

10.1 COMPONENTES DEL ECOSISTEMA

EL ECOSISTEMA ES LA UNIDAD DE ESTUDIO EN ECOLOGÍA

- La ecología es el estudio científico de las relaciones entre los seres vivos y de éstos con el medio ambiente.
- Un ecosistema es el conjunto formado por los componentes bióticos (seres vivos) y abióticos (factores del medio) de una región determinada, considerados como un todo.
Al considerarlo como un todo, se da prioridad al estudio de las interrelaciones, dejando de lado el estudio de los componentes individuales.

UN ECOSISTEMA ESTÁ CONSTITUIDO POR UNA BIOCENOSIS Y UN BIOTOPO

- La biocenosis o comunidad está constituida por el conjunto de seres vivos (de diversas especies) que habitan en una región determinada.
- Dentro de una comunidad, cada conjunto de individuos de una misma especie constituye una población. En una comunidad existen, por lo tanto, numerosas poblaciones.
- El medio físico (con todos sus factores: temperatura, humedad, luminosidad, tipo de suelo, ...) en el que vive una comunidad constituye su biotopo.
- La Biosfera es el sistema formado por todos los seres vivos que habitan en la Tierra. Puede ser considerada, por lo tanto, como la biocenosis del ecosistema planetario o ecosfera.
- La biosfera es un sistema abierto, mientras que la ecosfera es un sistema cerrado (figura 4.1, pág. 92).

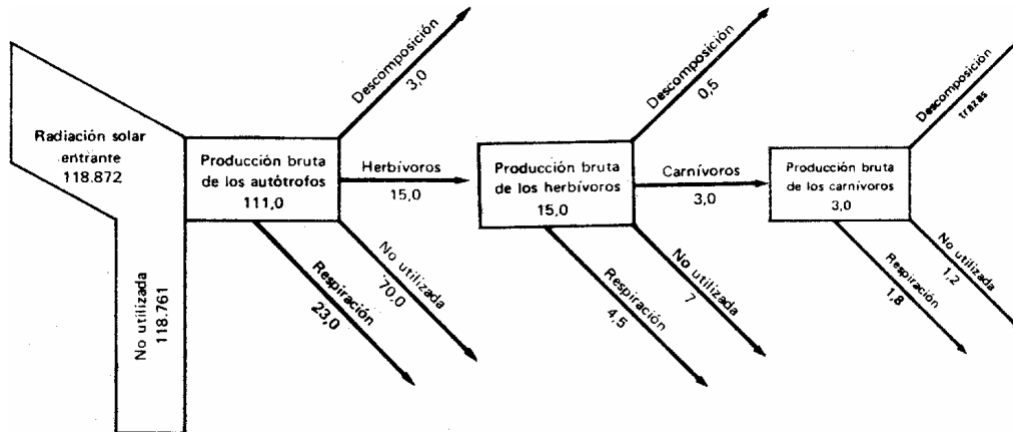
LOS ORGANISMOS SE UBICAN DENTRO DE NIVELES TRÓFICOS BASÁNDOSE EN SU ALIMENTACIÓN

- Las relaciones tróficas o alimentarias representan el mecanismo de transferencia de materia y energía de unos organismos a otros en forma de alimento.
- El primer nivel trófico en un ecosistema lo constituyen los productores: su fuente de energía es el Sol y sus nutrientes (inorgánicos) provienen del suelo, el agua y la atmósfera; son, por tanto, fotoautótrofos. Aunque son poco frecuentes, algunos ecosistemas están basados en productores quimioautótrofos.
- El segundo nivel trófico pertenece a los herbívoros o fitófagos (comedores de vegetales), que constituyen los consumidores primarios.
- Los herbívoros, a su vez, son la fuente de energía para los carnívoros, animales que se alimentan de otros animales. Aquellos que se alimentan directamente de los herbívoros son los carnívoros primarios o consumidores secundarios.
Los consumidores secundarios constituyen la fuente de energía para los carnívoros secundarios o consumidores terciarios.
- Todos los consumidores son organismos heterótrofos.
- Los organismos omnívoros y los carroñeros o necrófagos son consumidores que no se pueden asignar a un nivel trófico concreto (¿Consumidores primarios, secundarios o terciarios?)
- Por último, los descomponedores son aquellos organismos que se alimentan de fragmentos de materia orgánica muerta.
En sentido estricto, los organismos descomponedores son las bacterias y los hongos, que se nutren de restos de materia orgánica y la transforman en materia inorgánica, devolviéndola al medio para que pueda ser utilizada de nuevo por los productores. Algunos autores denominan a estos organismos transformadores.
Los organismos detritívoros o saprofitos (como las lombrices, ácaros, babosas, colémbolos, nematodos, ...) se alimentan de fragmentos de seres vivos, y serían comparables a los necrófagos.
- Todos los descomponedores, aunque especialmente los transformadores, son esenciales para el reciclado de la materia en los ecosistemas.

10.2 EL FLUJO DE ENERGÍA

LA ENERGÍA FLUYE EN LOS ECOSISTEMAS DE FORMA UNIDIRECCIONAL

- La transferencia de energía de un nivel a otro en las cadenas tróficas constituye lo que se conoce como flujo de energía en los ecosistemas. Este flujo está representado en la figura 4.10 (pág. 97).
- Las plantas aprovechan un 2% de la radiación incidente. De este porcentaje, se transfiere aproximadamente un 10% al nivel siguiente y así sucesivamente (según la regla del 10%). El 90% restante de cada nivel trófico queda almacenado en el mismo hasta la muerte del individuo, cuando será aprovechado por los descomponedores, o se consume en el propio nivel para el mantenimiento de las funciones vitales (respiración).



HAY VARIOS FACTORES QUE PUEDEN LIMITAR LA PRODUCCIÓN PRIMARIA

El crecimiento de una especie vegetal se ve limitado por un único elemento que se encuentre en una cantidad inferior a la mínima necesaria y que actúa como factor limitante

- La eficiencia fotosintética aumenta al aumentar la humedad y la temperatura (si no se alcanzan temperaturas que puedan provocar la desnaturalización de las proteínas).
En los climas secos los estomas deben estar cerrados la mayor parte del tiempo, lo que impide que se pueda captar el CO₂ y reduce la eficacia fotosintética. En esta situación, algunas plantas han desarrollado estrategias que les permiten separar en el espacio (plantas C₄) o en el tiempo (plantas CAM) la captación del carbono de su fijación fotosintética, mejorando notablemente el rendimiento.
Para evitar los efectos perjudiciales de las bajas temperaturas, las plantas adaptan sus ciclos vitales a las épocas favorables del año.
- La carencia de cualquier nutriente esencial, como es lógico, también afecta a la eficacia fotosintética. Como veremos al estudiar su ciclo en la naturaleza, el fósforo es el principal factor limitante de la producción primaria, seguido del nitrógeno.
En los océanos la fotosíntesis se produce sólo en las zonas superficiales (hasta donde penetre una luz suficiente), mientras que la degradación de la materia orgánica ocurre en los fondos. Debido a esto, las zonas de productividad de los océanos se limitan a las plataformas continentales, donde el oleaje remueve los nutrientes del fondo, y a las zonas de afloramiento, en las que existen corrientes que arrastran los nutrientes desde zonas profundas hacia la superficie.
En los ecosistemas terrestres los principales problemas, respecto a la falta de nutrientes, que afectan a la producción primaria son el lixiviado o la sobreexplotación humana.
- La energía de apoyo o auxiliar (exosomática) que aporta el hombre al cuidar sus cultivos (labrar, regar, combatir plagas, abonar, ...) consigue aumentar el rendimiento de los cultivos (mayor producción primaria por unidad de superficie). En relación con esto, lee el recuadro de la página 102 del libro.
- La intensidad luminosa, aunque rara vez sea un factor limitante de la producción, puede influir en la eficiencia fotosintética. En general, a medida que aumenta la intensidad luminosa, aumenta la producción (figura 4.24, pág. 106), pero con intensidades elevadas la producción deja de aumentar como consecuencia de la saturación del aparato fotosintético, es decir, está funcionando ya a su máximo rendimiento (ver analogía del embudo, figuras 4.23 y 25, página 106), ya que está diseñado para garantizar una producción necesaria, incluso en condiciones de baja intensidad luminosa, pero no para conseguir una eficacia máxima.
Podemos decir entonces, que la propia disposición de las unidades fotosintéticas limita la producción primaria.

LOS PARÁMETROS TRÓFICOS PERMITEN CUANTIFICAR EL FLUJO DE ENERGÍA EN LOS ECOSISTEMAS

- La biomasa es el peso de materia orgánica viva (fitomasa + zoomasa) o muerta (necromasa) de un nivel trófico determinado o del ecosistema completo. Normalmente se mide en unidades de masa o de energía equivalente por unidad de superficie; las unidades más comunes son: g/cm^2 , g/ha, Kcal/ha, ...
- La producción es el incremento de biomasa en un nivel trófico por unidad de tiempo y representa la cantidad de energía que fluye por ese nivel trófico. Se mide en unidades de biomasa por unidad de tiempo.

- La producción primaria es el incremento de biomasa por unidad de tiempo de los productores.
- La producción secundaria es el incremento de biomasa por unidad de tiempo de los consumidores y descomponedores.

- La producción primaria es la de los autótrofos (productores). Indica la energía solar que los vegetales almacenan (en los enlaces de los compuestos orgánicos que sintetizan) mediante la fotosíntesis.
- La producción primaria bruta (PPB) es la cantidad total de energía fijada por los productores mediante fotosíntesis. Si descontamos la energía consumida para el mantenimiento de las funciones vitales (respiración celular) obtenemos la producción primaria neta (PPN).
La producción neta representa la cantidad de biomasa que está a disposición del siguiente nivel trófico.

$$PPN = PPB - R$$

- La producción secundaria es la de los organismos heterótrofos y representa la cantidad de materia asimilada por los mismos en su nutrición.
- También podemos distinguir una producción secundaria bruta (total) y una producción secundaria neta, en la que descontamos el consumo de energía que se produce en las funciones de automantenimiento.
- La productividad es la relación entre la producción y la biomasa. Indica la velocidad con que se renueva la biomasa (tasa de renovación).
La productividad nos permite conocer el límite de explotación de un ecosistema y de esta manera poder evitar su sobreexplotación.

Ten en cuenta que muchos autores no distinguen entre producción y productividad, por lo que utilizan ambos términos indistintamente.

- La inversa de la productividad es el tiempo de renovación (tiempo que tarda en renovarse la biomasa de un nivel trófico).
- La biomasa que puede mantenerse en un determinado nivel trófico no depende de la biomasa del nivel anterior, sino de su producción (o, mejor aun, de su productividad). Dicho de otro modo, un nivel trófico con una biomasa pequeña pero una gran productividad puede mantener una biomasa mayor de un nivel trófico superior.

LA EFICIENCIA ECOLÓGICA MIDE EL PORCENTAJE DE BIOMASA QUE SE TRANSFIERE AL SIGUIENTE NIVEL TRÓFICO

REGLA DEL 10 %

La energía que se transfiere de un eslabón a otro en una cadena trófica suele ser aproximadamente de un 10% de la almacenada en el primero.
Este hecho limita el número de eslabones que puede tener la cadena trófica.

- La eficiencia representa el rendimiento de un nivel trófico o del ecosistema completo. De forma general se calcula como el cociente entre las entradas y las salidas (Asimilación/Ingestión, Producción/Ingestión, Producción/Asimilación o Consumo/Producción)
La eficiencia de los productores se calcula como la relación energía asimilada/energía incidente (suele ser inferior al 2%).
La eficiencia de los consumidores se calcula como producción neta/alimento total ingerido (engorde/alimento ingerido).

La alimentación a partir del primer nivel trófico (teniendo en cuenta la regla del 10%) es la más eficiente desde el punto de vista del aprovechamiento energético y permite alimentar a un número mayor de individuos.

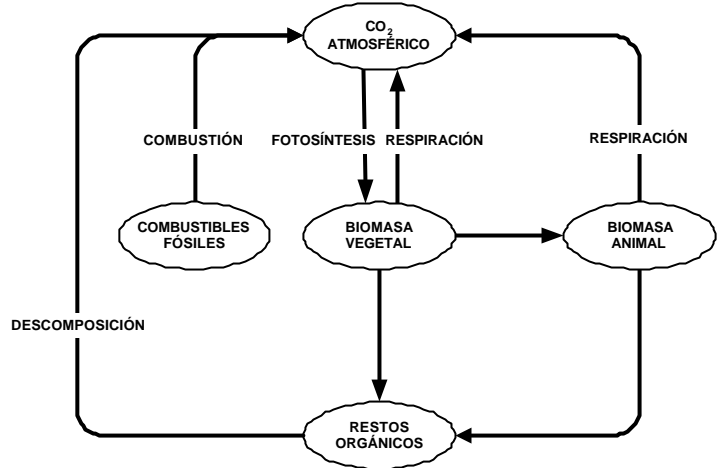
10.3 EL CICLO DE LA MATERIA: LOS CICLOS BIOGEOQUÍMICOS

EL CICLO DE LA MATERIA EN LOS ECOSISTEMAS TIENDE A SER CERRADO

- Entre los elementos químicos que forman parte de los seres vivos, de la geosfera y de la atmósfera, se producen flujos cerrados (cíclicos) entre los distintos compartimentos (depósitos) que se conocen como ciclos biogeoquímicos.

EL CICLO DEL CARBONO ESTÁ ESTRECHAMENTE VINCULADO AL FLUJO DE ENERGÍA

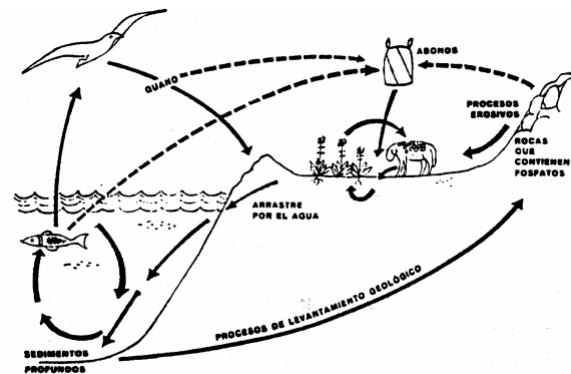
- El carbono es un constituyente básico de todos los compuestos orgánicos y está implicado en la fijación de la energía solar por fotosíntesis.
- La fotosíntesis toma CO₂ de la atmósfera o del que se halla disuelto en el agua y lo incorpora a los componentes vivos del ecosistema.
- Este carbono fijado fotosintéticamente servirá de alimento a los demás componentes de la cadena trófica (heterótrofos).



- El CO₂ se libera de nuevo al ecosistema mediante la respiración que realizan los organismos de todos los niveles tróficos y durante la descomposición bacteriana de excrementos y cadáveres.
- En ciertas condiciones en la que se da una descomposición muy lenta de la materia orgánica, ésta se acumula y termina formando los combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural).
- El CO₂ atmosférico inmovilizarse mediante su transformación en CaCO₃, en las rocas calizas procedentes de la acumulación de caparazones calizos o por variaciones del equilibrio fisicoquímico entre los iones Ca⁺² y el CO₂ disueltos en el agua. El CaCO₃ es insoluble y precipita.
- El carbono de las rocas puede retornar a la atmósfera en forma de CO₂ mediante la descarbonatación de las calizas.
- La quema de combustibles fósiles en las industrias o en los vehículos libera grandes cantidades de CO y CO₂ a la atmósfera.
- También las erupciones volcánicas y los incendios liberan CO y CO₂ a la atmósfera.

EL CICLO DEL FÓSFORO NO TIENE UN RESERVORIO ATMOSFÉRICO

- Los principales reservorios de fósforo son las rocas y los depósitos naturales de fosfatos. De aquí es removido por la erosión, la lixiviación o la extracción minera para usos agrícolas.
- Su proceso de liberación es muy lento, por depender del ciclo geológico, por lo que constituye el principal factor limitante de la producción y debe ser considerado un recurso no renovable.
- Las plantas absorben el fósforo del suelo como fosfato inorgánico y de aquí pasa a la cadena alimentaria.



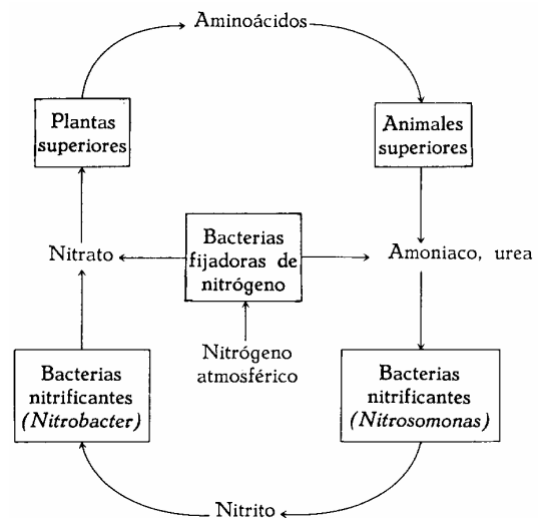
- La excreción (los depósitos de excrementos de aves coloniales y de otros animales, como murciélagos, constituyen el guano, que es explotado por el hombre como fertilizante) y la muerte y descomposición de los organismos devuelve los fosfatos al suelo.
- Las lluvias y corrientes pueden arrastrar el fósforo hacia lagos y mares donde puede quedar retenido en sedimentos profundos.

Estos sedimentos pueden ser removidos por corrientes ascendentes (en zonas de afloramiento) o, si no es así, entra en el ciclo geológico, de muy larga duración.

- El hombre ha alterado el ciclo del fósforo al recoger productos de desecho y por la aplicación de fosfatos a las tierras de cultivo.

EL CICLO DEL NITRÓGENO EMPIEZA CON LA FIJACIÓN DEL NITRÓGENO ATMOSFÉRICO

- El nitrógeno molecular (N_2) es muy abundante en la atmósfera (78%) pero, debido a su carácter inerte, no puede ser asimilado directamente por la mayoría de los seres vivos.
- La fijación del nitrógeno puede ocurrir de dos formas: por procesos físicos en la atmósfera (10% del total fijado) o biológicamente por la actividad de ciertos microorganismos (90%).
- Las bacterias fijadoras del nitrógeno pueden vivir en asociación simbiótica con las leguminosas o con otras plantas (como *Rhizobium*, que forma nódulos en las raíces de las leguminosas), o libres (como *Azotobacter* o las cianobacterias, que viven en el suelo o en medios acuáticos). En el proceso de fijación, el N_2 se convierte en amoníaco (NH_3) con consumo de gran cantidad de energía.



- La materia orgánica muerta libera nitrógeno en forma de amoníaco durante la putrefacción.
- La nitrificación es un proceso biológico por el cual el amoníaco es oxidado a nitrito (*Nitrosomonas*) y posteriormente a nitrato (*Nitrobacter*) por la acción de las bacterias nitrificantes.
- El nitrato puede transformarse mediante el proceso de desnitrificación en nitrógeno molecular gaseoso por la acción de las bacterias desnitrificantes.
- Las plantas toman el nitrógeno del suelo en forma de amoníaco o nitratos y lo convierten en aminoácidos y proteínas. Los aminoácidos serán transferidos a los consumidores que los utilizarán para sintetizar sus propias proteínas.
- El hombre interviene en el ciclo del nitrógeno al liberar a la atmósfera NO_2 , NO y N_2O en los procesos de combustión a altas temperaturas (en los motores). El NO y el N_2O contribuyen a la destrucción de la capa de ozono; el NO_2 tiene un comportamiento diferente, también nocivo, al combinarse con el vapor de agua atmosférico forma ácido nítrico produciendo lluvia ácida. También por la fijación industrial del nitrógeno atmosférico para convertirlo en amoníaco y fertilizantes, y por el abonado excesivo, que provoca la liberación de N_2O a la atmósfera y la eutrofización de las aguas continentales.

EL CICLO DEL AZUFRE ES SEDIMENTARIO Y GASEOSO

- La principal fuente de azufre para las plantas es el SO_4^{2-} inorgánico. Los heterótrofos lo toman de los escalones tróficos inferiores.
- Las sustancias de desecho y los restos de animales y plantas devuelven al medio azufre orgánico, que es mineralizado por bacterias y hongos, que lo transforman en S , H_2S y en sulfuros de hierro. Estas sustancias pueden ser oxidadas de nuevo a SO_4^{2-} por acción de microorganismos.
- El carbón y el petróleo contiene cantidades importantes de azufre y, al quemarlos, liberan SO_2 a la atmósfera. La oxidación del SO_2 en la atmósfera produce ácido sulfúrico que, junto con el ácido nítrico, es el causante de la lluvia ácida.

10.4 RELACIONES TRÓFICAS EN LOS ECOSISTEMAS

LOS ORGANISMOS SE UBICAN DENTRO DE NIVELES TRÓFICOS BASÁNDOSE EN SU ALIMENTACIÓN

- Las relaciones tróficas o alimentarias representan el mecanismo de transferencia de materia y energía de unos organismos a otros en forma de alimento.
- El primer nivel trófico en un ecosistema lo constituyen los productores: su fuente de energía es el Sol y sus nutrientes (inorgánicos) provienen del suelo, el agua y la atmósfera; son, por tanto, fotoautótrofos. Aunque son poco frecuentes, algunos ecosistemas están basados en productores quimioautótrofos.
- El segundo nivel trófico pertenece a los herbívoros o fitófagos (comedores de vegetales), que constituyen los consumidores primarios.
- Los herbívoros, a su vez, son la fuente de energía para los carnívoros, animales que se alimentan de otros animales. Aquellos que se alimentan directamente de los herbívoros son los carnívoros primarios o consumidores secundarios.
Los consumidores secundarios constituyen la fuente de energía para los carnívoros secundarios o consumidores terciarios.
- Todos los consumidores son organismos heterótrofos.
- Los organismos omnívoros y los carroñeros o necrófagos son consumidores que no se pueden asignar a un nivel trófico concreto (¿Consumidores primarios, secundarios o terciarios?)
- Por último, los descomponedores son aquellos organismos que se alimentan de fragmentos de materia orgánica muerta.
En sentido estricto, los organismos descomponedores son las bacterias y los hongos, que se nutren de restos de materia orgánica y la transforman en materia inorgánica, devolviéndola al medio para que pueda ser utilizada de nuevo por los productores. Algunos autores denominan a estos organismos transformadores.
Los organismos detritívoros o saprofitos (como las lombrices, ácaros, babosas, colémbolos, nematodos, ...) se alimentan de fragmentos de seres vivos, y serían comparables a los necrófagos.
- Todos los descomponedores, aunque especialmente los transformadores, son esenciales para el reciclado de la materia en los ecosistemas.

LAS RELACIONES TRÓFICAS DE UN ECOSISTEMA SE REPRESENTAN MEDIANTE CADENAS Y REDES TRÓFICAS

- Las cadenas tróficas o alimentarias representan, de forma lineal, las relaciones que existen entre seres vivos que se alimentan unos de otros. Reflejan la transferencia de materia y energía de un nivel trófico a otro.
En general, comienzan por un productor y acaban en un descomponedor.
- Un conjunto de cadenas tróficas interconectadas forman una red trófica.

LAS PIRÁMIDES ECOLÓGICAS NOS PERMITEN VISUALIZAR LA ESTRUCTURA TRÓFICA DE UN ECOSISTEMA

- Las pirámides ecológicas consisten en un conjunto de barras horizontales apiladas, de grosor uniforme, cuya longitud es proporcional al parámetro que estemos empleando para representar la estructura trófica del ecosistema. Cada barra representa un nivel trófico (los descomponedores se excluyen), siendo la base siempre la que representa a los productores.
- Existen tres tipos de pirámides:
 - Pirámides de energía o de producción. Nunca pueden aparecer invertidas porque obedecen siempre a la regla del 10% (figura 4.14a, pág. 100).
 - Pirámides de biomasa. Aunque normalmente la biomasa de los niveles tróficos sigue también la regla del 10%, ocasionalmente estas pirámides pueden aparecer invertidas si la productividad de los productores es muy elevada (como ocurre en los ecosistemas acuáticos en los que los productores son los organismos que constituyen el fitoplancton) (figura 4.15, pág. 101).
 - Pirámides de números: indican el número de individuos en cada nivel trófico. No tienen en cuenta el tamaño de los individuos, por lo que pueden aparecer invertidas si, por ejemplo, el tamaño de los productores es muy superior al de los consumidores que se alimentan de él (figura 4.14b, pág. 100).