

A lush tropical forest scene. On the left, a large tree trunk is covered in thick green moss. The background is filled with dense green foliage and ferns. On the right, a small waterfall cascades over rocks into a pool of water. Sunlight filters through the canopy, creating a dappled light effect.

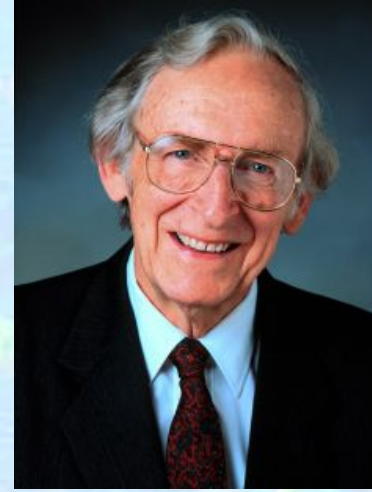
Ecosistemas I

Flujos de Materia y Energía y
Relaciones Tróficas

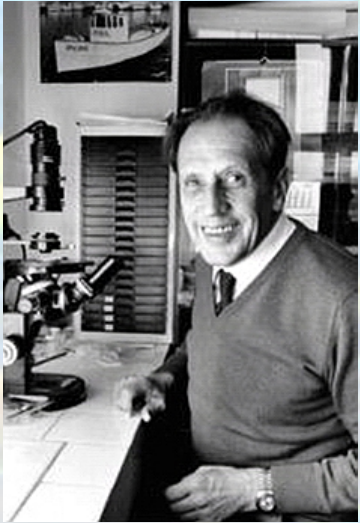
¿Qué es un Ecosistema?

...toda **unidad** que **incluye todos los organismos** (es decir: la “comunidad”) en una zona determinada **interactuando con el entorno físico** de tal forma que un flujo de energía conduce a una **estructura trófica** claramente definida, **diversidad biótica** y **ciclos de materiales** (es decir, un intercambio de materiales entre las partes vivientes y no vivientes) dentro del sistema ►

Un ecosistema es...



Eugene Odum



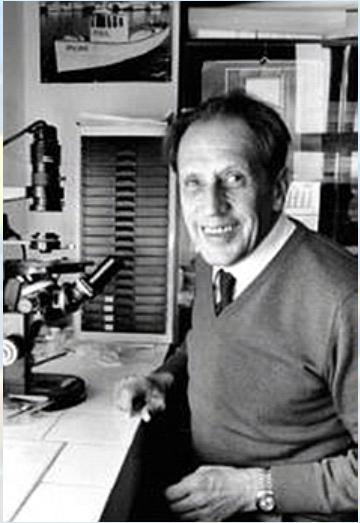
Ramon Margalef

► ...un **sistema** formado por individuos de muchas especies en el seno de un ambiente de características definidas e implicadas en un **proceso dinámico de interacción**, expresable como **intercambio de materia y energía**, o como una secuencia de nacimientos y muertes, y uno de cuyos resultados es la **evolución** a nivel de las especies, y la sucesión a nivel del ecosistema. Las **interacciones** en el ecosistema no son estáticas, sino **sometidas a constantes desajustes y regulación**, lo que implica una **capacidad de homeostasis** en el sistema, **que le permite mantener en cierta medida su estructura y función frente a las perturbaciones externas y evolutivas**

¿Qué es un Ecosistema?

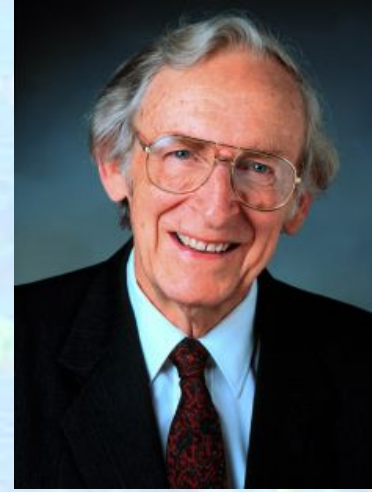
...toda **unidad** que **incluye todos los organismos** (es decir: la “comunidad”) en una zona determinada **interactuando con el entorno físico** de tal forma que un flujo de energía conduce a una **estructura trófica** claramente definida, **diversidad biótica** y **ciclos de materiales** (es decir, un intercambio de materiales entre las partes vivientes y no vivientes) dentro del sistema ►

Un ecosistema es...



Ramon Margalef

► ...un **sistema** formado por individuos de muchas especies en el seno de un ambiente de características definidas e implicadas en un **proceso dinámico de interacción**, expresable como **intercambio de materia y energía**, o como una secuencia de nacimientos y muertes, y uno de cuyos resultados es la **evolución** a nivel de las especies, y la sucesión a nivel del ecosistema. Las **interacciones** en el ecosistema no son estáticas, sino **sometidas a constantes desajustes y regulación**, lo que implica una **capacidad de homeostasis** en el sistema, **que le permite mantener en cierta medida su estructura y función frente a las perturbaciones externas y evolutivas**



Eugene Odum

Ecosistema = Biocenosis

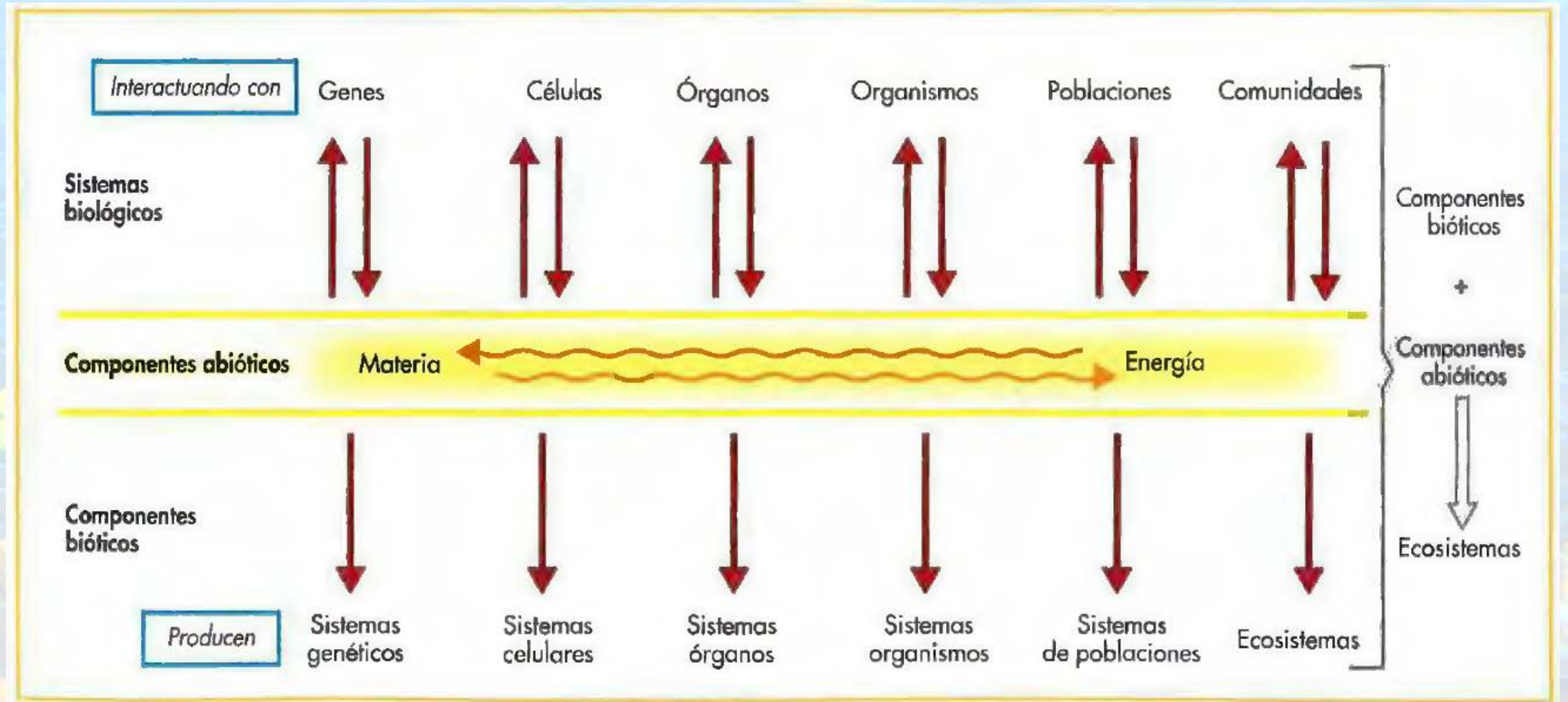
o factores bióticos
(conjunto de todos los organismos vivos del ecosistema)

+ Biotopo

o factores abióticos
(ambiente físico y químico de condiciones más o menos uniformes en el que viven)

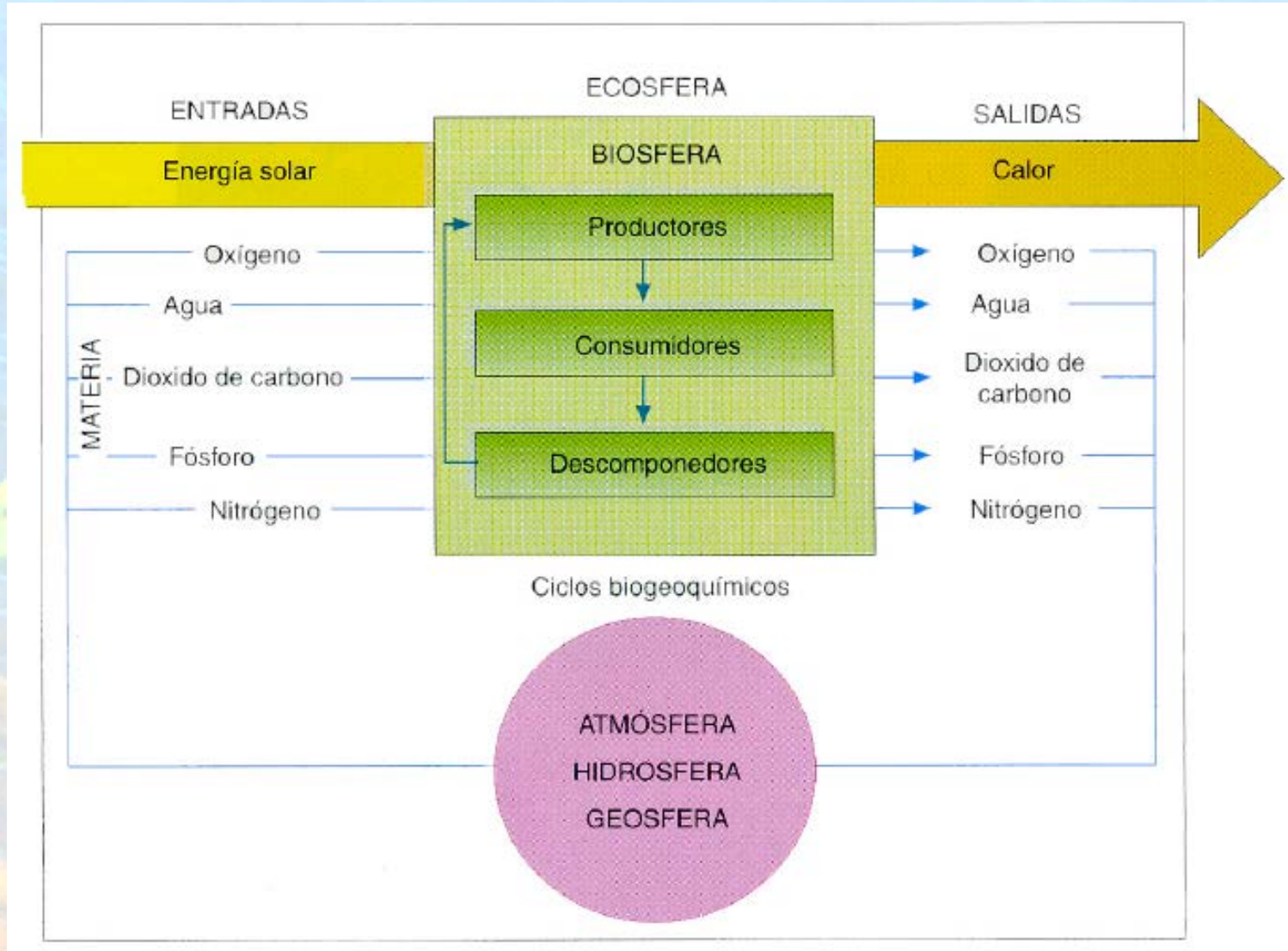
- Entre ecosistemas colindantes se pueden reconocer zonas de transición (**ecotonos**) que suelen tener una mayor densidad de especies (**efecto borde**)

Los Niveles de Organización de la Naturaleza (según Odum)

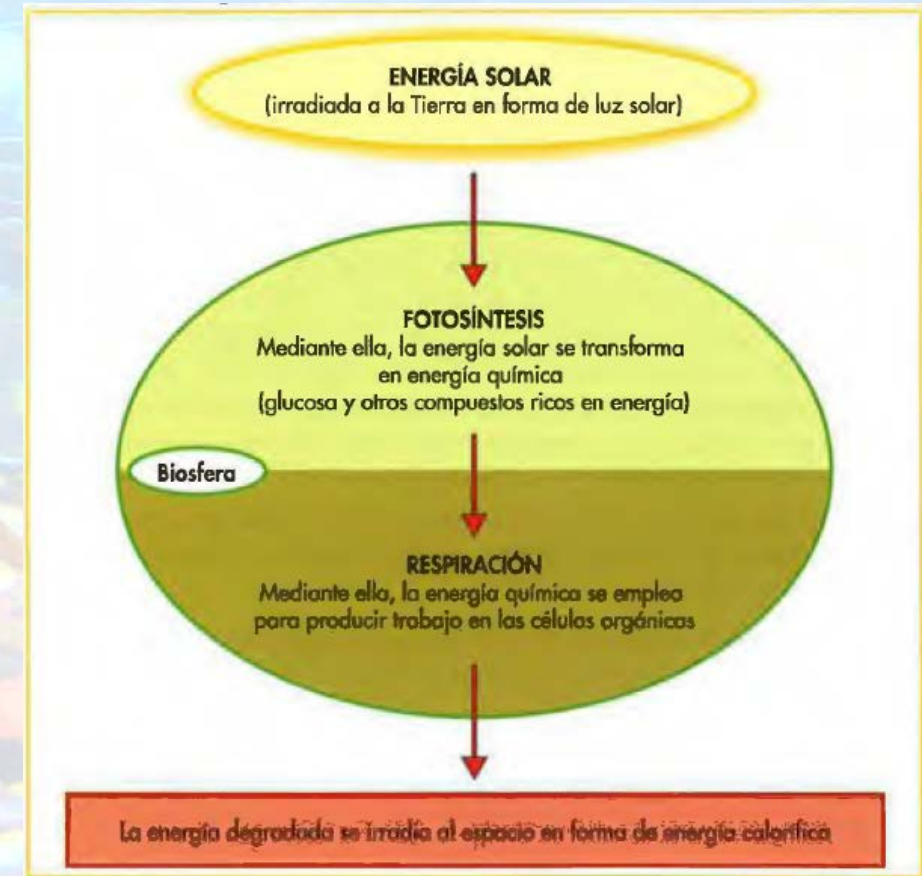


Flujo de Energía y Materia en los Ecosistemas

Esquema del Flujo de Energía y Materia en la Biosfera

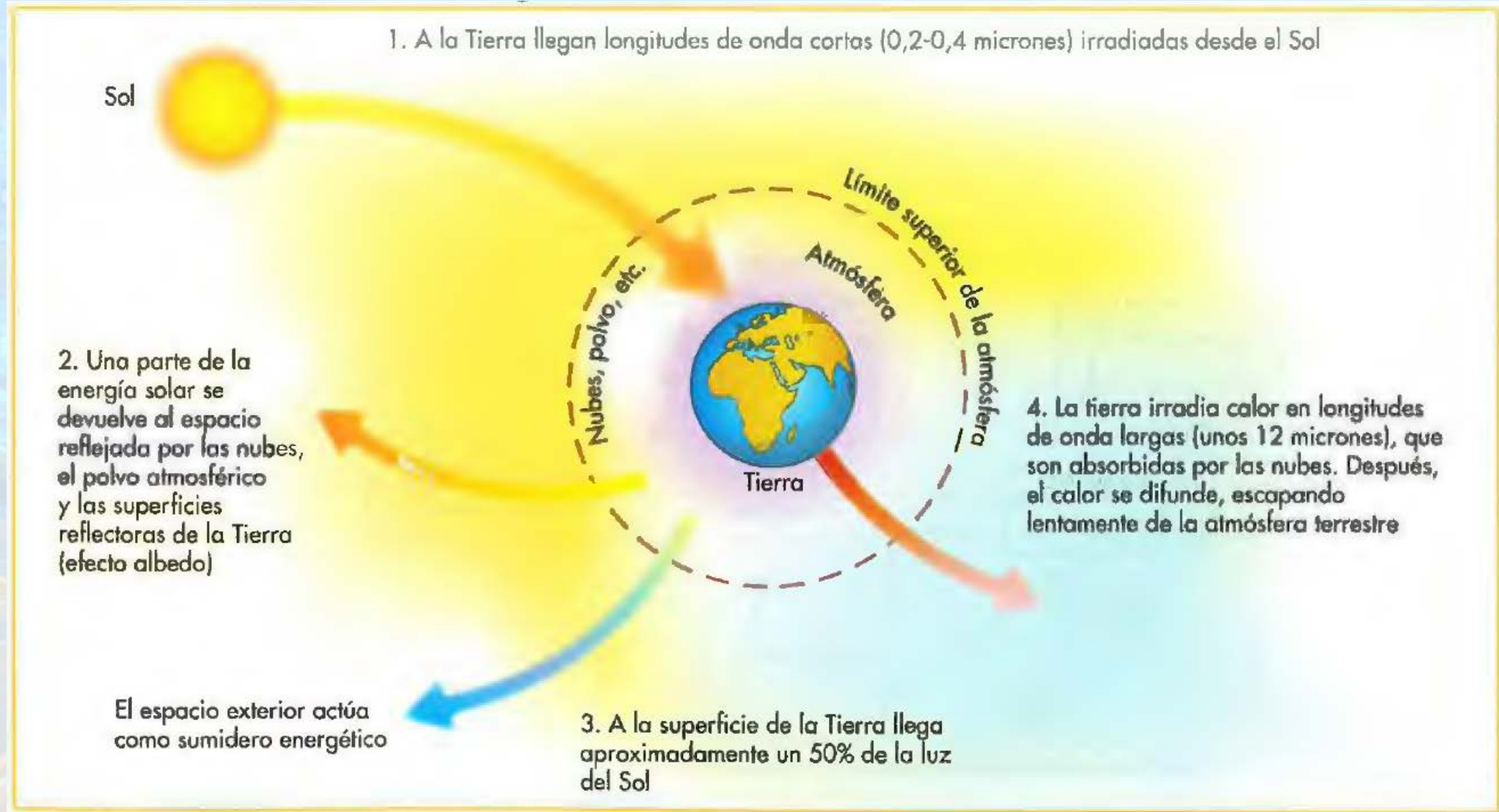


Cada año llegan a la superficie terrestre unas 400000 kilocalorías de energía por metro cuadrado en forma de radiación solar. Los **organismos fotosintéticos** (sobre todo plantas y protocistas clorofílicos, pero también cianobacterias y bacterias fotosintéticas) o quimiosintéticos, absorben en el mejor de los casos un 70% de esa energía y el resto es reflejado. Sin embargo, como máximo un 1% de ese 70% es utilizado por los organismos autótrofos para crear materia que pueda alimentar a los organismos heterótrofos. El resto se usa para mantener el calor de sus organismos, la transpiración del agua y las reacciones químicas como la respiración.



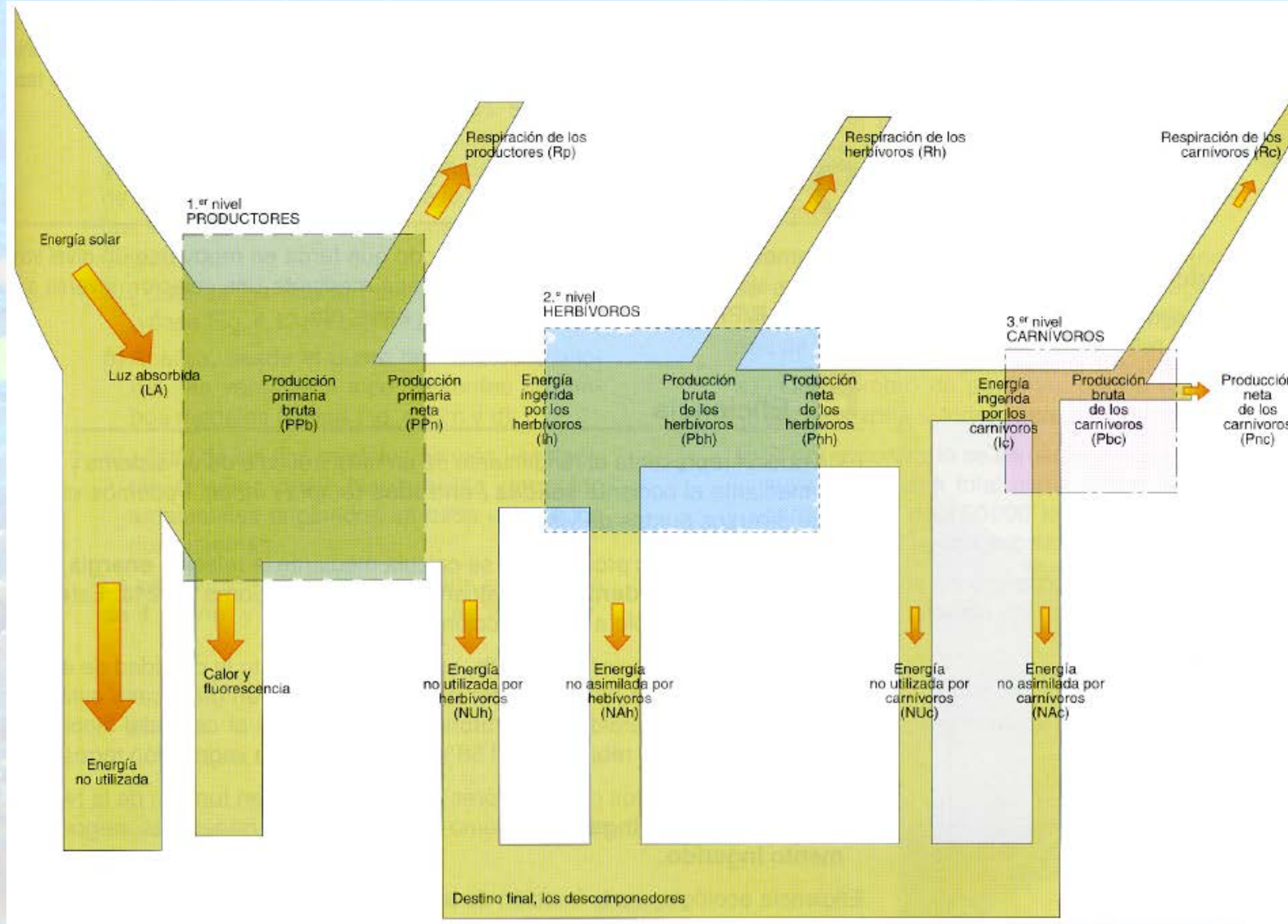
Flujo de Energía y Materia en los Ecosistemas

Recordatorio: Balance de Radiación (Energía) Terrestre



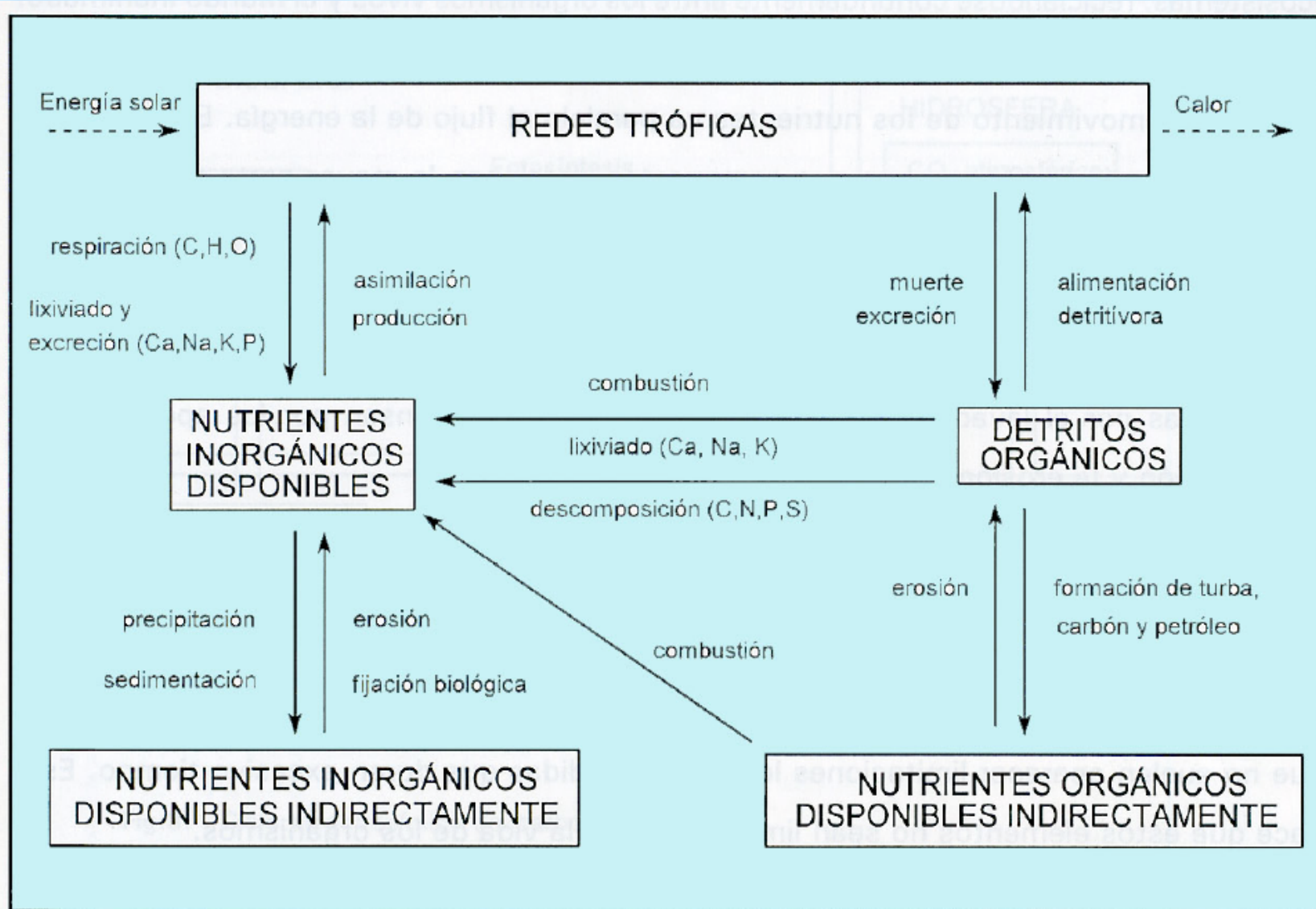
Flujo de Energía y Materia en los Ecosistemas

Flujo de Energía en los Ecosistemas



Flujo de Energía y Materia en los Ecosistemas

Ciclo de Materia en los Ecosistemas



Parámetros Tróficos del Ecosistema

Para poder cuantificar (y así entender mejor) las **relaciones alimentarias** o **tróficas** entre los organismos de un ecosistema, introducimos las tres siguientes importantes definiciones:

- **Biomasa**
- **Producción**
- **Productividad**



Parámetros Tróficos del Ecosistema

Biomasa

La **biomasa (B)** es la cantidad de materia orgánica (de un individuo, un nivel trófico o un ecosistema completo) originada en un proceso biológico que puede ser utilizada (directa o indirectamente) como fuente de energía.

- La biomasa se expresa como la cantidad de materia (en **peso seco o fresco**) o de energía asociada a materia viva que existe en un hábitat determinado **por unidad de superficie o volumen**. Así, unidades habituales son g/cm³ o kcal/ha (ha=hectárea).
- Distinguimos: **biomasa primaria** (generada directamente por la actividad fotosintética de los organismos autótrofos, **biomasa secundaria** (producida por los organismos heterótrofos) y **biomasa residual** (fruto de algún tipo de actividad humana, e.g. serrín, paja, estiércol, RSU).

Parámetros Tróficos del Ecosistema

Producción

La **producción (P)** es la cantidad de biomasa (materia o energía por unidad de área) que consigue sintetizar un ecosistema o uno de sus niveles tróficos **por unidad de tiempo** (se mide e.g. en kcal/ha/año).

Balance de Energía en la Producción Primaria

Energía solar asimilada por el vegetal
= Energía química para el crecimiento orgánico y la reproducción
+ Energía calorífica disipada en la respiración

Producción Primaria
(cantidad de energía solar transformada en energía química por los organismos autótrofos)

Producción Primaria Bruta (PPB)
(cantidad total de energía fijada por los autótrofos, por unidad de área y tiempo, incluyendo la consumida en la respiración, el crecimiento, el funcionamiento vital y la reproducción)

Producción Primaria Neta (PPN)
(descuenta de la producción primaria bruta la energía o materia correspondiente a la respiración (R), que suele ser un 10-20% de la PPN)
 $PPN = PPB - R$

Producción Secundaria
(almacenamiento de energía en los tejidos de los organismos heterótrofos)

Producción Secundaria Bruta (PSB)
(porcentaje de nutrientes que se asimila del total consumido: en herbívoros, un 10%; en carnívoros, entre 30 y 40% (y hasta un 75% los más eficientes))

Producción Secundaria Neta (PSN)
(energía que queda a disposición del nivel trófico siguiente)

Balance de Energía en la Producción Secundaria

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

Energía química asimilada
= Energía química para crecimiento, etc.
+ Energía calorífica disipada en la respiración

Parámetros Tróficos del Ecosistema

Productividad

La **productividad (p)** de un ecosistema o de uno de sus niveles tróficos es un índice de la **velocidad de renovación** de la biomasa, que se expresa como el cociente entre la biomasa producida (producción P) y la biomasa mantenida (B), esto es:

$$p = \frac{P}{B} \times 100 (\%)$$

Se expresa en **porcentaje por unidad de tiempo** (por ejemplo, un 30% anual, o un 200% anual). La productividad puede ser menor o mayor que el 100% dado un período de tiempo fijo (p.ej. un año).

- **Productividad Bruta (pB)**: es el flujo de energía **que entra** a un determinado nivel trófico: $pB = PB/B$
- **Productividad Neta (pN)**: es la tasa de renovación de lo **que sale** para el siguiente nivel trófico: $pN = PN/B$
- **Tiempo de Renovación (tr)**: es el tiempo que tarda la materia o energía de una población o nivel trófico en renovarse: $tr = B/PN$ Es el inverso de la productividad (neta)

Parámetros Tróficos del Ecosistema

La Productividad en Algunos Ecosistemas



Bosque Maduro

Tiene una gran cantidad de biomasa que se mantiene constante, y apenas invierte en crecimiento de biomasa nueva, por lo que su productividad es cercana a cero y su tiempo de renovación muy grande.



Pastizal

Dada su estructura simple, se renueva con rapidez y su productividad es alta.

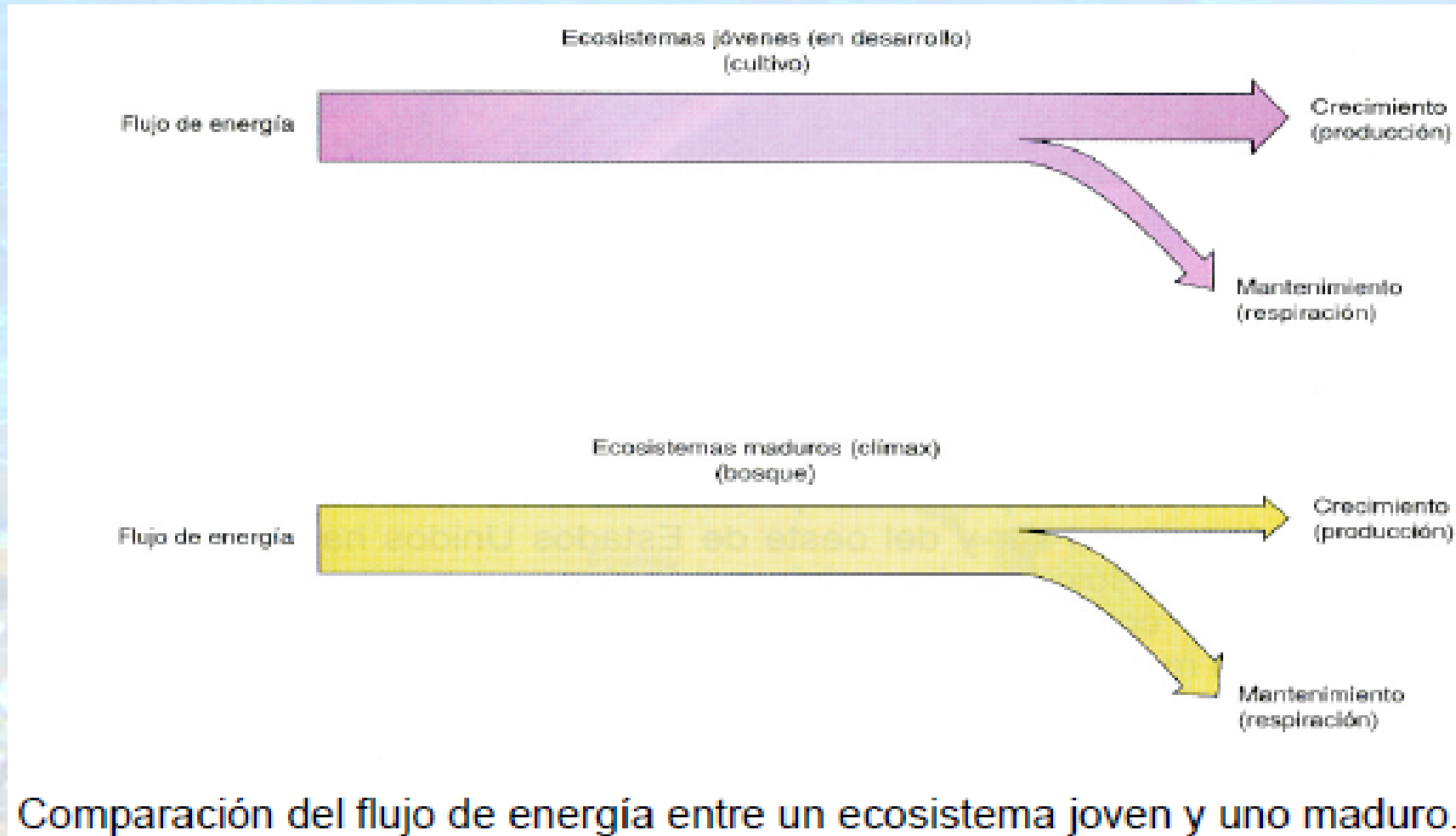


Cultivo

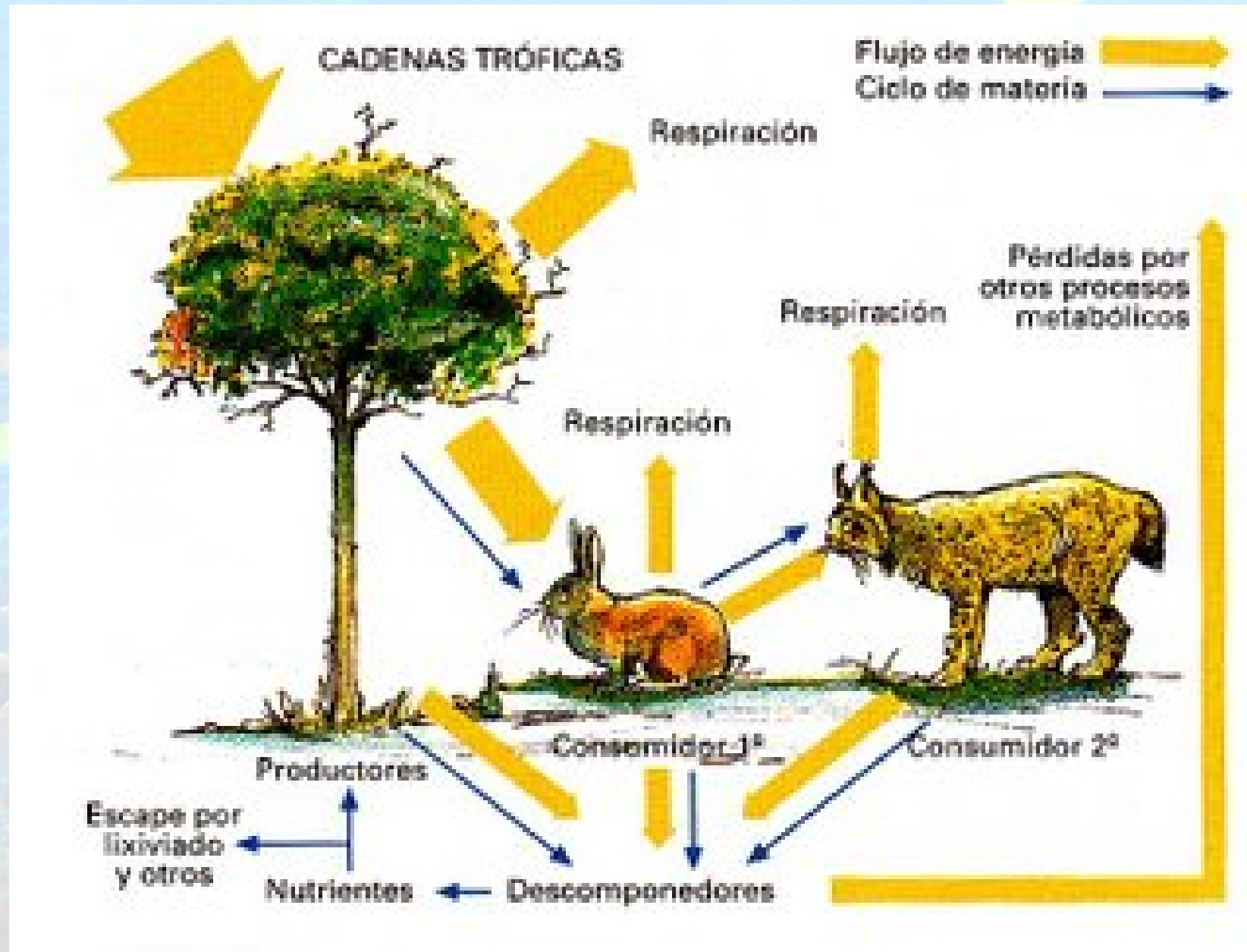
En un cultivo la renovación es total y la productividad muy elevada. El tiempo de renovación coincide con el período entre cosechas.

Parámetros Tróficos del Ecosistema

La Productividad en Algunos Ecosistemas



La Estructura Trófica del Ecosistema



La Estructura Trófica del Ecosistema: Niveles Tróficos



Productores

Son los organismos que fijan la energía solar del espectro visible en forma de moléculas orgánicas ricas en energía química, fabricadas a partir de compuestos inorgánicos.



Consumidores

Son los organismos que se nutren a expensas de materia orgánica ya elaborada por los productores.



Descomponedores

También denominados transformadores, reductores o saprófitos, se trata de las bacterias y los hongos que actúan tras la incorporación al medio de restos de vegetales y animales, los descomponen con sus enzimas y una vez los han degradado absorben las moléculas ricas en energía que los componían para alimentarse. En el proceso liberan sustancia que dan lugar a nutrientes para los organismos autótrofos.

La Estructura Trófica del Ecosistema: Consumidores

Consumidores Propiamente Dichos



Primarios

Se alimentan directamente de los tejidos de los productores (herbívoros, fitófagos, parásitos de los vegetales)



Secundarios

Se alimentan de los consumidores primarios (carnívoros, parásitos de los herbívoros)



Terciarios

Son carnívoros que comen otros carnívoros o sus parásitos



Omnívoros/Diversívoros

Se alimentan de productores, herbívoros y carnívoros

Detritívoros o Saprobios



Necrófagos/Carroñeros

Ingieren cadáveres recientes o poco descompuestos (e.g. larvas de insectos, buitres, hienas...)



Saprófagos

Se alimentan de restos de plantas o animales claramente alterados (e.g. lombrices de tierra, algunos insectos...)



Coprófagos

Se nutren de excrementos animales (e.g. escarabajos estercoleros)

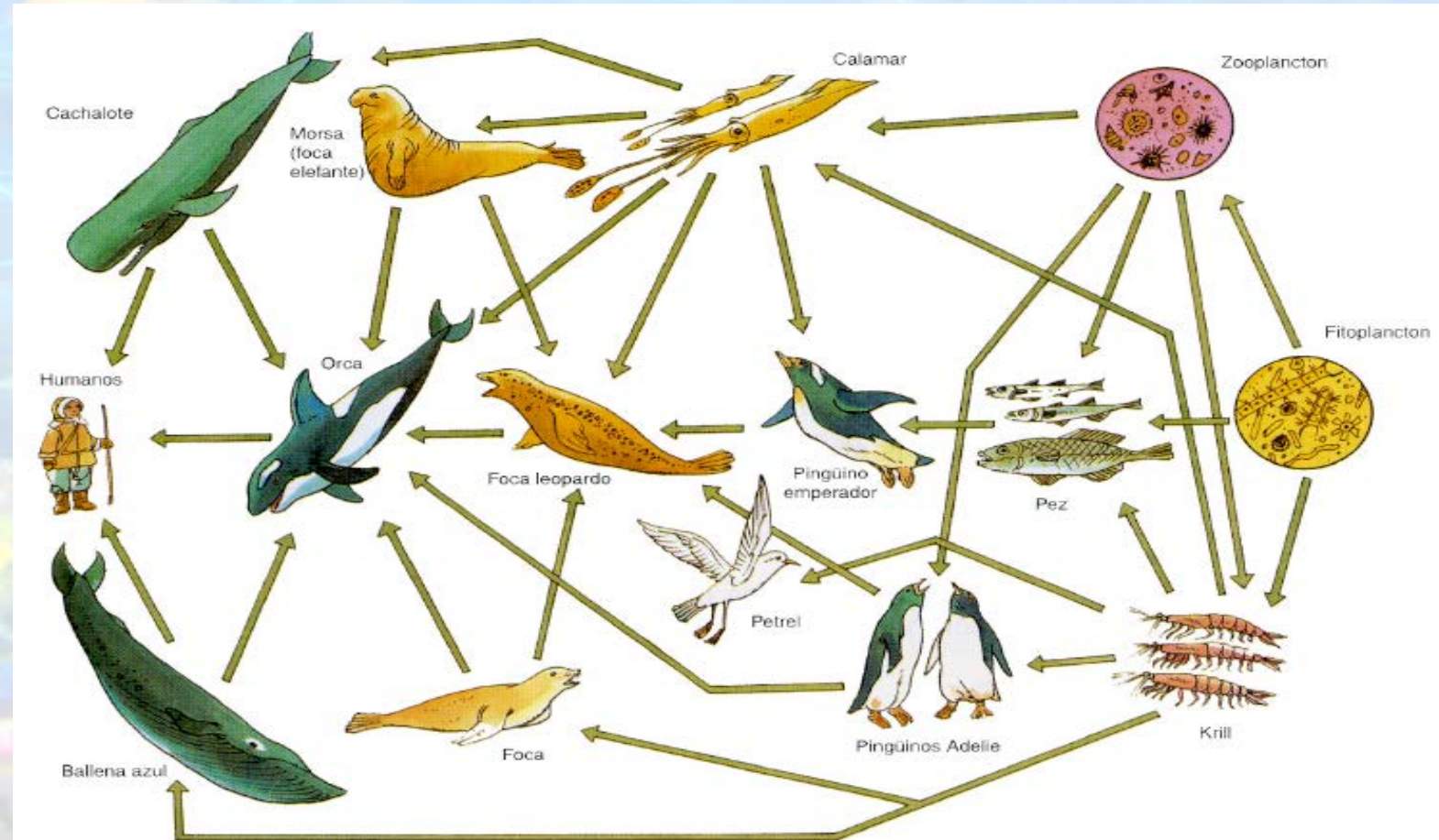
Relaciones Tróficas en el Ecosistema: Cadenas y Redes Tróficas

Los distintos niveles tróficos se conectan entre sí a través de diversas relaciones. La más sencilla de estas relaciones es la **cadena trófica**. En la figura se muestran cadenas tróficas típicas de ecosistemas terrestres y marinos



Relaciones Tróficas en el Ecosistema: Cadenas y Redes Tróficas

En realidad, las cadenas tróficas son modelos demasiado simplificados. Por ejemplo, la pérdida de un eslabón significaría la pérdida de todos los siguientes. En un ecosistema **se entrelazan diversas cadenas alimentarias**, al haber organismos que participan en más de una de ellas. El conjunto constituye una **red trófica**.



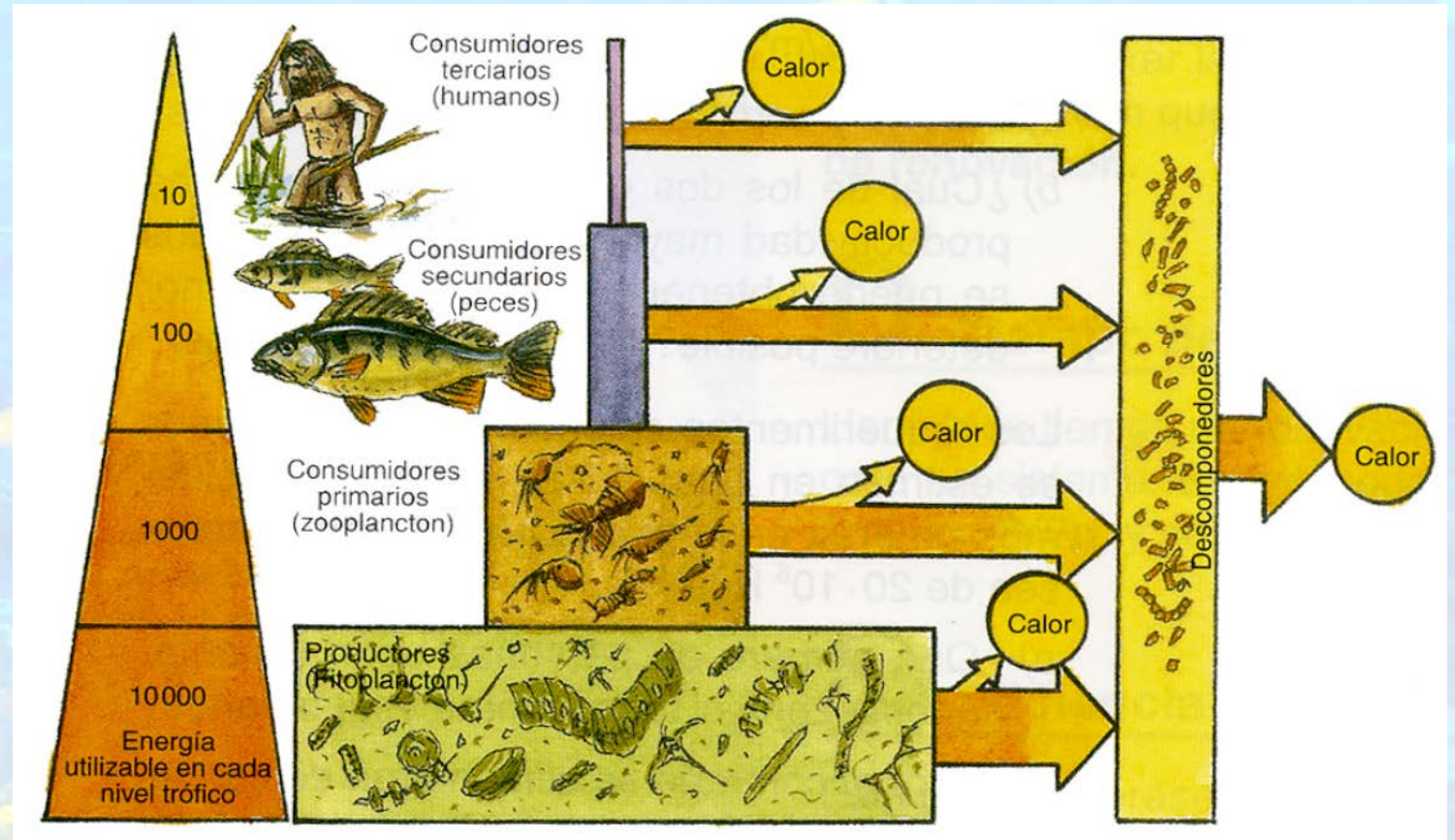
La Regla del 10%

Cada transferencia energética origina una pérdida considerable de energía, lo que en la práctica significa que cuanto mayor sea el nivel trófico de un organismo, menor cantidad de energía tendrá a su disposición.

Por ejemplo, una planta debe gastar energía durante la fotosíntesis. Esta energía se emplea para tomar agua y nutrientes del suelo y el dióxido de carbono del aire.

Los animales, por su parte, gastan una gran cantidad de energía para encontrar las plantas o animales que utilizan para su sustento, y más energía en la operación real de comerlos, sin mencionar su constante respiración celular.

Prácticamente, del 80 al 90% de la energía que reciben los organismos de un nivel trófico se emplea antes de ser transferida al siguiente nivel.



En otras palabras, la energía total contenida en un nivel trófico de un ecosistema alcanza sólo un décimo de la correspondiente al nivel precedente; lo que se conoce como **Ley del diezmo ecológico o del diez por ciento**.

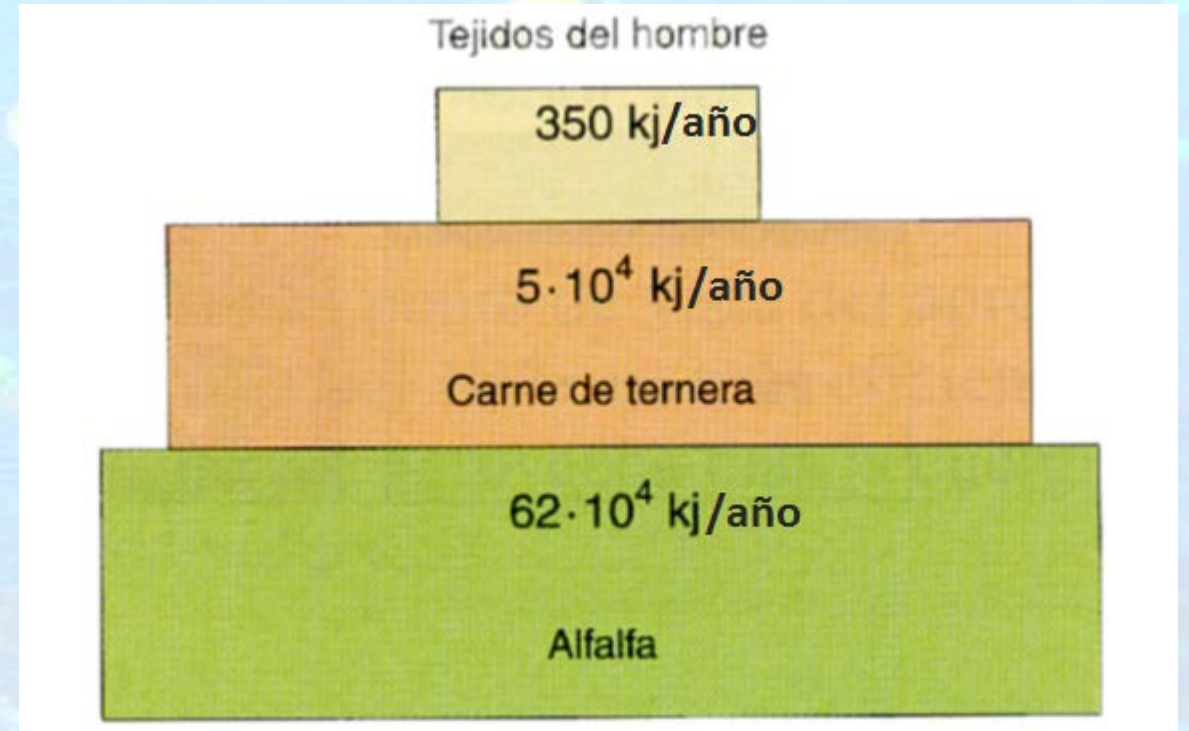
Se denomina **eficiencia neta** al porcentaje de alimento que se invierte en crecimiento propio en cada nivel. La eficiencia neta tiende a aumentar conforme subimos en la pirámide. La eficiencia es evidentemente menor que 1 (esto es menor que el 100%).

La Pirámide de Producción o Pirámide de Energía (por unidad de tiempo)

Para que un ecosistema **esté en equilibrio**, cada nivel trófico ha de explotar al nivel inmediatamente inferior, pero de modo que los efectivos de este último no disminuyan hasta desaparecer, sino que **tengan tiempo de renovarse**.

En consecuencia, **la biomasa que puede mantenerse en un determinado nivel no depende de la biomasa del nivel anterior, sino de la producción de éste y de la velocidad con que se lleva a cabo (productividad)**.

La producción representa la energía realmente disponible para el consumo. Por lo tanto, si representamos la producción de los distintos niveles tróficos de un ecosistema en forma de escalones superpuestos, **tendremos necesariamente una pirámide, con la base mucho más ancha que los escalones superiores (regla del 10%)**.

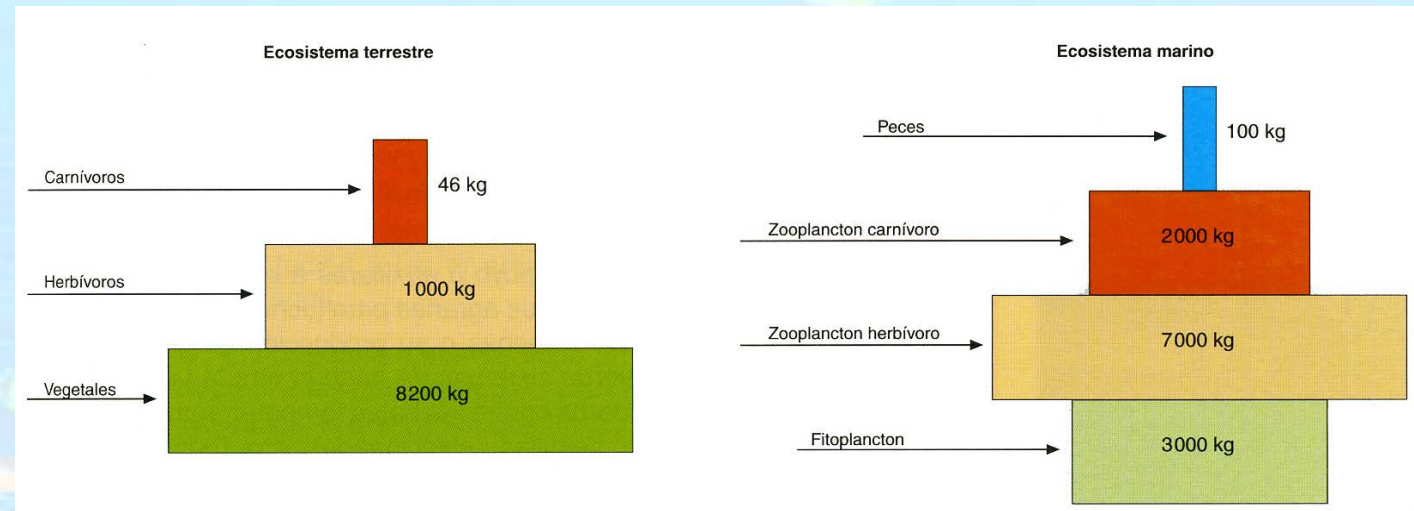


Las pirámides aportan información cuantitativa muy relevante sobre un ecosistema que no se puede extraer del mero conocimiento de las redes tróficas.

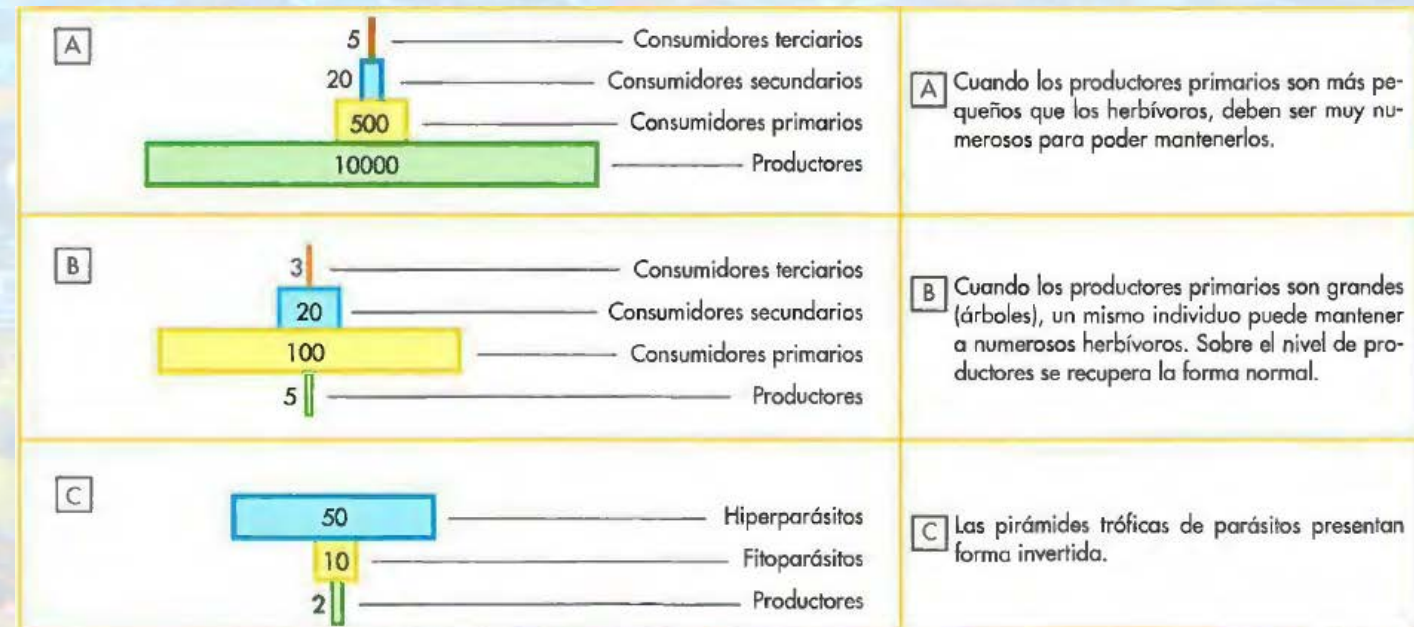
La Pirámide de Biomasa y de Números

En cambio, si cada escalón representa la biomasa de un nivel en lugar de su producción, la representación obtenida se denomina **pirámide de biomasa**, y en ella pueden aparecer escalones intermedios mayores que otros más bajos, o **incluso puede ser una pirámide invertida**. Esta particular inversión es debida a que un nivel trófico determinado puede estar explotando a otro cuya biomasa sea menor, ya que el equilibrio no se establece con la biomasa del mismo, sino con su productividad.

Otra pirámide que resulta útil en ocasiones es la **pirámide de números**, en la que cada escalón representa el número de individuos de cada nivel trófico. Generalmente, cada nivel trófico posee un número mayor de individuos que el inmediatamente superior. A veces, sin embargo, sucede lo contrario, como en el caso de un árbol y sus pobladores o el de un animal y sus parásitos.



Pirámides de biomasa típicas de ecosistemas terrestres y marinos. Los números dan la biomasa (por hectárea).



Principales tipologías de pirámides de números.