obtener beneficios económicos particulares (gobiernos corruptos) o para el pago de su deuda externa.
- Los incendios forestales, sobre todo si son recurrentes, que conllevan la desaparición de bosques y la pérdida de suelos. Muchos incendios forestales provocados pretendían favorecer un uso posterior del suelo como por ejemplo una promotora para que le permitan construir ahí. La quema de rastrojos agrícolas ha provocado incendios.
- La lluvia ácida, sobre todo en el norte de Europa.
- El desarrollo urbano y las obras públicas (carreteras, grandes presas...) en zonas boscosas.
- Las plagas, enfermedades y sequías.
- Actividades industriales como la minería que produce desmontes, movimientos de tierra, acumulación de áridos... la extracción de aluminio y petróleo en bosques tropicales destruye importante superficies boscosas, no sólo por la ubicación sino también por vertidos (escapes de petróleo por ejemplo).

Consecuencias de la deforestación.

Para comprender y nombrar las consecuencias de la deforestación es recomendable ver las funciones (importancia) del bosque:

- los bosques poseen el 60% de la biodiversidad del planeta, por ello una consecuencia de la deforestación es la pérdida de biodiversidad.
- Regulan el clima a escala local y mundial, amortiguando los contrastes térmicos (día-noche, verano-invierno), por ello una consecuencia de la deforestación es la mayor brusquedad climática.
- En cuanto al agua y el suelo, los bosques retienen más humedad, favorecen la infiltración del agua estabilizando la escorrentía, forman y protegen los suelos evitando los procesos erosivos, por ello algunas consecuencias de la deforestación es el aumento de inundaciones por la mayor escorrentía, menor recarga de los acuíferos por la menor infiltración en ausencia de bosques, mayor erosión con lo que se degrada más el suelo, sobre todo en zonas de fuertes pendientes.
- Fijan el CO₂ durante la fotosíntesis, actúan de filtros reteniendo parte de la contaminación atmosférica, por ello una consecuencia de la deforestación es el aumento del CO₂ (mayor efecto invernadero) y la menor retención de contaminantes atmosféricos.

- Son zonas de bellos paisajes, esparcimiento, ocio y turismo, por ello una consecuencia de la deforestación es la pérdida de zonas de ocio, turismo, paisajes, lugares de relajación, pulmones verdes...
- Proporciona gran variedad de sustancias y materias primas como madera, resinas, corcho, aceites, moléculas con propiedades farmacológicas, alimentos (frutos secos, setas, especias, cacao, etc.), por ello una consecuencia de la deforestación es la pérdida de todos estos recursos.

LA PÉRDIDA MUNDIAL DE LA BIODIVERSIDAD.

9.2.1 Concepto de biodiversidad

La biodiversidad de un ecosistema es la riqueza de especies que existe en dicho ecosistema. La Biodiversidad o diversidad biológica es la variedad de organismos que viven en nuestro planeta. Una definición mucho más precisa de biodiversidad incluye no sólo la variedad de seres vivos, sino también la variedad de ecosistemas y la variedad de genes existentes (diversidad de individuos, ecosistemas y genes). Para calcular la biodiversidad en un ecosistema se tiene en cuenta tanto la riqueza de especies en el ecosistema como la abundancia relativa de cada especie, por ejemplo 2 ecosistemas con 4 especies pero en uno hay 10 individuos de cada especie (total 40 individuos) y en el otro hay 28 individuos de una especie mientras el resto de especies tiene 4 individuos cada una (total 40 individuos), el primero tiene más diversidad que el segundo porque aunque todos tienen los mismos individuos, el segundo posee menos diversidad porque casi todos los individuos pertenecen a la misma especie, estando poco representadas el resto de las especies.

El número de especies conocidas se sitúa alrededor de 1,7 millones, aunque se estima que existen unos 5 millones de especies en nuestro planeta, por tanto, la mayoría son desconocidas y se encuentran sobre todo en las selvas tropicales que están desapareciendo por acción del hombre. En las llanuras abisales se piensa que pueden existir cientos de miles de especies aún sin descubrir.

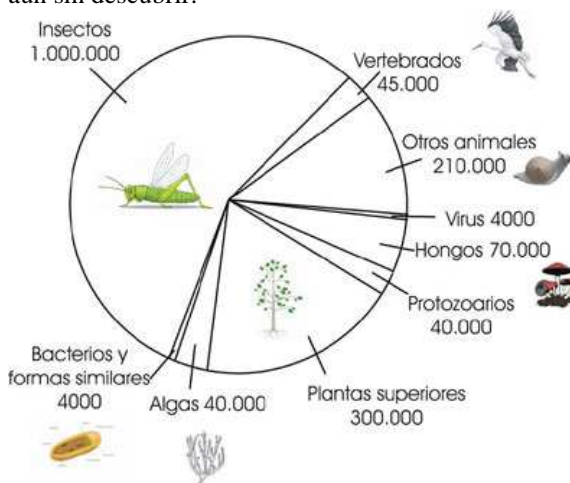
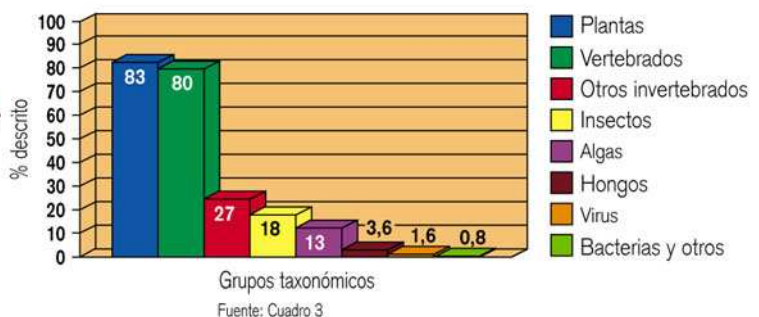


FIGURA 5
Porcentaje de especies conocidas por grupo taxonómico, con respecto a lo esperado



9.2.2 Importancia de la biodiversidad

La biodiversidad es muy importante para el funcionamiento de los ecosistemas (cada especie cumple una función esencial para el funcionamiento de los ecosistemas, como fabricar o descomponer materia orgánica, equilibrar el número de herbívoros, formar suelo, proteger de la erosión, fabricar oxígeno...) y para los seres humanos, ya que de las distintas especies pueden obtener fármacos (la aspirina es ácido acetilsalicílico obtenido de la corteza del sauce, la penicilina se obtuvo del hongo *Penicillium*), materias primas (madera...), productos industriales (etanol, acetona..., obtenidos por fermentación microbiana o algún otro proceso en el que intervengan seres vivos), alimentos (el yogur, la cerveza, el pan..., son alimentos obtenidos gracias a microorganismos), genes con fines productivos (por ingeniería genética se pretende introducir genes de bacterias fijadoras de N₂ en vegetales para que no haya que utilizar fertilizantes nitrogenados evitando la contaminación de aguas y suelos con nitratos y que cueste menos dinero al agricultor), valor recreativo y turístico...

9.2.3 Causas de la pérdida de biodiversidad

Las actividades humanas han tenido un efecto muy negativo sobre la diversidad biológica. El aumento demográfico de la población humana ha generado un acelerado crecimiento urbano, el desarrollo de nuevas y más productivas técnicas agrarias y una actividad industrial a gran escala que ha dado como resultado una sobreexplotación de los recursos naturales. Destacan las siguientes causas de pérdida de biodiversidad:

A) Deterioro y fragmentación de los hábitats naturales: Esta es la causa principal. La destrucción o deterioro del hábitat donde viven los seres vivos provoca su muerte al cambiar las condiciones del lugar donde habita, como puede ser mayor insolación y viento, muerte de los organismos de los que se alimentaba... La destrucción de la selva tropical es la mayor amenaza a la biodiversidad ya que su riqueza de especies es enorme. Otros ecosistemas muy delicados y con gran diversidad son los arrecifes de coral y en los últimos años están teniendo importantes problemas de difícil solución. También están muy maltratados los humedales, pantanos, marismas, etc., son lugares de gran productividad biológica, usados por las aves acuáticas para la cría y la alimentación y el descanso en sus emigraciones. Durante siglos el hombre ha desecado los pantanos para convertirlos en tierras de labor y ha usado las marismas costeras para construir sus puertos y ciudades, por lo que su extensión ha disminuido drásticamente en todo el mundo. La fragmentación del hábitat (como consecuencia del desarrollo agrícola, industrial y urbano) en fragmentos de menor tamaño hace más frágiles a los ecosistemas, ya que disminuye su capacidad de autorregulación (por ejemplo en espacios más reducidos es más complicado regular la temperatura o que un depredador obtenga suficiente alimento...), además al quedar confinada una especie en pequeños territorios se produce el “efecto isla”: la endogamia y la deriva genética pueden arrastrar a una pequeña población hasta su desaparición.

Para evitar que se extingan las especies por la destrucción de su hábitat, se han creado figuras de protección de ecosistemas como parque natural, reserva de la biosfera, parque regional, ZEPA (zona de especial protección para las aves), espacio protegido...

B) Introducción de especies nuevas o exóticas: El hombre, unas veces voluntariamente para luchar contra plagas o por sus gustos y aficiones y otras involuntariamente con sus desplazamientos y el transporte de mercancías, es un gran introductor de especies nuevas en ecosistemas en los que hasta entonces no existían, estos bioinvasores se encuentran en un ambiente nuevo, libre de depredadores y enfermedades, desplazando a las especies nativas y en ocasiones constituyen verdaderas plagas. Esto es especialmente peligroso en lugares de especial sensibilidad como las islas y los lagos antiguos, que suelen ser ricos en especies endémicas porque son lugares en los que la evolución se ha producido con muy poco intercambio con las zonas vecinas por las lógicas dificultades geográficas. En Hawai, por ejemplo, se calcula que han desaparecido el 90% de las especies de aves originales de la isla como consecuencia de la presión humana y la introducción de animales como las ratas y otros que son eficaces depredadores de aves que no estaban habituadas a ese tipo de amenazas. En Nueva Zelanda la mitad de las aves están extintas o en peligro de extinción. Otro ejemplo es el alga *Caulerpa prolifera* que fue introducida accidentalmente en el Mediterráneo y al no ser conocida por los seres vivos del Mediterráneo (no han evolucionado junto a este alga) no tiene depredadores y se está extendiendo con gran densidad por los fondos litorales impidiendo que puedan crecer las algas y plantas acuáticas, además hace disminuir mucho la pesca porque no sirve de alimento (incluso presenta cierta toxicidad), alterando los sucesivos niveles tróficos.

C) Excesiva presión explotadora sobre algunas especies: Se puede producir de diferentes formas: por una excesiva presión cinegética (caza) sobre determinadas especies, por sobrepesca (caso del esturión del Guadalquivir), por coleccionismo (afecta especialmente a insectos como las colecciones de mariposas o escarabajos) y la utilización de mascotas.

La caza de alimañas y depredadores hasta su exterminio ha sido habitual hasta hace muy poco tiempo. Se consideraban una amenaza para los ganados, la caza y el hombre y por este motivo se procuraba eliminar a animales como el lobo, osos, aves de presa, serpientes, etc., cuando en realidad muchas de estas especies eran beneficiosas para el hombre como el caso de serpientes y rapaces que se

alimentan de plagas de graneros y agricultura como roedores y conejos. En el caso de algunas especies ha llevado a su extinción o casi, como fue el caso del Dodo, el pichón americano, el bisonte de las praderas americanas, el quebrantahuesos europeo, algunas variedades de ballena y muchos otros animales. En la actualidad el comercio de especies exóticas, el coleccionismo, la captura de especies con supuestas propiedades curativas (especialmente apreciadas en la farmacopea china), el turismo masivo, etc., amenaza a muy distintas especies.

D) Contaminación de suelos, agua y atmósfera: La contaminación se suele producir por pesticidas, fertilizantes, vertidos y emisiones industriales y residuos de orígenes muy distintos (la utilización de perdigones de plomo en la caza deja entre 3.000 y 5.000 toneladas anuales de plomo sobre el territorio español contaminando los ecosistemas). El uso de pesticidas y herbicidas no sólo eliminan los animales y vegetales considerados “perjudiciales”, también eliminan aves y otros animales que se alimentan de esos insectos o plantas envenenadas. Las sustancias nocivas degradan los hábitats naturales, aún en las reservas mejor protegidas, esto ocurre por ejemplo con la lluvia ácida, destrucción de la capa de ozono, contaminación de ríos, aguas subterráneas...

E) Cambio climático: El calentamiento global puede tener efectos muy dañinos sobre la biodiversidad como por ejemplo al producir el avance de los desiertos, aumentar las sequías, aumentar las inundaciones... El deterioro que están sufriendo muchos corales que pierden su coloración al morir el alga simbiótica que los forma se atribuye al calentamiento de las aguas. Los corales, debilitados por la contaminación de las aguas, cuando pierden el alga crecen muy lentamente y con facilidad mueren.

D) Industrialización e intensificación de las prácticas agrícolas y forestales: Algunas prácticas agrícolas modernas pueden ser muy peligrosas para el mantenimiento de la diversidad si no se tiene cuidado de minimizar sus efectos. La agricultura ya causa un gran impacto al exigir convertir ecosistemas diversos en tierras de cultivo. Además los monocultivos introducen una uniformidad tan grande en extensas áreas que reducen enormemente la diversidad, los monocultivos también obligan a usar mayores cantidades de plaguicidas porque facilitan la propagación de plagas y enfermedades. Se están extinguiendo muchas especies o variedades agrícolas y ganaderas por otras variedades o especies de mayor rendimiento. Las excesivas prácticas forestales con fines económicos están ejerciendo una gran presión en determinados bosques.