

## 2. ECOSISTEMAS Y ECOLOGÍA. (25 horas)



# CONTENIDOS

**2.1. ESPECIES Y POBLACIONES.**

**2.2. COMUNIDADES Y ECOSISTEMAS.**

**2.3. FLUJOS DE MATERIA Y ENERGÍA.**

**2.4. BIOMAS, ZONACIÓN Y SUCESIÓN.**

**2.5. INVESTIGACIÓN DE ECOSISTEMAS.**

**Preguntas fundamentales:** Este tema puede resultar especialmente apropiado para considerar las preguntas fundamentales A y E.



## **2.3. FLUJO DE ENERGÍA Y MATERIA.**

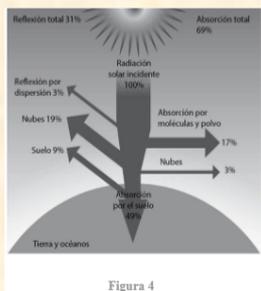
### 2.3. FLUJOS DE ENERGÍA Y MATERIA.

#### Ideas significativas:

- Los ecosistemas están vinculados entre sí mediante flujos de materia y energía.
- La energía del sol impulsa dichos flujos y las actividades de los seres humanos están teniendo efectos sobre los flujos de materia y energía, tanto a nivel local como global.

#### Conocimiento y comprensión:

- Cuando la radiación solar (insolación) penetra en la atmósfera terrestre, parte de la energía queda indisponible para los ecosistemas al ser esta absorbida por la materia inorgánica o reflejada de nuevo hacia la atmósfera.
- Las rutas de la radiación a través de la atmósfera implican una pérdida de radiación mediante reflexión y absorción, tal como se muestra en la figura 4.



- Las rutas de la energía a través de un ecosistema incluyen:
  - Conversión de energía lumínica en energía química.
  - Transferencia de energía química de un nivel trófico a otro, con grados de eficiencia variables
  - Conversión global de la luz ultravioleta y la luz visible en energía térmica por parte de un ecosistema
  - Rerradiación de la energía térmica hacia la atmósfera.
- La **productividad** mide la conversión de la energía en biomasa durante un determinado período de tiempo.
- La **productividad primaria neta (PPN)** se calcula restando las pérdidas por respiración (R) de la productividad primaria bruta (PPB).
$$PPN = PPB - R$$
- La **productividad secundaria bruta (PSB)** es la energía o biomasa total asimilada por los consumidores y se calcula restando la masa de las pérdidas fecales de la masa de alimento consumido.
$$PSB = \text{alimento ingerido} - \text{pérdidas fecales}$$
- La **productividad secundaria neta (PSN)** se calcula restando las pérdidas por respiración (R) de la productividad secundaria bruta (PSB).
$$PSN = PSB - R$$
- Los **rendimientos sustentables máximos** equivalen a la productividad primaria neta o secundaria neta de un sistema.
- La materia también fluye a través de los ecosistemas, vinculando estos entre sí. Este flujo de materia implica transferencias y transformaciones.
- Para ilustrar este flujo de materia mediante el uso de diagramas de flujo se emplean los ciclos del carbono y del nitrógeno. Estos ciclos incluyen **reservas** (a veces referidas como **sumideros**) y **flujos**, que transportan materia de una reserva a otra.
- Las **reservas del ciclo del carbono** incluyen organismos y bosques (ambas orgánicas), o la atmósfera, el suelo, los combustibles fósiles y los océanos (todas inorgánicas).
- Los **flujos en el ciclo del carbono** incluyen el consumo (alimentación), la muerte y la descomposición, la fotosíntesis, la respiración, la disolución y la fosilización.
- Las **reservas del ciclo del nitrógeno** incluyen organismos (orgánicas), el suelo, los combustibles fósiles, la atmósfera y los acuíferos (todas inorgánicas).
- Los **flujos en el ciclo del nitrógeno** incluyen la fijación de nitrógeno por bacterias y los rayos de tormentas, la absorción, la asimilación, el consumo (alimentación), la excreción, la muerte y la descomposición, y la desnitrificación por bacterias en suelos anegados.
- Las **actividades humanas** tales como la quema de combustibles fósiles, la deforestación, la urbanización y la agricultura tienen efectos sobre los flujos de energía y sobre los ciclos del carbono y del nitrógeno.

#### Aplicaciones y habilidades:

- Analizar modelos cuantitativos de flujos de materia y energía

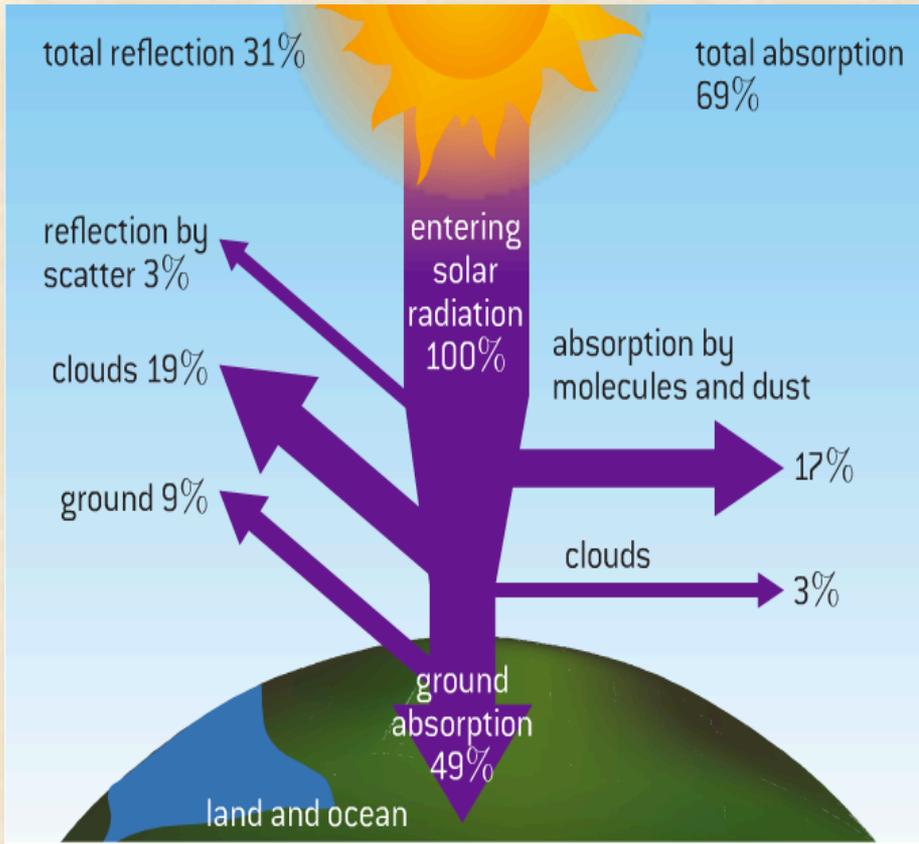
#### Orientación:

- Los alumnos deben tener la oportunidad de medir la productividad y la biomasa experimentalmente.
  - Los alumnos podrían diseñar experimentos para comparar la productividad en distintos sistemas.
  - Hay que hacer hincapié en la distinción entre reservas de energía ilustrada mediante casillas en los diagramas de flujo de energía (que representan los distintos niveles tróficos) y los flujos de energía o productividad representados frecuentemente como flechas (a veces de anchuras variables). Las primeras se miden como la cantidad de energía o biomasa por unidad de superficie y los últimos se indican como tasas (por ejemplo,  $J m^{-2} a^{-1}$ ).
  - Los alumnos deben comprender la relación entre los rendimientos sustentables y la productividad.
  - Hay que comparar los valores de PPB y PPN de distintos biomas.
  - A veces se emplea el término "asimilación" en lugar de "productividad secundaria".
  - En el ciclo del carbono no se requieren las funciones de la calcificación, la sedimentación, la litificación, la meteorización y los volcanes.
  - No se requieren conocimientos en detalle de la función de las bacterias en la fijación de nitrógeno, la nitrificación y la amonificación.
$$\text{Eficiencia} = \frac{[(\text{original} - \text{nuevo})/\text{original}] * 100}{}$$
- #### Mentalidad internacional:
- Los efectos de las actividades humanas sobre los flujos de materia y energía se reproducen a escala global.
- #### Teoría del Conocimiento:
- La energía del sol impulsa flujos de energía y a través de la historia han surgido "mitos" sobre la importancia del sol. ¿Qué papel pueden desempeñar la mitología y las anécdotas en la transmisión del conocimiento científico?
- #### Conexiones:
- Sistemas Ambientales y Sociedades: Introducción a la atmósfera (6.1).
  - introducción a los sistemas acuáticos (4.1), introducción a los sistemas edáficos
  - (5.1), capacidad de carga de la población humana (8.4)
  - Programa del Diploma: Biología (temas 4 y 9, opción C), Química (opción C), Geografía (tema 3), Física (subtema 2.8)

#### Aplicaciones y habilidades:

- Analizar modelos cuantitativos de flujos de materia y energía
- Elaborar un modelo cuantitativo de los flujos de energía o de materia para unos determinados datos.
- Analizar la eficiencia de las transferencias de energía a través de un sistema
- Calcular los valores de PPB y PPN a partir de unos determinados datos.
- Calcular los valores de PSB y PSN a partir de unos determinados datos.

# DESTINO DE LA RADIACIÓN SOLAR SOBRE LA TIERRA



El sol tiene 4.500 billones de años y se encuentra en la mitad de su vida útil.

Fusión nuclear => la fusión del hidrógeno produce helio y libera energía.

Esta energía se libera en forma de fotones desde el Sol a la Tierra tardando en alcanzarla 8 minutos.

La Energía que emite el Sol es de  $63 \cdot 10^6 \text{ J/s.m}^2$ .

La **constante solar (la energía que alcanza la parte superior de la atmósfera)** es de  $1400 \text{ J/s.m}^2$  ( $1400 \text{ W/s}$ )

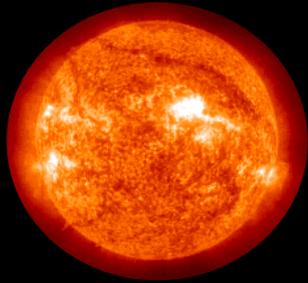
**Las rutas de la radiación a través de la atmósfera implican una pérdida de radiación mediante reflexión y absorción**

**Las rutas de la energía a través de un ecosistema incluyen:**

- Conversión de energía lumínica en energía química.**
- Transferencia de energía química de un nivel trófico a otro, con grados de eficiencia variables .**
- Conversión global de la luz ultravioleta y la luz visible en energía térmica por parte de un ecosistema**
- Rerradiación de la energía térmica hacia la atmósfera.**



**La luz tarda 8 minutos  
y 4 segundos en llegar**



**SOL**



**TIERRA**

**¿Qué distancia recorre?**

**Recorre una distancia de  $150 \cdot 10^6$  de  
Km**

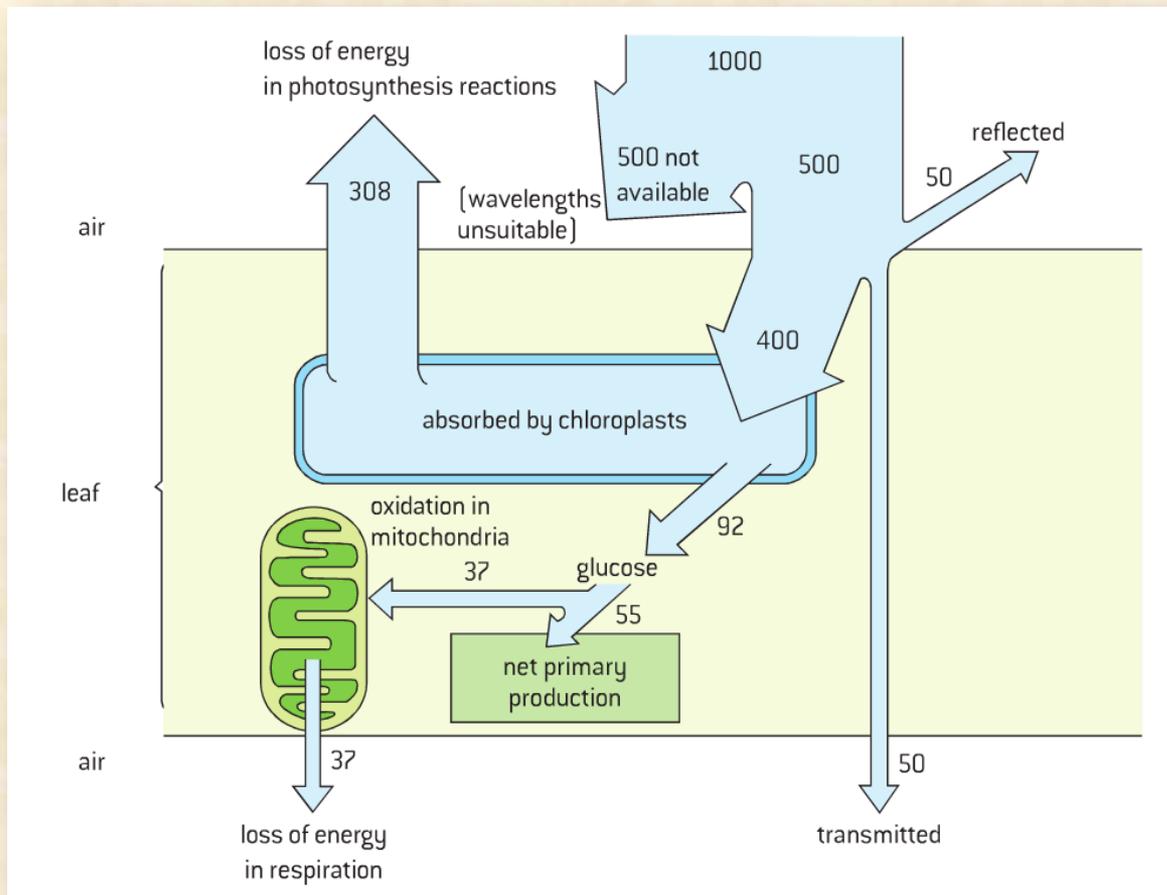
# ECOSFERA

**ABIERTO PARA LA ENERGÍA Y CERRADO PARA LA MATERIA**



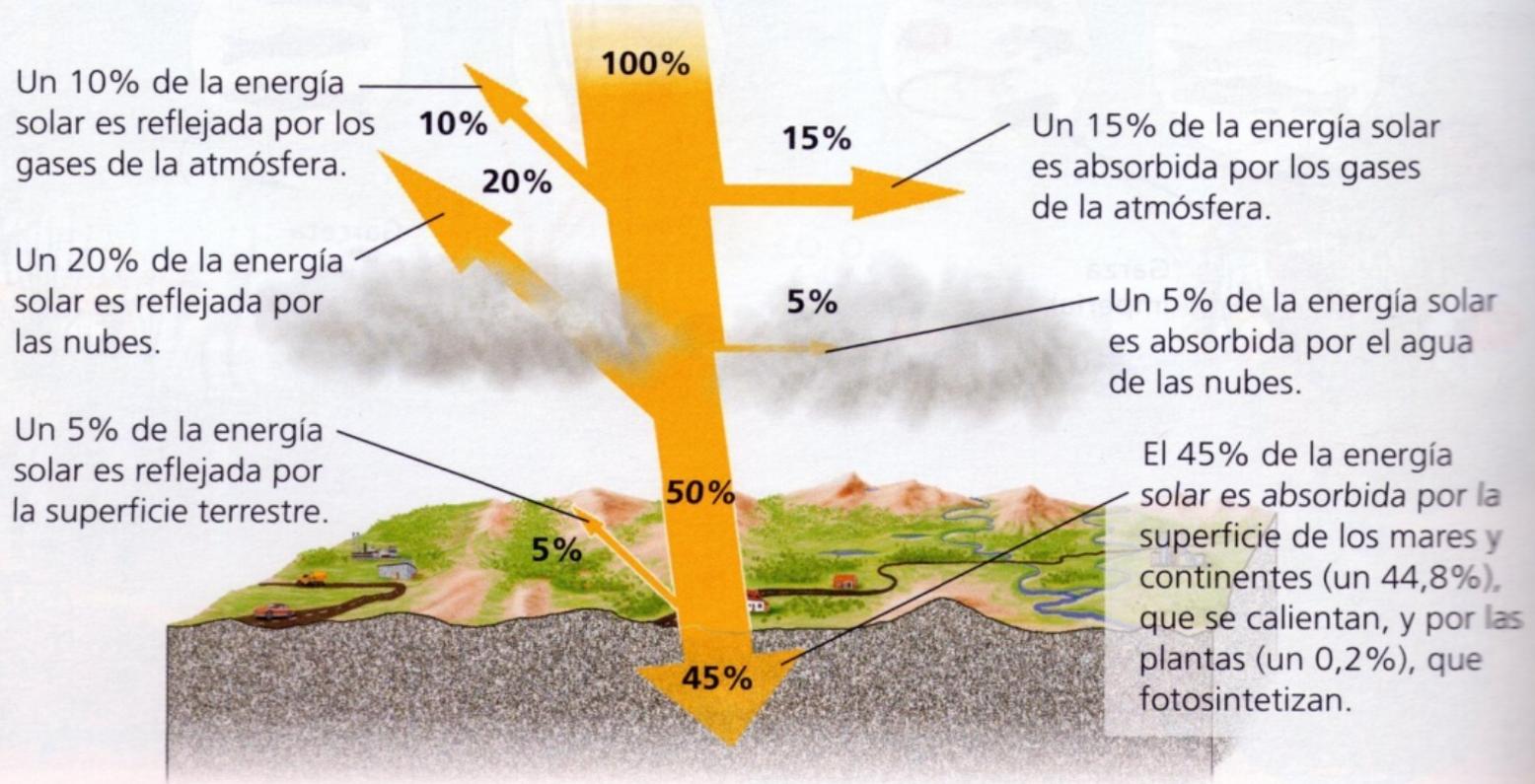
***Cuando la radiación solar (insolación) penetra en la atmósfera terrestre, parte de la energía queda indisponible para los ecosistemas al ser esta absorbida por la materia inorgánica o reflejada de nuevo hacia la atmósfera.***

# La fotosíntesis permite absorber la radiación solar y almacenarla en forma de materia.



Las plantas pueden sólo absorber un 40% de la energía que llega a sus hojas, un 5% es reflejado, 50% perdido y 5% atraviesa la hoja. Las plantas sólo usan las radiaciones de onda electromagnética correspondientes con la energía del rojo y el azul y refleja los otros colores (por ello las plantas son verdes). Así que del 40% sólo utiliza un 9% en la **fotosíntesis (Productividad primaria bruta)**. De este 9% un poco menos de la mitad se utiliza en la respiración y solo el **5%** de ese 9% se convierte en **Productividad primaria neta**

**La eficiencia fotosintética de un cultivo (trigo). Está calculado para una entrada de 1000 unidades de radiación solar**



Reflexión y absorción de la energía solar a medida que va penetrando en la atmósfera.

**De toda la radiación solar que llega a la Tierra las plantas absorben un 0,06% de ello (productividad primaria bruta) y parte de ello lo utiliza en mantenerse vivo, lo que almacena es lo que quedará disponible para el resto de los animales incluido los seres humanos (productividad primaria neta).**

**La eficiencia fotosintética es baja en la conversión de energía en alimento alrededor de un 2-3% en ecosistemas terrestres y un 1% en acuáticos.**

# PARÁMETROS TRÓFICOS

☞ **BIOMASA.**

☞ **PRODUCTIVIDAD.**

✓ **PRODUCTIVIDAD PRIMARIA NETA (PPN)**

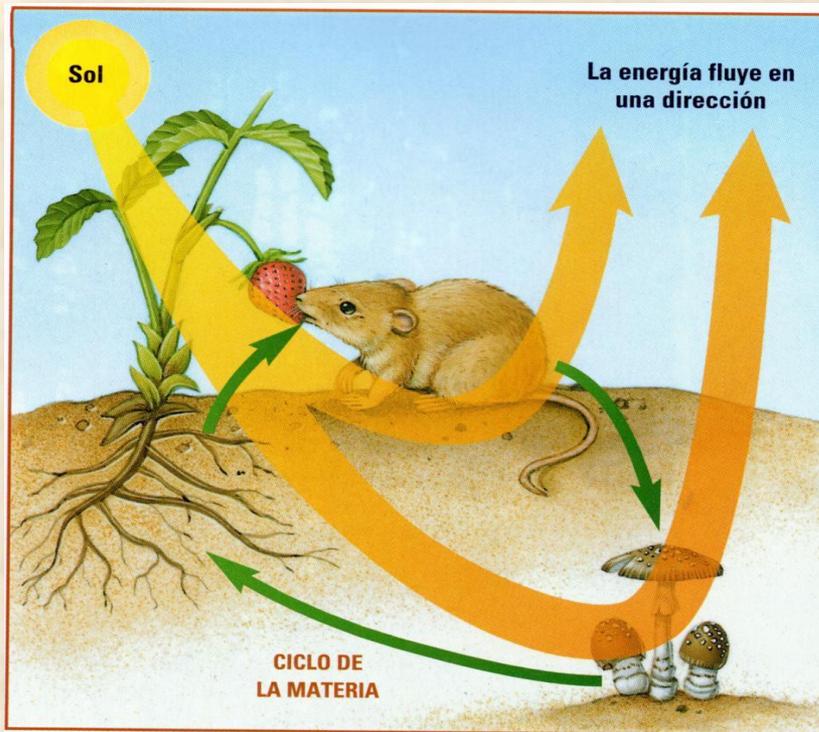
✓ **PRODUCTIVIDAD SECUNDARIA BRUTA (PSN)**

☞ **RENDIMIENTOS SUSTENTABLES  
MÁXIMOS.**

☞ **EFICIENCIA.**

# PARÁMETROS TRÓFICOS

Los parámetros tróficos describen cómo se produce el flujo de energía y el ciclo de la materia a través de los componentes de un ecosistema. Su análisis nos ayuda a comprender las relaciones que se establecen entre los diferentes seres vivos.



Los parámetros tróficos permiten seguir la pista a la energía y la materia en su transcurrir por los seres vivos.

## TÉRMINOS

**BRUTO/A:** referido a la cantidad total obtenida tras una actividad. Ejemplos: beneficios de un negocio o salario de un trabajador.

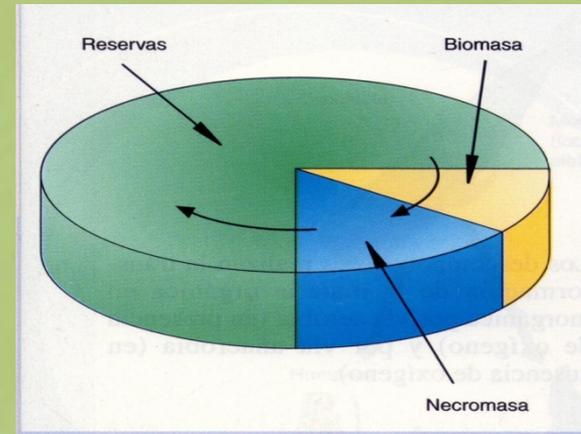
**NETO/A:** se refiere a la cantidad pero después de hacer deducciones. Ejemplos: Salario neto tras restarle al bruto la seguridad social y los impuestos.

**PRIMARIA:** en ecología se relaciona con lo que hacen los productores.

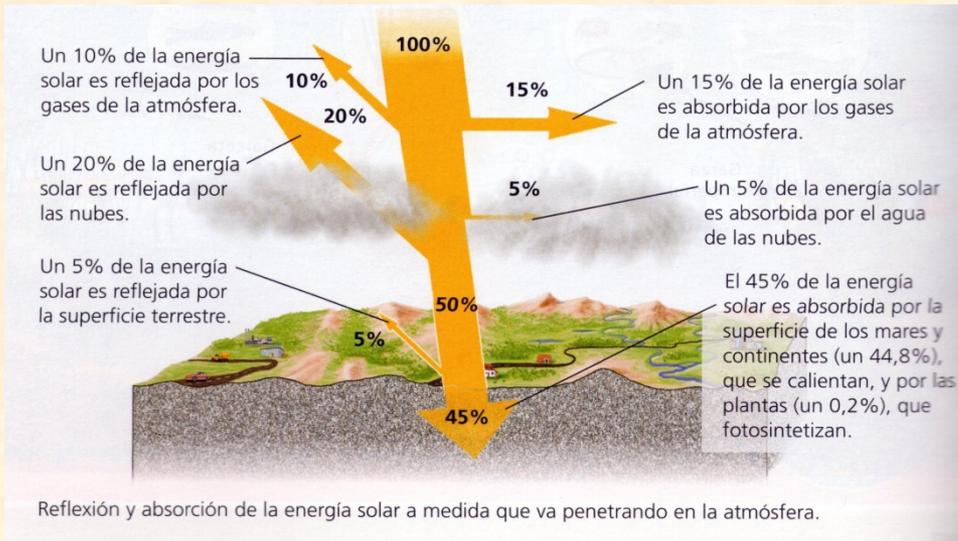
**SECUNDARÍA:** en ecología se relaciona con lo que hacen los consumidores.

**BIOMASA** Cantidad de de *peso seco materia orgánica viva o muerta* (necromasa) de cualquier nivel trófico o ecosistema.

Es la forma que tienen los ecosistemas de almacenarla energía. Constituye la reserva momentánea de cada nivel trófico. La Biomasa se mide en Kilogramos , gramos , miligramos o mas frecuentemente en cantidad de Carbono por unidad de área o volumen:  $g/m^2$  .  $gC/cm^2$ ;  $KgC/m^2$ .

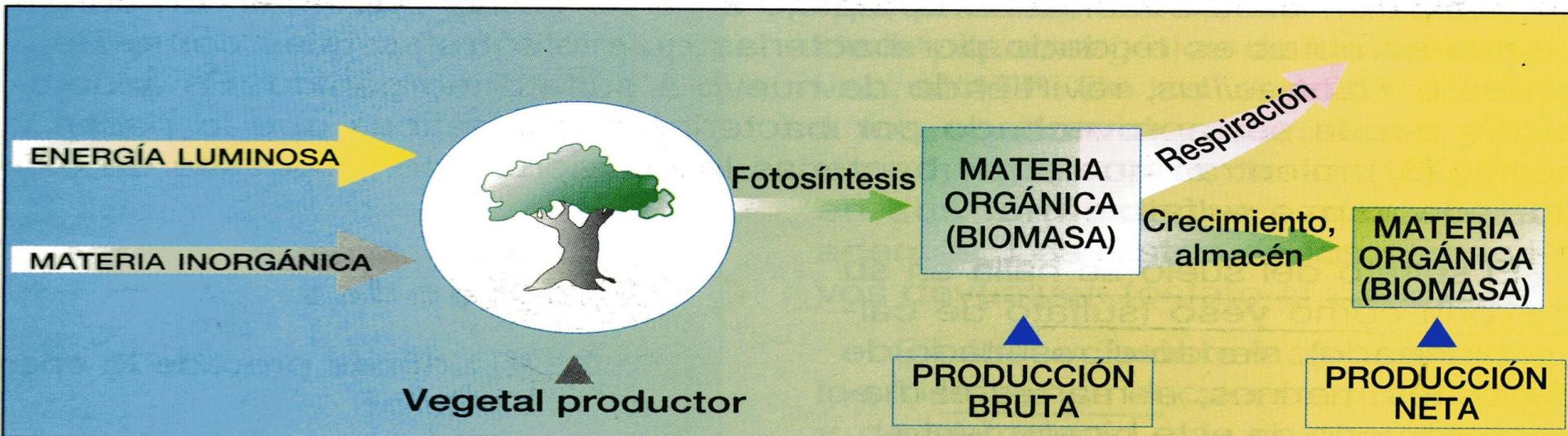


Poca materia orgánica en los tejidos vivos , la mayoría está en depósitos bajo tierra como el carbón o el petróleo )



Sólo el 0,2 % de la energía del Sol que llega a la Tierra es aprovechada por los productores  
 ¿ En qué se pierde ?

Parece poco , pero es mucha energía y sobre todo es la energía que hace posible la vida



**PRODUCTIVIDAD PRIMARIA BRUTA** es lo se produce mediante la fotosíntesis , pero a eso hay que restar los gastos de vivir ( la respiración )

A lo que queda ,es decir los vegetales que vemos en el campo se le llama **PRODUCCIÓN PRIMARIA NETA**

## Término clave

**PRODUCTIVIDAD** mide la conversión de la energía en biomasa durante un determinado período de tiempo. Es la tasa de crecimiento o aumento de biomasa en plantas y animales.

**PRODUCTIVIDAD** Cantidad de energía que fluye por cada nivel trófico. Cantidad de Biomasa que se fabrica en un nivel trófico.

Se expresa en unidades de Biomasa por unidad de tiempo. gC/cm<sup>2</sup>. día; Kcal/ha.año.(1 Julio=0,24 cal).

$$\text{Productividad ( P )} = \text{Biomasa} / t$$

## Tipos:

### Términos clave

- **Productividad primaria bruta (PPS)** : cantidad de energía **fijada** por los productores por unidad de tiempo.
- **Productividad primaria neta (PPN)** :Energía **almacenada** por los autótrofos por unidad de tiempo. Se calcula restando la respiración (R) de la productividad primaria bruta. Es la biomasa que es potencialmente disponible para los herbívoros.

$$\text{PPN} = \text{PPB} - R$$

- **Productividad secundaria bruta (PSB)** es la energía o biomasa total asimilada por los consumidores y se calcula restando la masa de las pérdidas fecales de la masa de alimento consumido.

$$\text{PSB} = \text{alimento ingerido} - \text{pérdidas fecales}$$

- **Productividad secundaria neta (PSN)** se calcula restando la energía perdida por respiración (R) de la productividad secundaria bruta (PSB)

$$\text{PSN} = \text{PSB} - R$$

**PRODUCTIVIDAD NETA (PN)  $\Rightarrow$   $PN = PB - R \Rightarrow$**  es el resultado del hecho de que todos los seres vivos para permanecer vivos tienen que respirar, por ello parte de la energía se gasta en respirar y el resto se acumula en forma de materia para que el organismo crezca o renueve sus estructuras.

*Se habla de productividad y no de producción porque así se tiene en cuenta la variable tiempo además del área o volumen referidos.*

**PRODUCTIVIDAD PRIMARIA (PP)  $\Rightarrow$**  los organismos autótrofos son la base de toda la energía almacenada en el ecosistema. La energía de la luz es convertida en energía bioquímica y almacenada en forma de materia gracias al proceso fotosintético, para ello es necesaria la clorofila en las células de las plantas.

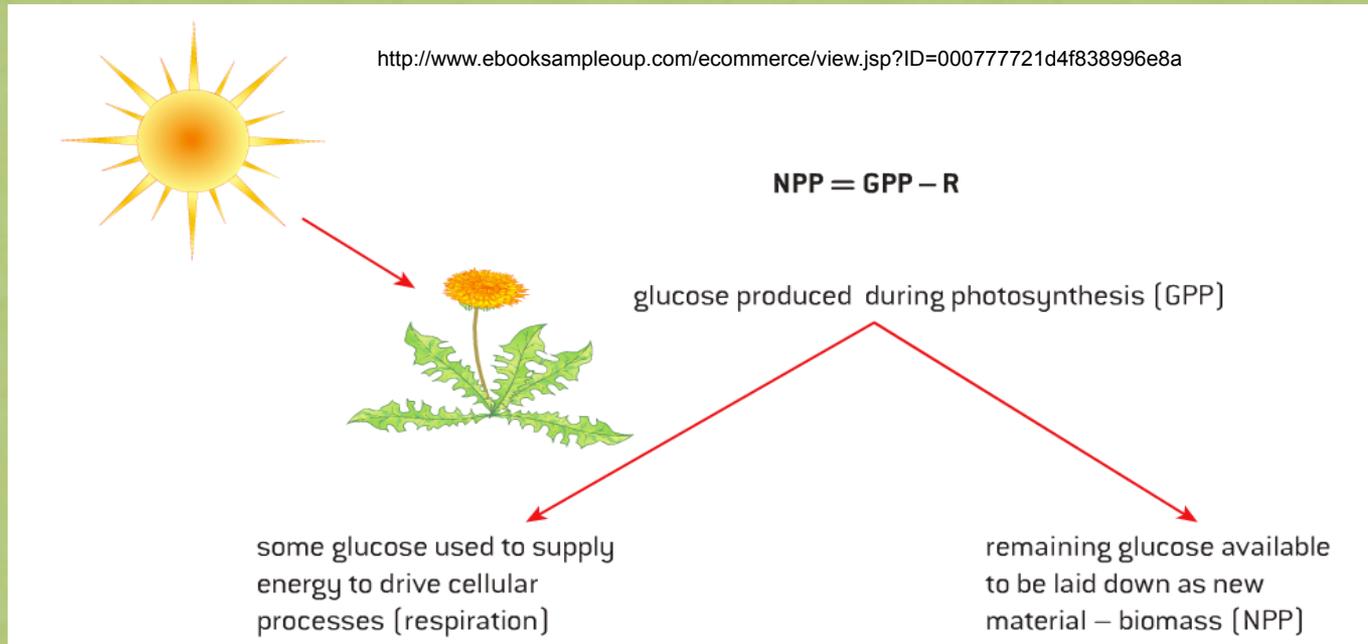
**PRODUCTIVIDAD PRIMARIA BRUTA (PPB):** las plantas fijan la energía de la luz y la convierten en azúcar. Así es teóricamente posible calcular la absorción de energía de una planta midiendo el azúcar producido (PPB).

**Medir el azúcar producido es extremadamente difícil porque es consumido en la respiración casi tan pronto como es producido.**

**PRODUCTIVIDAD PRIMARIA NETA (PPN)** => es útil para medir la productividad de las plantas.

**La glucosa producida en la fotosíntesis tiene dos destinos principales =>**

- Parte es utilizado en la respiración para obtener ATP (energía bioquímica) proceso que implica pérdidas en forma de calor. Esta energía es utilizada para que el organismo realice sus funciones vitales (nutrirse, relacionarse, reproducirse) .
- El resto es depositado en las células en forma de materia y representa la masa seca almacenada (este almacén es potencialmente comida para los consumidores del ecosistema)



*PPN=PPB-R (representa la tasa de producción de materia orgánica a partir de la fotosíntesis menos la tasa de respiración)*

*Proporciona una medida sobre la producción y la utilización de los recursos*

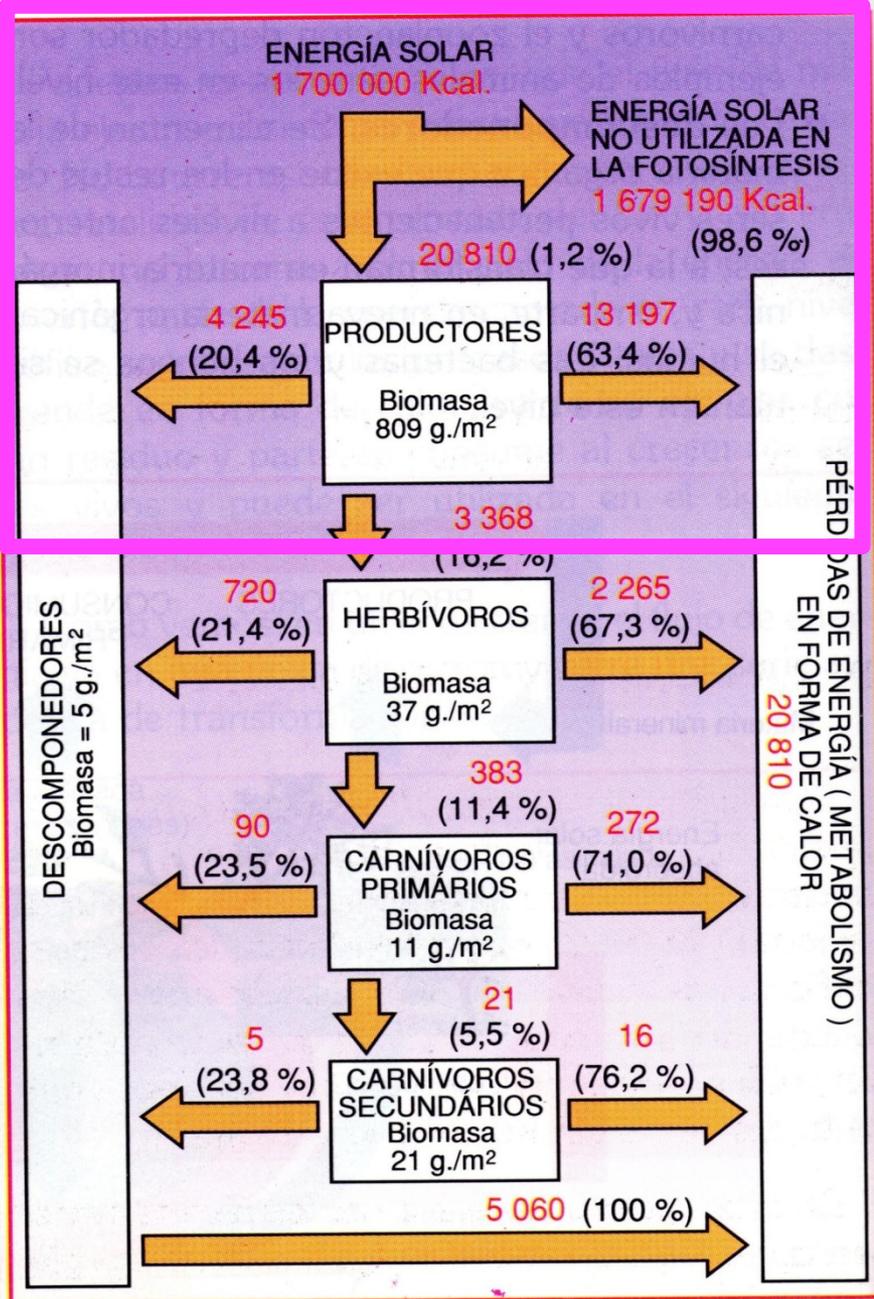
# La cantidad total de materia en las plantas, es la cantidad máxima de energía que está disponible para todos los animales (herbívoros y carnívoros)

## La materia de las plantas tiene dos destinos principales =>

- Parte se pierde (cuando muere el organismo o cuando es descompuesto)
- Parte es comido por los herbívoros lo cual significa que se moviliza la PP.

La cantidad de biomasa producida sufre variaciones:

- Espacialmente: algunos biomas tienen mucho diferente PPN que otros.  
Ejemplo: la selva tropical en relación con la tundra.
- Temporalmente: muchas especies tienen patrones de estacionalidad de productividad vinculados a cambios en la disponibilidad de recursos básicos (luz, agua y calor)

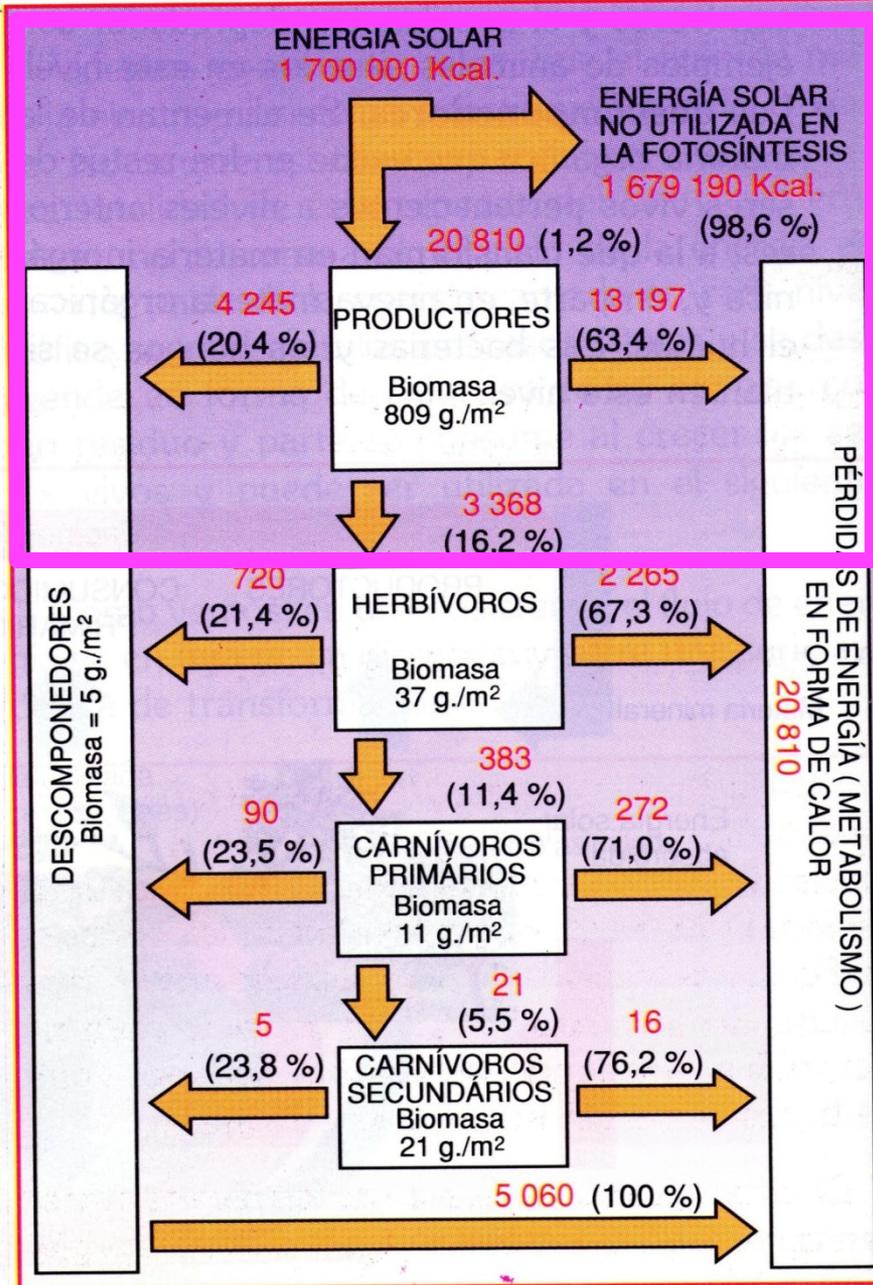


*Hay que distinguir entre reservas de energía ilustrada mediante casillas en los diagramas de flujo de energía (que representan los distintos niveles tróficos) y los flujos de energía o productividad representados frecuentemente como flechas (a veces de anchuras variables). Las primeras se miden como la cantidad de energía o biomasa por unidad de superficie y los últimos se indican como tasas (por ejemplo,  $J m^{-2} a^{-1}$ ).*

Transferencia anual de energía en un ecosistema acuático (simplificada), medida en  $kcal/(m^2 \cdot año)$ .

Pongámosle cifras a todo esto

Veamos una imagen sobre el flujo de energía que circula por un ecosistema y veamos lo que ocurre con los productores



¿ Qué porcentaje de la energía del sol utiliza la planta ?

¿ Cual es la productividad primaria Bruta?

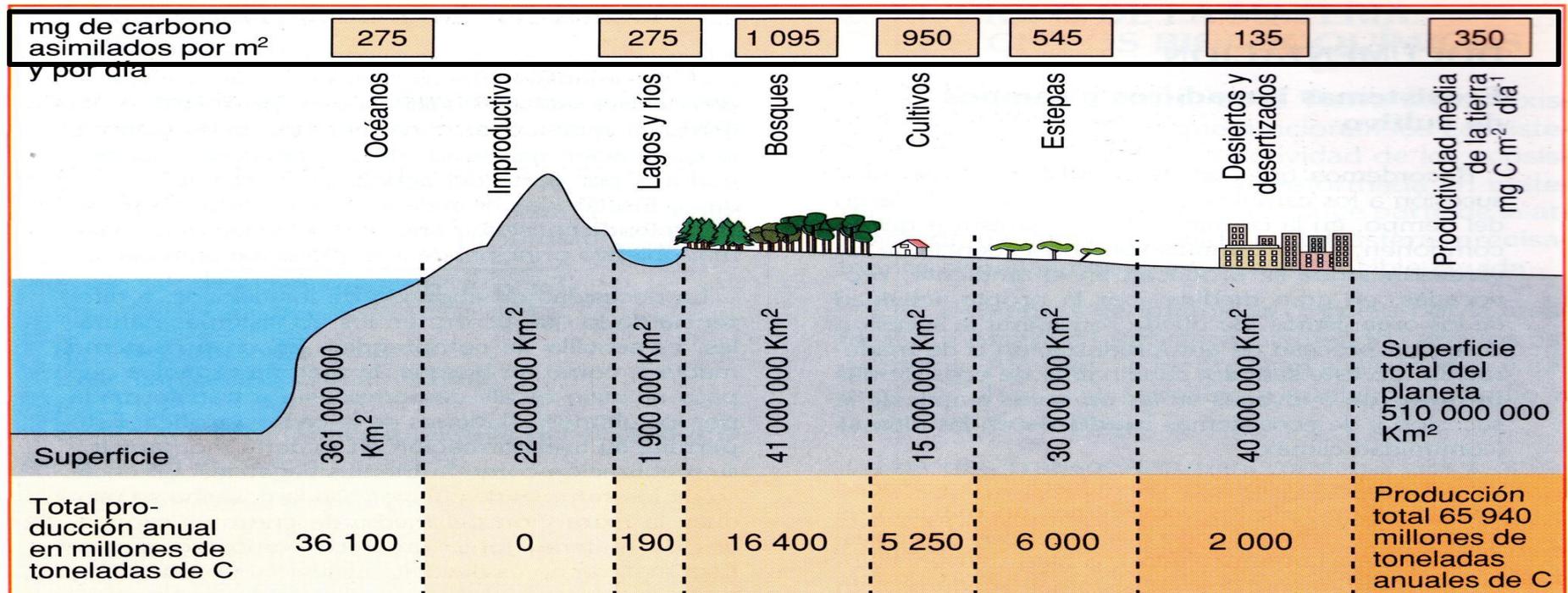
¿ Cual es la productividad primaria neta ?

Transferencia anual de energía en un ecosistema acuático (simplificada), medida en kcal/(m<sup>2</sup> · año).

# ¿ Cuales son los ecosistemas con mayor producción primaria ?

Antes de contestar ¿ Sabrías decir cuáles son los cuatro factores ambientales que más influyen en la producción de los vegetales?

Hay que distinguir entre los ecosistemas acuáticos y los terrestre pero sin duda los más importantes son : la luz , la temperatura , la disponibilidad de nutrientes y la humedad



Valores promedio situados entre la producción bruta y neta de la producción primaria mundial.

125	-	250	800 - 2 000	650	600	90	Producción media anual (g/m <sup>2</sup> )
0,003	-	0,02	12 - 20	1	3	0,7	Biomasa (kg/m <sup>2</sup> )
Océanos (1)	No productivos	Lagos	Bosques (2)	Cultivos	Estepas y praderas	Desiertos y semidesiertos	
361	22	1	48	15	30	40	Superficie (millones de km <sup>2</sup> )

(1) En arrecifes ..... 2 500 g/m<sup>2</sup>  
 En estuarios ..... 1 500 g/m<sup>2</sup>

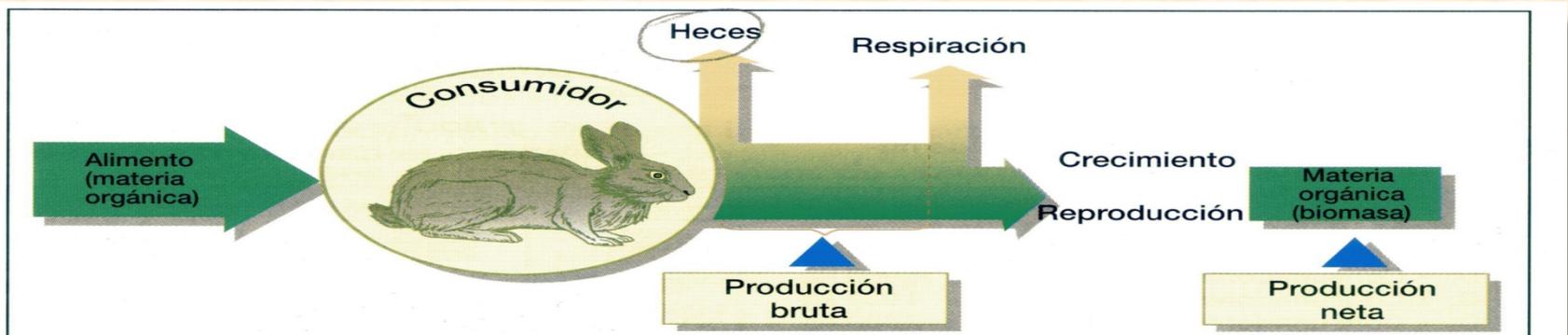
(2) B. Tropical ..... 2 000 g/m<sup>2</sup>  
 B. Templados..... 1 250 g/m<sup>2</sup>  
 Taiga ..... 800 g/m<sup>2</sup>

**PRODUCTIVIDAD Secundaria :** Biomasa fabricada por los consumidores (herbívoros y carnívoros )

**PRODUCTIVIDAD SECUNDARIA BRUTA ( PSB ):** Es el alimento ingerido y asimilado . Mucho del alimento consumido es indigerible y otra parte no se asimila siendo eliminados ambas partes por las heces.

**PSB= alimento ingerido –pérdidas fecales**

**Los herbívoros desechan mayor % alimento en las heces que los carnívoros . ¿ sabes por qué ?**



**PRODUCCIÓN SECUNDARIA NETA ( PSN ):** Es el alimento asimilado una vez que descontamos las pérdidas por respiración ( requerimientos metabólicos , movimiento , desprendimiento de calor )

**PSN= PSB-R**

**¿ Quien tiene mayores pérdidas en la Respiración los Productores o los Consumidores ?**

**PRODUCTIVIDAD SECUNDARÍA NETA (PSN) => no toda la energía que llega a los herbívoros está disponible para crear biomasa.**

**La energía tiene dos posibilidades=>**

- Se absorbe la parte digerida del alimento y parte se utiliza para los procesos vitales:
  - Parte de los nutrientes asimilados son utilizados en la respiración celular para obtener energía para los procesos vitales.
  - Parte después de ser absorbidos es eliminado como residuo nitrogenado en la orina (en la mayoría de los animales).
  - El resto es asimilado en forma de materia en los tejidos del cuerpo.
- El alimento no digerido junto a los nutrientes no absorbidos son eliminados directamente a través de las heces (egestión).

**PSN = energía en la comida ingerida- la energía perdida en las heces (egestión) – energía usada en la respiración**

## Radiografía de la Productividad Secundaria

Alimento que queda sin comer por un herbívoro o un carnívoro

Alimento ingerido pero no asimilado = Pérdidas ( se elimina en las heces )

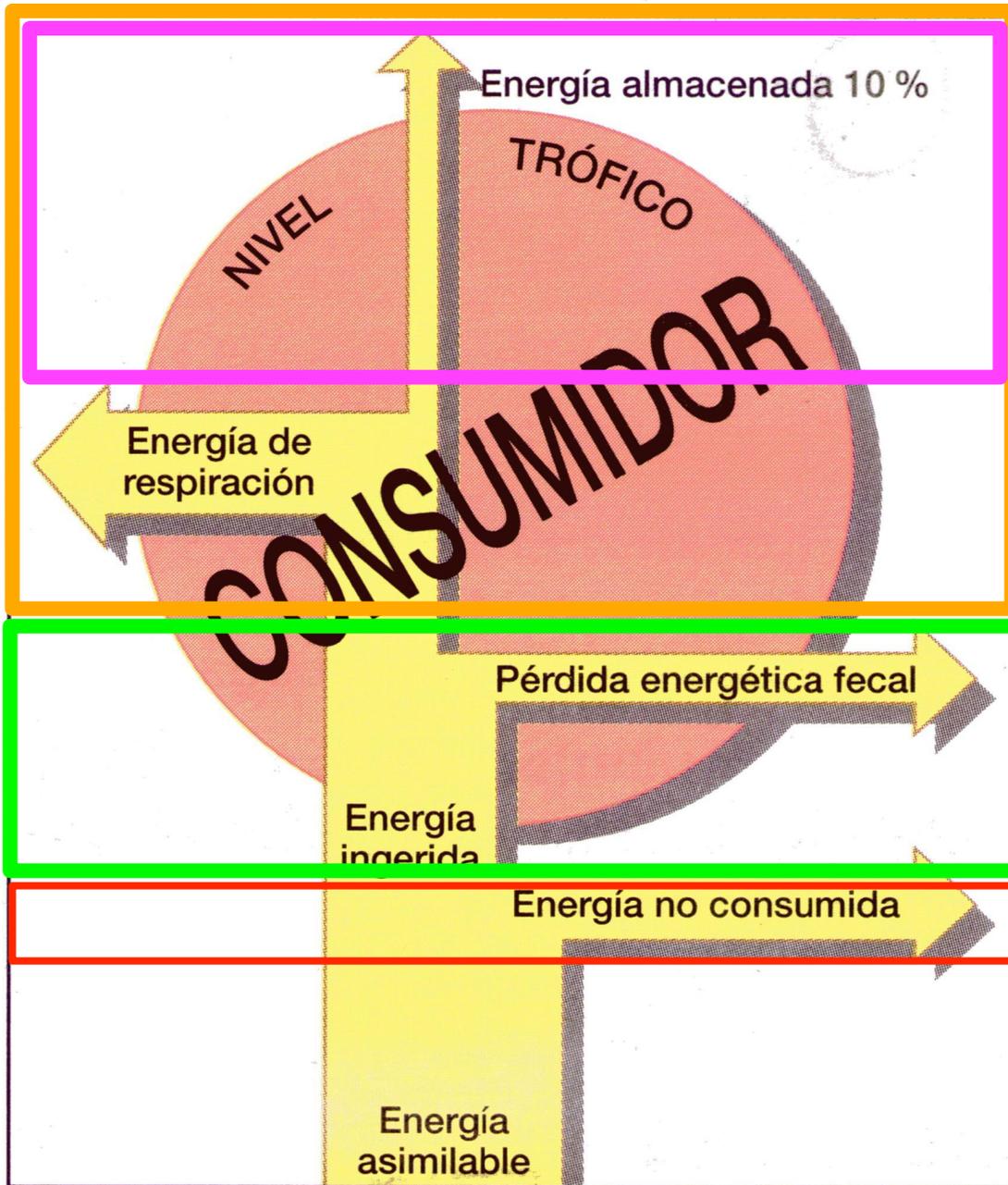
Alimento asimilado = PS Bruta

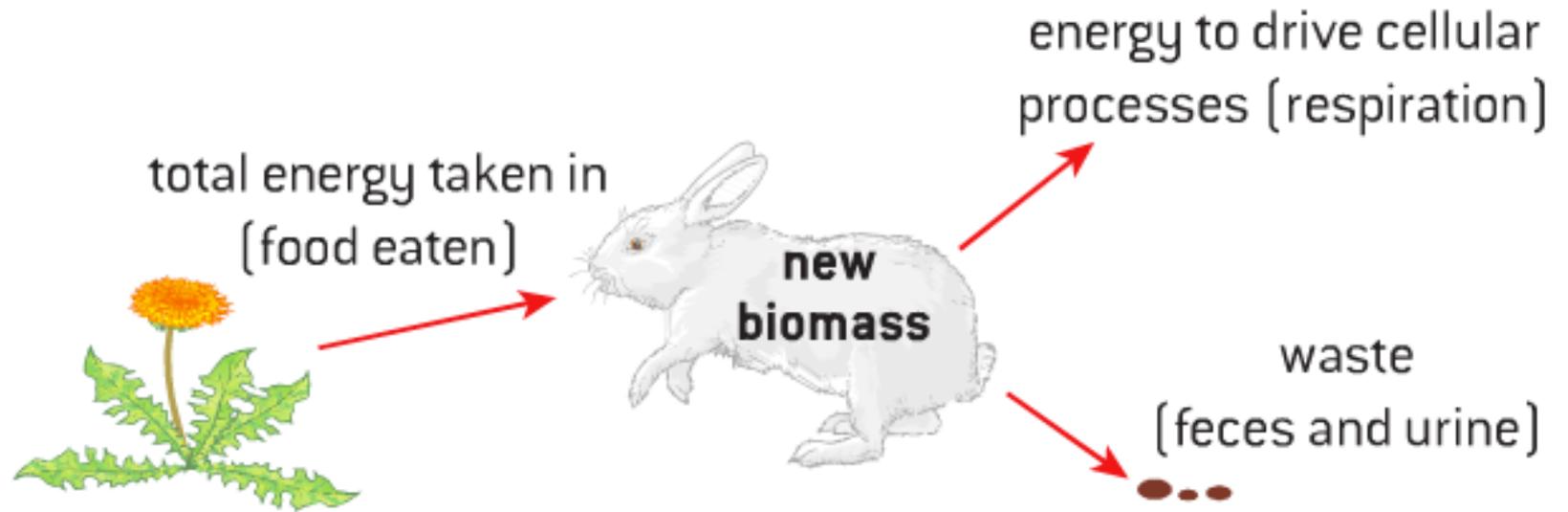
Alimento asimilado una vez descontado los gastos por Respiración = PS Neta

( representa lo que queda para el siguiente nivel trófico )

de media representa sólo el 10 % del alimento asimilado

**Moraleja :** Mucho no se consume , de lo consumido mucho no se aprovecha y de lo que se aprovecha , mucho se gasta en vivir.





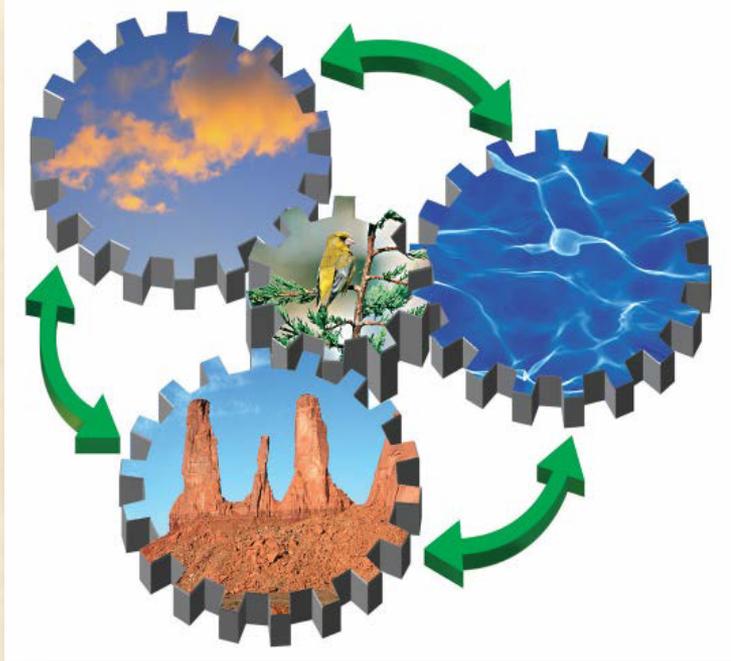
<b>Carnívoros</b>	<b>Herbívoros</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Asimilan el 80% de lo ingerido.</li><li>▪ Su egestión representa menos del 20%.</li><li>▪ Ellos tienen que perseguir a los animales, por lo que durante la caza aumenta la tasa de respiración.</li><li>▪ La biomasa está en toda la presa (esqueleto, huesos, cuernos, plumas) pero solo una parte se digiere y se asimila de la parte digerible.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Asimilan el 40% de lo ingerido.</li><li>▪ Su egestión es un 60%</li><li>▪ Se alimentan de plantas estáticas</li></ul>

# FLUJO DE ENERGÍA Y MATERIA

Flow	Energy flows through systems	Matter also flows through ecosystems (nutrients, oxygen, carbon dioxide, water)
How much?	Infinite (the Sun is always shining somewhere)	Finite
When?	Once	Cycles and recycles repeatedly
Outputs	All organisms give out energy all the time as respiration releases heat	All organisms release waste nutrients, carbon dioxide and water
Quality	Degrades from higher to lower quality energy (light to heat) so entropy increases	May change form but does not degrade
Storages	Temporarily stored as chemical energy	Is stored long and short term in chemical forms

*La materia y la energía fluyen a través de los ecosistemas, vinculando estos entre sí. Este flujo de materia implica transferencias y transformaciones. Las transferencias son más simples, usan menos energía siendo más eficiente que las transformaciones*

# LOS CICLOS BIOGEOQUÍMICOS



Camino que sigue la materia que escapa de la biosfera hacia otros subsistemas terrestres (A, H, L) antes de retornar a la B.

El **tiempo de permanencia** de los elementos en los distintos subsistemas es muy variable.

Se llama **reserva o almacén** al lugar donde la permanencia es máxima.

Los ciclos tienden a ser cerrados.

Las actividades humanas ocasionan apertura y aceleración de los ciclos contraviniendo el principio de sostenibilidad de reciclar al máximo la materia.

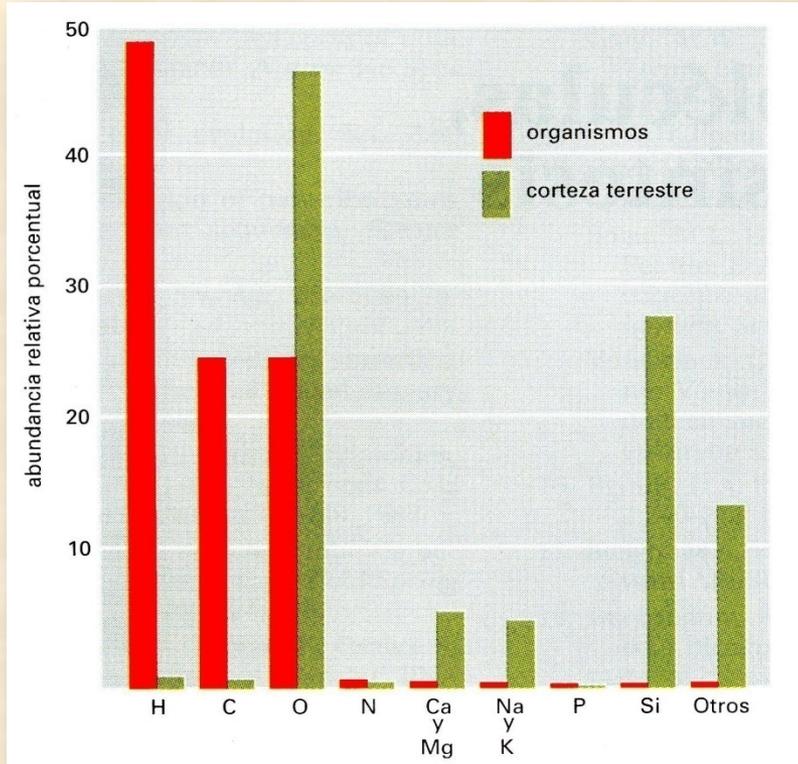
Esto origina que se escapen nutrientes y se produzcan desechos

**Término clave**

*Para ilustrar el flujo de materia se usan los diagramas de flujo como por ejemplo los ciclos del carbono y del nitrógeno. Estos ciclos incluyen reservas (a veces referidas como sumideros) y flujos, que transportan materia de una reserva a otra.*

# CICLOS BIOGEOQUÍMICOS

Los seres vivos utilizan un puñado de elementos químicos para formar su cuerpo y vivir . Pero ¿ cómo los consiguen ?



## Composición porcentual de los principales elementos químicos en los seres vivos

Essential Nutrients		
Macronutrient	Common form	Function
Carbon (C)	CO <sub>2</sub>	Organic molecules
Oxygen (O)	O <sub>2</sub>	Respiration
Hydrogen (H)	H <sub>2</sub> O	Cellular hydration
Nitrogen (N)	N <sub>2</sub> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Proteins, nucleic acids
Potassium (K)	K <sup>+</sup>	Principal ion in cells
Phosphorus (P)	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> , HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Nucleic acids, lipids
Calcium (Ca)	Ca <sup>2+</sup>	Membrane permeability
Magnesium (Mg)	Mg <sup>2+</sup>	Chlorophyll
Sulfur (S)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Proteins
Micronutrient	Common form	Function
Iron (Fe)	Fe <sup>2+</sup> , Fe <sup>3+</sup>	Chlorophyll, blood
Manganese (Mn)	Mn <sup>2+</sup>	Enzyme activation
Molybdenum (Mo)	MoO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Nitrogen metabolism
Copper (Cu)	Cu <sup>2+</sup>	Enzyme activation
Sodium (Na)	Na <sup>+</sup>	Ion in cells
Silicon (Si)	Si(OH) <sub>4</sub>	Support tissues

Los ciclos biogeoquímicos son las rutas que siguen los elementos químicos en la Biosfera cuando pasan de formar materia inorgánica ( agua dióxido de carbono y sales minerales ) a constituir la materia orgánica de las plantas , después vuelven de los animales y posteriormente vuelven a formar materia inorgánica.

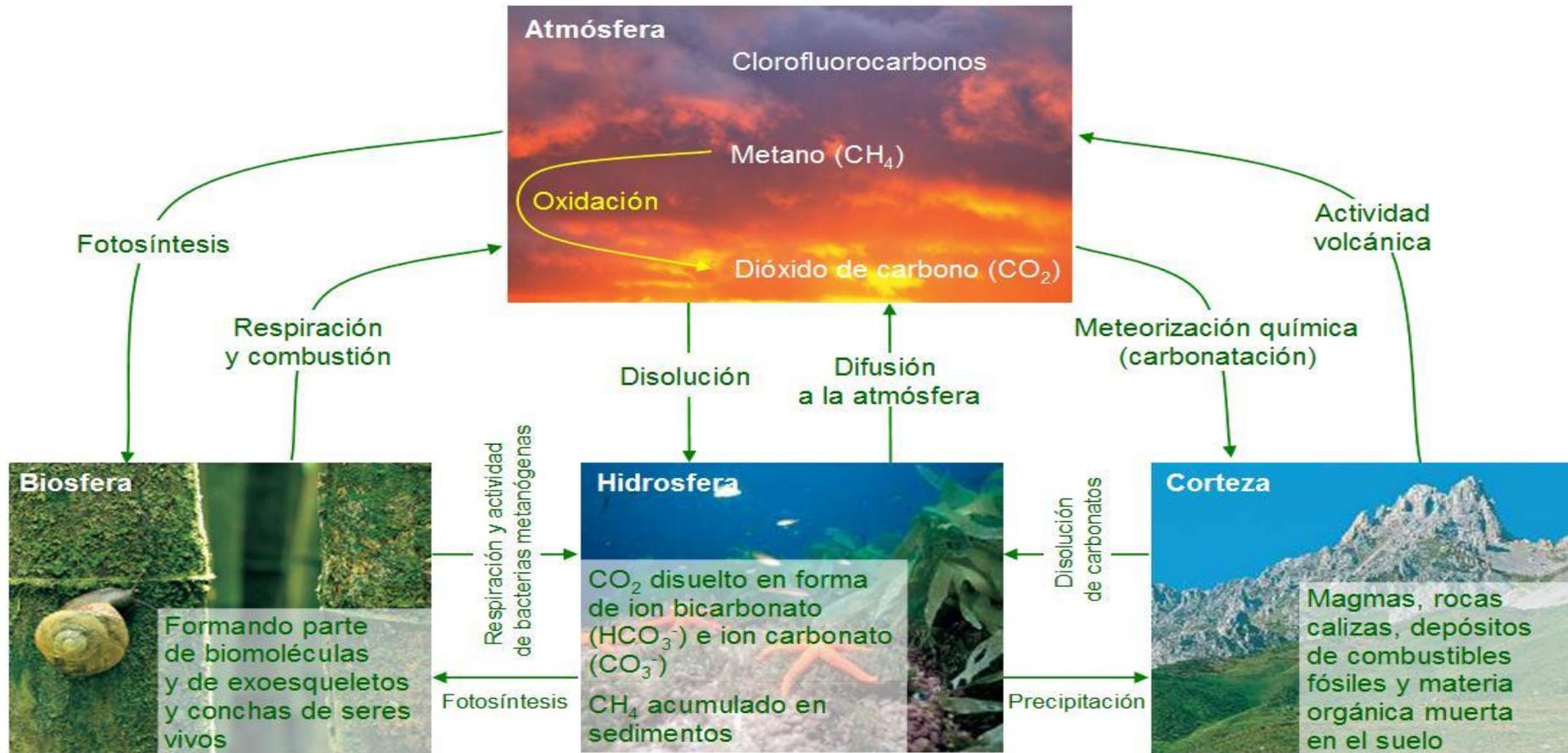
# EL CICLO DEL CARBONO

¿Dónde se almacena el Carbono o el dióxido de carbono?

Se encuentra en =>

- **Compuestos orgánicos:**
  - En los organismos en forma de biomasa (en la biosfera)
  - En los combustibles fósiles (petróleo, gas natural y carbón)
- **Compuestos inorgánicos:**
  - Almacenado en las rocas sedimentarias y en los combustibles fósiles (durante millones de años)
  - En forma de carbonatos en los caparzones de los organismos marinos.
  - Suelo.
  - Una pequeña proporción se encuentra en la atmósfera en forma de dióxido de carbono (0,37%)

# El ciclo del Carbono (el reciclaje del carbono en la Biosfera )



Las **reservas** del ciclo del carbono incluyen organismos y bosques (ambas orgánicas), o la atmósfera, el suelo, los combustibles fósiles y los océanos (todas inorgánicas).

Los **flujos** en el ciclo del carbono incluyen el consumo (alimentación), la muerte y la descomposición, la fotosíntesis, la respiración, la disolución y la fosilización.

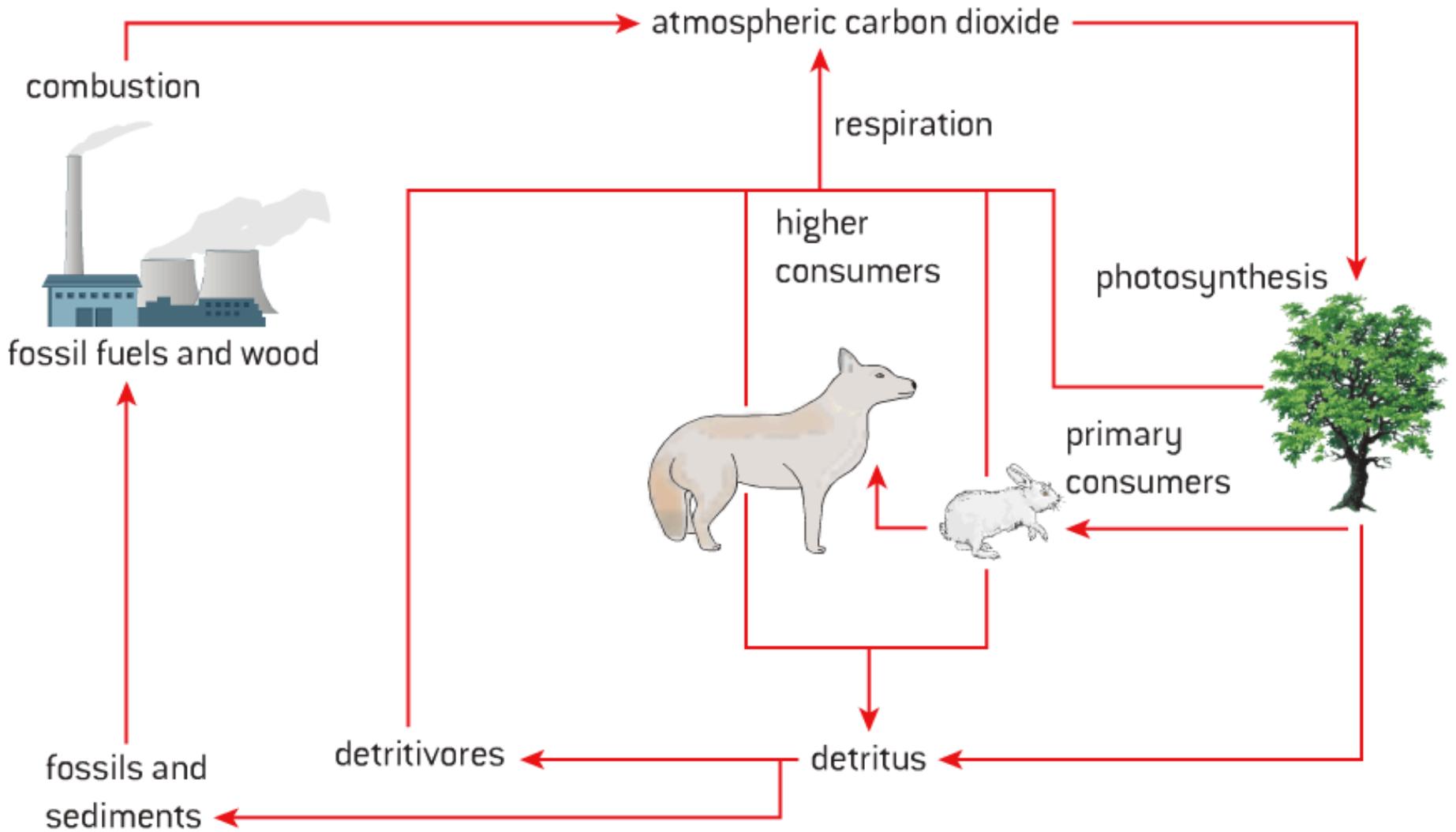
**Término clave**

# EL CICLO DEL CARBONO

- El principal **depósito (reserva) de carbono** está en la atmósfera, suelo, biosfera y en la hidrosfera.

En el **ciclo biológico** del C → es la propia Biosfera quien controla los intercambios de este elemento con la atmósfera y demás subsistemas

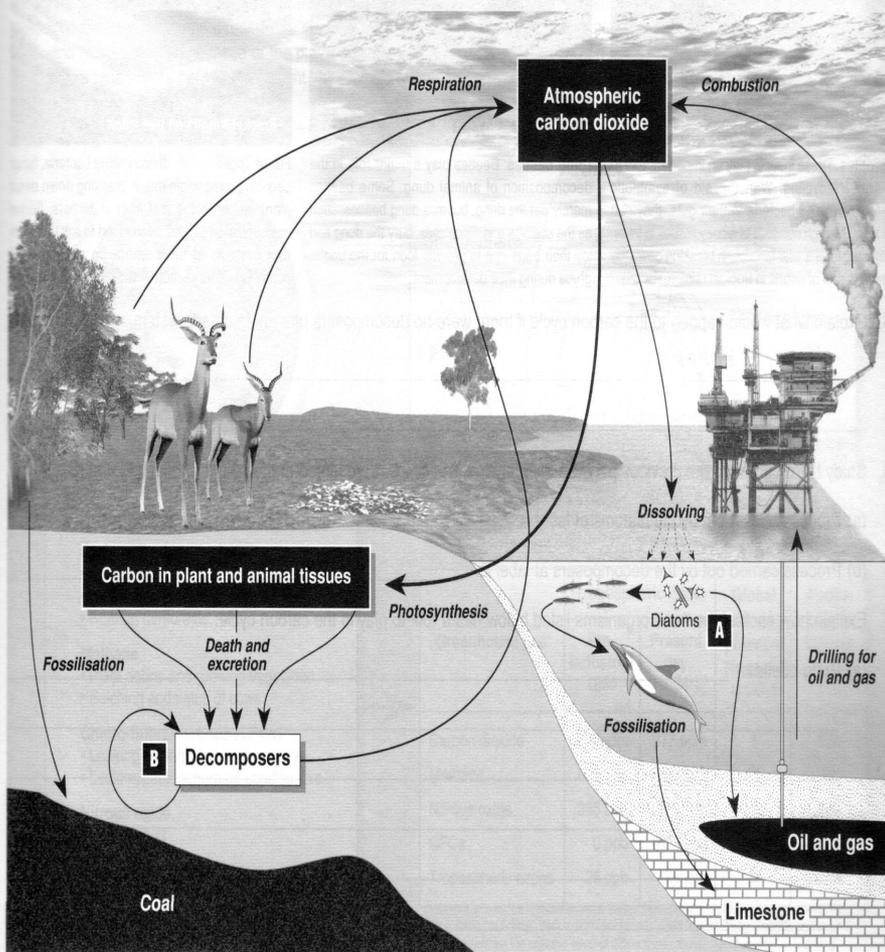
- El CO<sub>2</sub> atmosférico es fijado por los organismos fotosintéticos (en forma de biomasa) es intercambiado por difusión directa con la hidrosfera. Se devuelve a la atmósfera por la respiración de seres vivos, tras la combustión de los combustibles fósiles y en la descomposición de la biomasa, en los tres procesos se libera calor, vapor de agua y CO<sub>2</sub>.
- **El ciclo biológico moviliza cada año el 5 % del CO<sub>2</sub> atmosférico → en 20 años se renueva totalmente.**



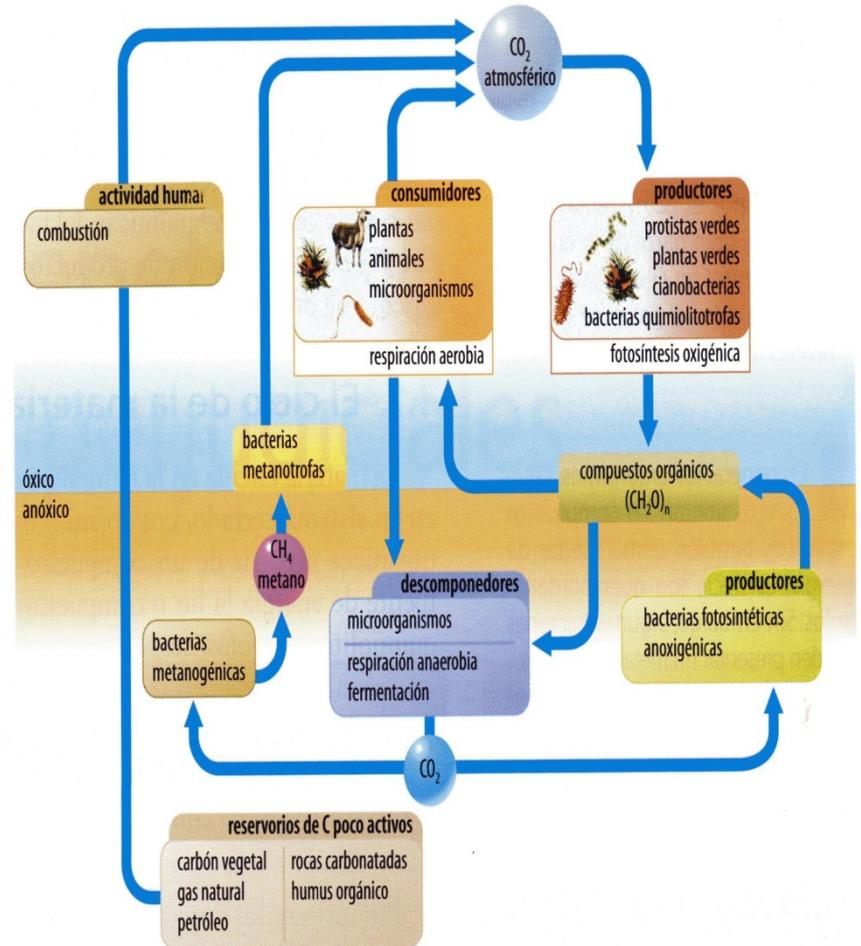
# The Carbon Cycle

Carbon is an essential element in living systems, providing the chemical framework to form the molecules that make up living organisms (e.g. proteins, carbohydrates, fats, and nucleic acids). Carbon also makes up approximately 0.03% of the atmosphere as the gas carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), and it is present in the ocean as carbonate and bicarbonate, and in rocks such as limestone. Carbon cycles between the living (biotic) and non-living (abiotic)

environment: it is fixed in the process of photosynthesis and returned to the atmosphere in respiration. Carbon may remain locked up in biotic or abiotic systems for long periods of time as, for example, in the wood of trees or in fossil fuels such as coal or oil. Human activity has disturbed the balance of the carbon cycle (the global carbon budget) through activities such as combustion (e.g. the burning of wood and **fossil fuels**) and deforestation.



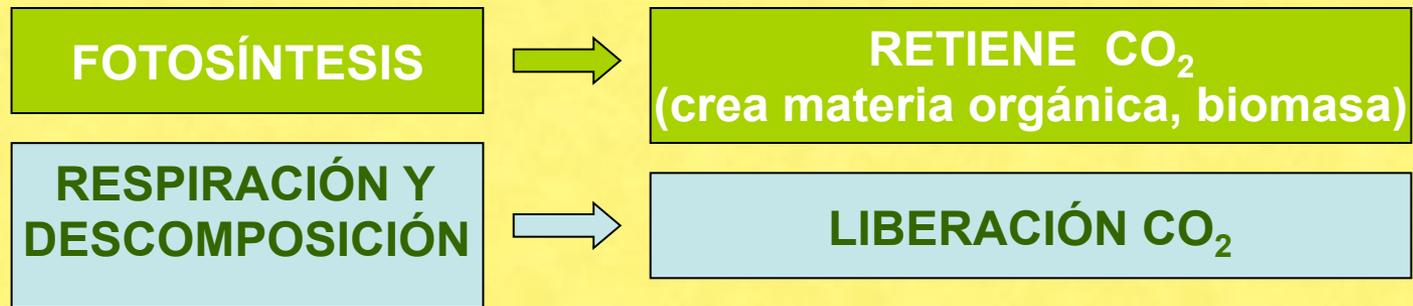
## Ciclo del carbono



25.2. Ciclo del carbono.

# CICLO DEL CARBONO

## A) CICLO BIOLÓGICO:



**CICLO BIOGEOQUÍMICO: CONTROLA LA TRANSFERENCIA ENTRE LA BIOSFERA Y DEMÁS SUBSISTEMAS.**

# CICLO DEL CARBONO

## CICLO BIOGEOQUÍMICO:

### a. CO<sub>2</sub> DE LA ATMÓSFERA A LA LITOSFERA

atmósfera => hidrosfera => litosfera

### b. CO<sub>2</sub> DE LA LITOSFERA A LA ATMÓSFERA.

### c. SUMIDEROS

- COMBUSTIBLES FÓSILES
- FORMACIÓN ROCAS CALIZAS.
- EN ESQUELETO DE ORGANISMOS MARINOS.

# CICLO DEL CARBONO

## a. CO<sub>2</sub> DE LA ATMÓSFERA A LA LITOSFERA

atmósfera => hidrosfera => litosfera

### Rocas carbonatadas

$H_2O + CO_2 \Rightarrow H_2CO_3$  (ácido carbónico) (ATMÓSFERA)

$H_2CO_3 + CaCO_3$  (carbonato de calcio, INSOLUBLE EN AGUA. LITOSFERA)  $\Rightarrow Ca(HCO_3)_2$  (hidrogenocarbonato de calcio). (SOLUBLE EN AGUA. HIDROSFERA)

$Ca(HCO_3)_2 \Rightarrow CaCO_3 + H_2O + CO_2 \Rightarrow$  ATMÓSFERA

No presenta  
perdida neta de  
CO<sub>2</sub> atmosférico

ESQUELETO CÁLCICO DE LOS  
ANIMALES MARINOS  
ACABARÁ EN LOS SEDIMENTOS TRAS  
SU MUERTE: CALIZAS: SUMIDERO

# CICLO DEL CARBONO

## Rocas silicatadas

$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_2 \Rightarrow 2\text{H}_2\text{CO}_3$  (ácido carbónico) (ATMÓSFERA)

$2\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{CaSiO}_3$  (silicato de calcio INSOLUBLE EN AGUA. LITOSFERA)  $\Rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  (hidrogenocarbonato de calcio). (SOLUBLE EN AGUA. HIDROSFERA) +  $\text{SiO}_2$ .

$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \Rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \Rightarrow$

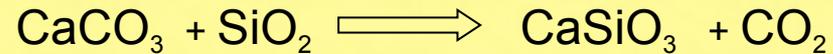
ATMÓSFERA

Se han requerido  
2 moléculas  
de  $\text{CO}_2$  atmosférico  
y se ha devuelto  
sólo 1.  
Actúa como  
SUMIDERO

ESQUELETO CÁLCICOS DE LOS  
ANIMALES MARINOS  
ACABARA EN LOS SEDIMENTOS TRAS  
SU MUERTE SEDIMENTOS TRAS  
SU MUERTE: CALIZAS: SUMIDERO

# CICLO DEL CARBONO

## b. CO<sub>2</sub> DE LA LITOSFERA A LA ATMÓSFERA.



Enterramiento rocas => libera CO<sub>2</sub>(erupciones volcánicas).

## c. SUMIDEROS.

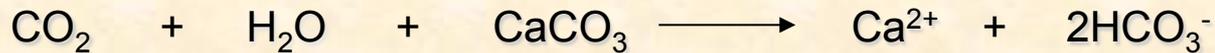
Materia orgánica => carbón y petróleo

Esqueleto de CaCO<sub>3</sub> => CALIZAS

Ingentes cantidades de C fueron retiradas de la atmósfera mediante este último proceso, lo que explica que descendiese el CO<sub>2</sub> atmosférico

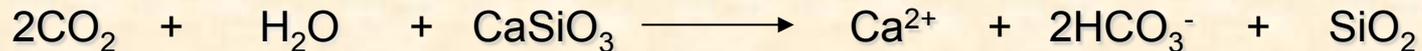
# EL CICLO DEL CARBONO

## ROCAS CARBONATADAS



1

## ROCAS SILICATADAS



2

En el mar, los animales marinos transforman el bicarbonato y los iones de Calcio en carbonato que incorporan en sus tejidos endurecidos



3

Balances

1 + 3



El carbonato formará parte de los sedimentos  
No hay pérdidas netas del dióxido atmosférico

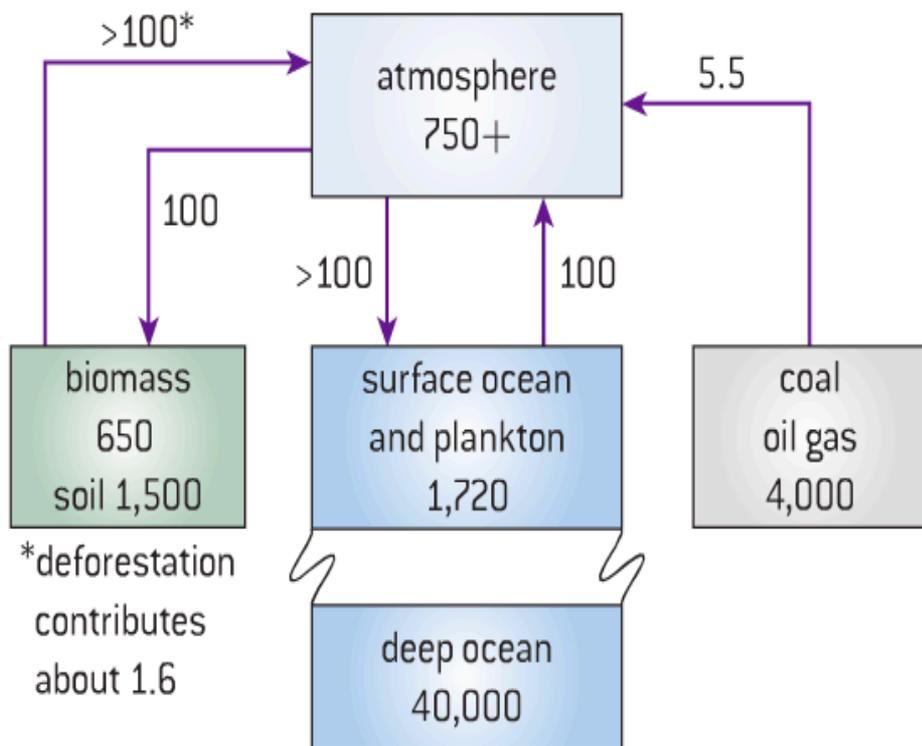
2 + 3



Sólo devuelven a la atmósfera 1 CO<sub>2</sub> → sumideros

## Global flows of carbon

GtC gigatonnes carbon/year



La cantidad de carbono en la Tierra es una cantidad finita aunque se tiene una idea aproximada de adónde va. El diagrama muestra los almacenes de carbono y su flujo en gigatoneladas de carbono (GtC).  
1 GtC =  $10^9$  toneladas

# CICLO DEL CARBONO: INTERVENCIÓN HUMANA

## DESAJUSTA EL EFECTO INVERNADERO:

- LIBERA CO<sub>2</sub> COMO RESULTADO DE LA COMBUSTIÓN DEL CARBÓN, PETRÓLEO Y GAS NATURAL (5.5 GtC) (20% del gas natural, 40% combustión del carbón, y 40% del petróleo.
- 1,6 GtC de la deforestación.

TOTAL 7.1 GtC al año de CO<sub>2</sub> entra a la atmósfera => sólo un 2.4- 3.2 GtC permanece en la atmósfera. El resto es utilizado por los seres vivos=>

- Difunde a los océanos y allí es absorbido por el fitoplancton (2.4 GtC/año)
- El crecimiento de los arboles fija 0.5 GtC al año.

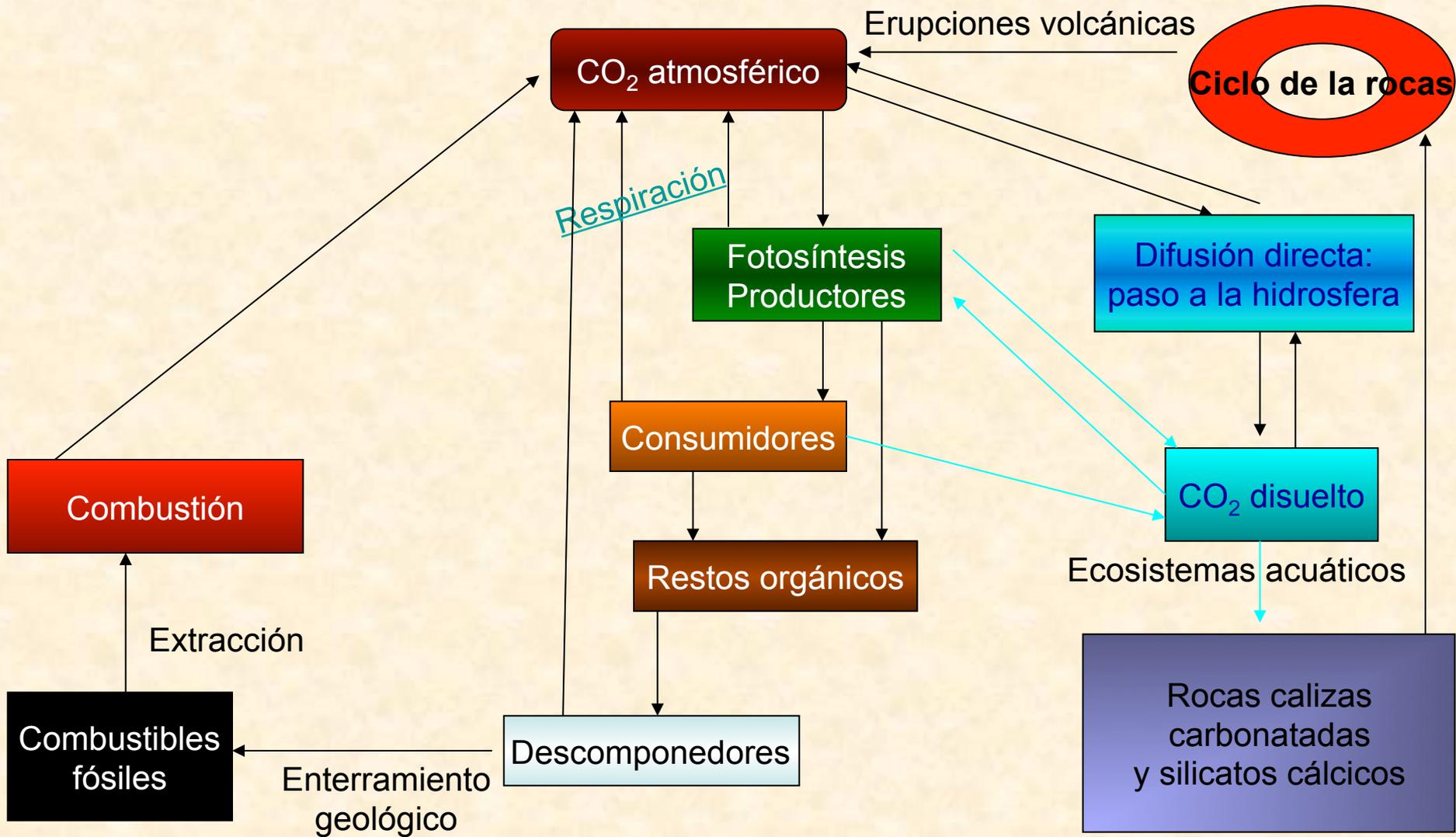
Entre un 1-1.8 GtC/año debido a la complejidad del ciclo no se sabe dónde se encuentra.

La cantidad de carbono en GtC en otras reservas son:

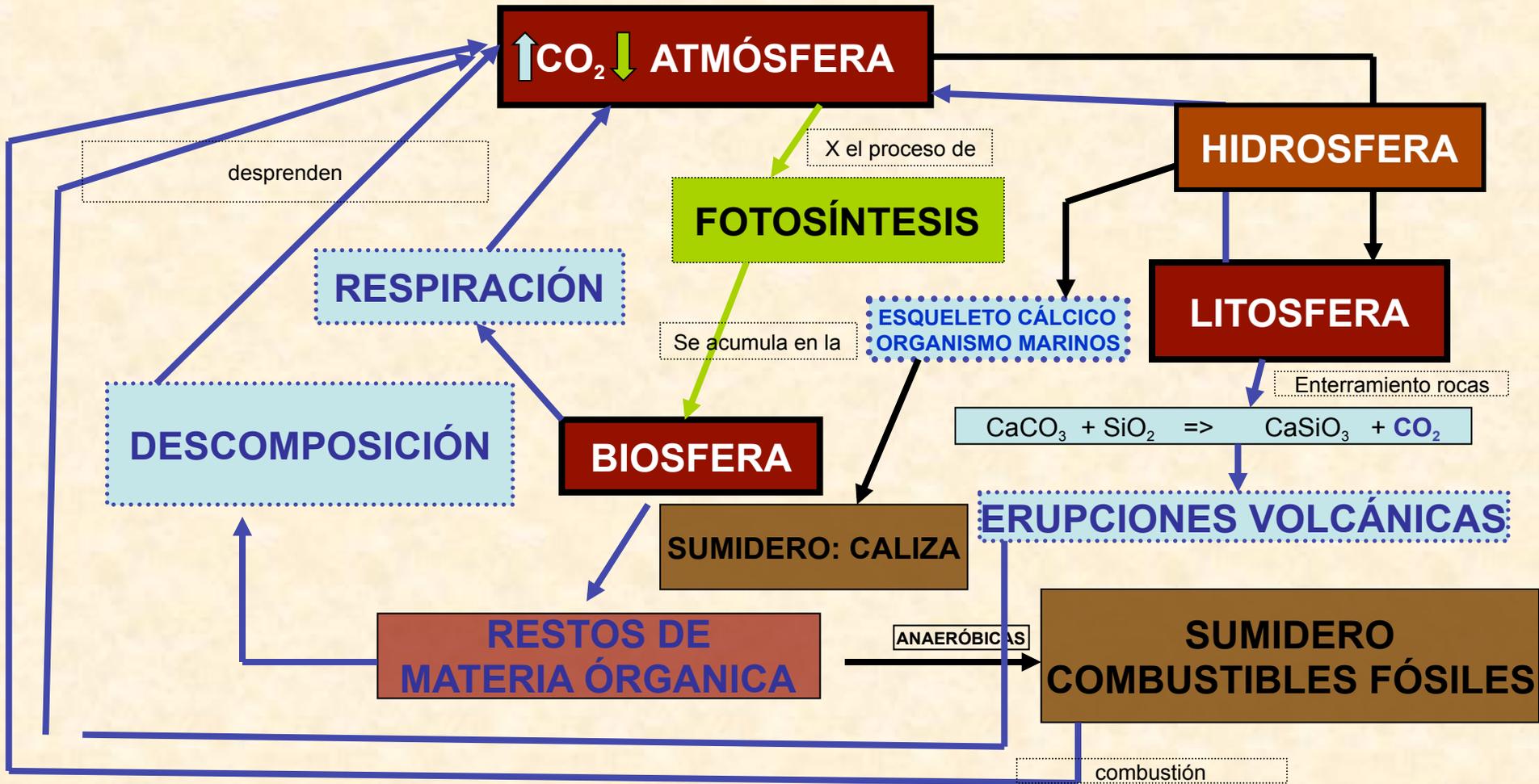
- Atmósfera: 750
- Biomasa: 650
- Suelo: 1,500
- Océanos: 1,750

**Desde la época preindustrial los humanos hemos añadido 200 GtC a la atmósfera**

# EL CICLO DEL CARBONO



# CICLO DEL CARBONO



# CICLO DEL CARBONO

INDICADOR	CO <sub>2</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CFC
Tiempo de vida en la atmósfera	20 (años)	1-2 meses	10(años)	150 (años)	130 (años)

*Fuente: Grupo intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC): Tercer Informe de Evaluación 2001.*

# CICLO DEL NITRÓGENO

El nitrógeno se encuentra:

- Atmósfera:
  - $N_2$  (78%);
  - $NH_3$  : erupciones volcánicas. Putrefacción de la materia orgánica.
  - Óxidos de Nitrógeno:  $NO$ ,  $N_2O$ ,  $NO_2$  : tormentas eléctricas (a partir de  $N_2$ ); erupciones volcánicas.
- Litosfera (Suelo): Nitratos, Nitritos.
- Hidrosfera: ácido nítrico.
- Biosfera: materia orgánica (esencial en proteínas, ácidos nucleídos (ADN y ARN) y nucleótidos).

Reservas de Nitrógeno (almacen y sumidero)	Flujo de nitrógeno
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ B i o m a s a (organismos)</li> <li>▪ Suelo.</li> <li>▪ C o m b u s t i b l e s fósiles.</li> <li>▪ Atmósfera</li> <li>▪ Hidrosfera</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fijación del Nitrógeno (atmosférica y biológica)</li> <li>▪ Nitrificación.</li> <li>▪ Desnitrificación.</li> <li>▪ Alimentación (absorción, asimilación, consumo)</li> <li>▪ Excreción.</li> <li>▪ Muerte y descomposición</li> </ul>

**En la atmósfera existe un 78% de  $N_2$  (es el gas más abundante, es inerte por lo que no está disponible para casi todos los seres vivos (animales y plantas) solamente los microorganismos fijadores del  $N_2$  atmosférico pueden utilizarlo.**

**Para que las plantas aprovechen el nitrógeno del suelo, este tiene que estar en forma de nitratos ( $NO_3^-$ ) y de ión amonio ( $NH_4^+$ ). Cuando las plantas lo asimilan pasa el nitrógeno a las plantas que lo absorben y con ello se transfiere a los demás seres vivos en forma de aminoácidos (aa) y nucleótidos)**

# CICLO DEL NITRÓGENO

## FIJACIÓN DEL NITRÓGENO ATMOSFÉRICO

a) Atmósfera: **FIJACIÓN ATMOSFÉRICA DEL NITRÓGENO**



b) Atmósfera-Biosfera: **FIJACIÓN BIOLÓGICA DEL NITRÓGENO**



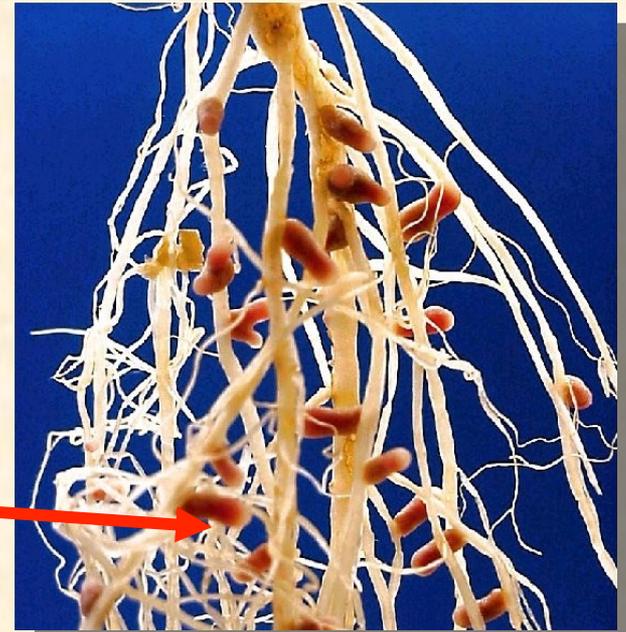
1. **BACTERIAS VIDA LIBRE EN EL SUELO:** Azotobacter (SUELO).
2. **BACTERIAS SIMBIÓTICAS CON LAS RAÍCES LEGUMINOSAS:** Rhizobium. (Las plantas proporcionan azúcar de la fotosíntesis y la bacteria le proporciona los nitratos)
3. **CIANOBACTERIAS (Nostoc, antes llamadas algas verde azules)** (que viven en el suelo o el agua. Son las que causan la gran productividad de los campos de arroz en Asia, mucho ha sido producido durante siglos e incluso miles de años por ellas sin necesidad de el nitrógeno de los Fertilizantes.
4. **HONGOS:** Frankia, FORMA NÓDULOS RADICULARES CON EL ALISO, ÁRBOL DEL PARAISO,

Sales minerales  
(nutrientes vegetales)

**NITRATOS**

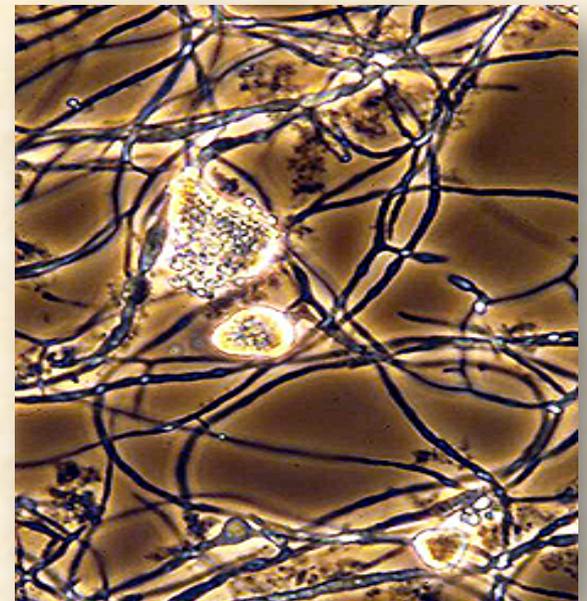


*Simbiosis  
entre  
leguminosa y  
Rhizobium*



**Cyanobacteria**

40  $\mu\text{m}$



<http://web.uconn.edu/mcbstaff/benson/Frankia/FrankiaTaxonomy.htm>

# CICLO DEL NITRÓGENO

## b) Atmósfera-Litosfera- Biosfera:

### a) FORMACIÓN DE NITRATOS A PARTIR DE ÁCIDO NÍTRICO

ÁCIDO NÍTRICO  $\longrightarrow$   $\text{NO}_3^-$  (NITRATOS)  $\longrightarrow$  PLANTAS

## c) Biosfera – Litosfera-Biosfera:

### b) NITRIFICACIÓN: OXIDACIÓN. DESCOMPONEDORES

$\text{NH}_3$   $\xrightarrow{\text{NITROSOMAS}}$   $\text{NO}_2^-$  (NITRITOS)  $\xrightarrow{\text{NITROBACTER}}$   $\text{NO}_3^-$  (NITRATOS)  $\longrightarrow$  PLANTAS

nitrosación                      nitración

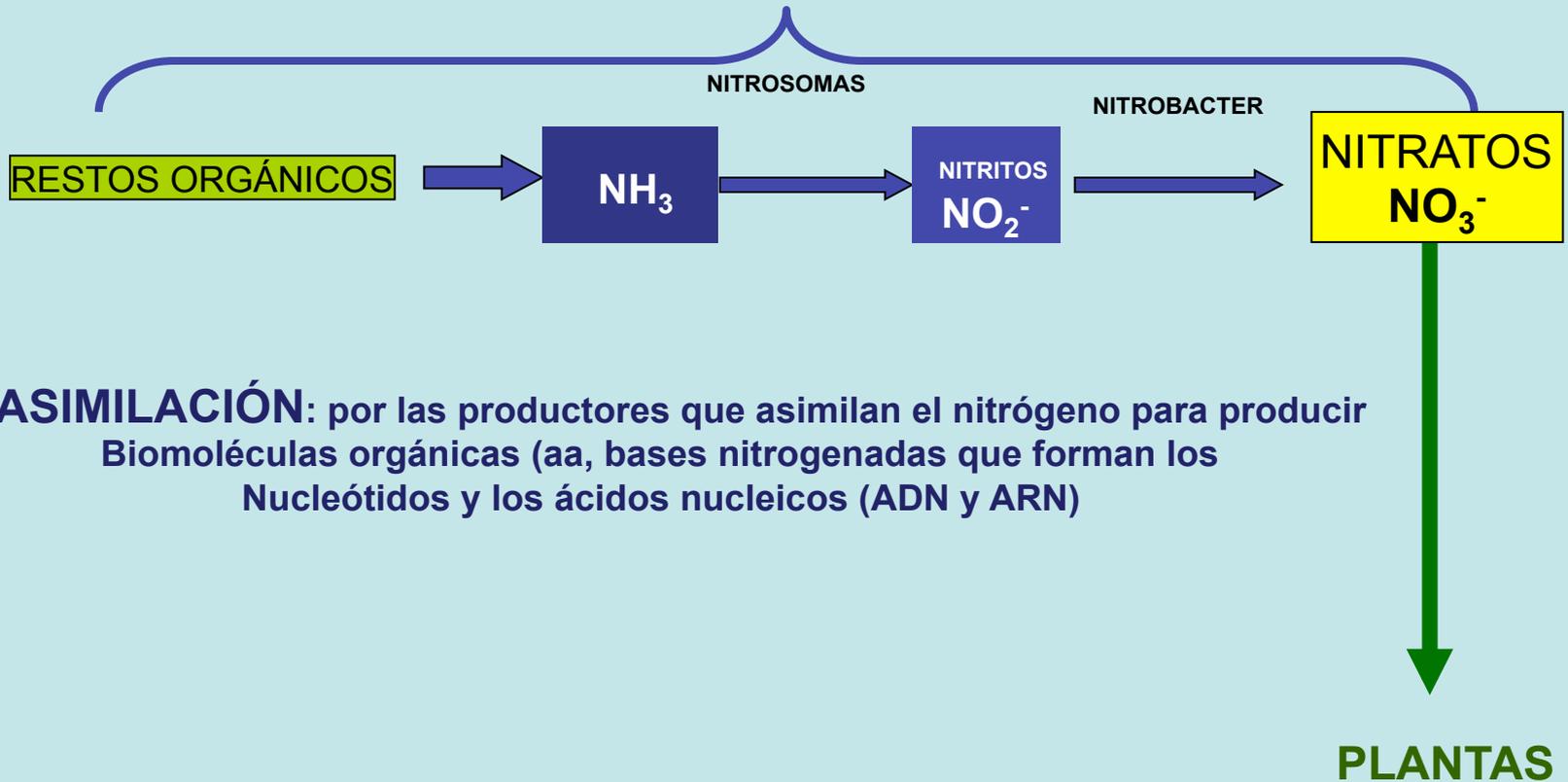
### c) DESNITRIFICACIÓN: perdida

$\text{NO}_3^-$  (NITRATOS)  $\xrightarrow{\text{Pseudomonas desnitrificantes}}$   $\text{N}_2$  (ATMÓSFERA)

Condiciones anaeróbicas o en terrenos anegados

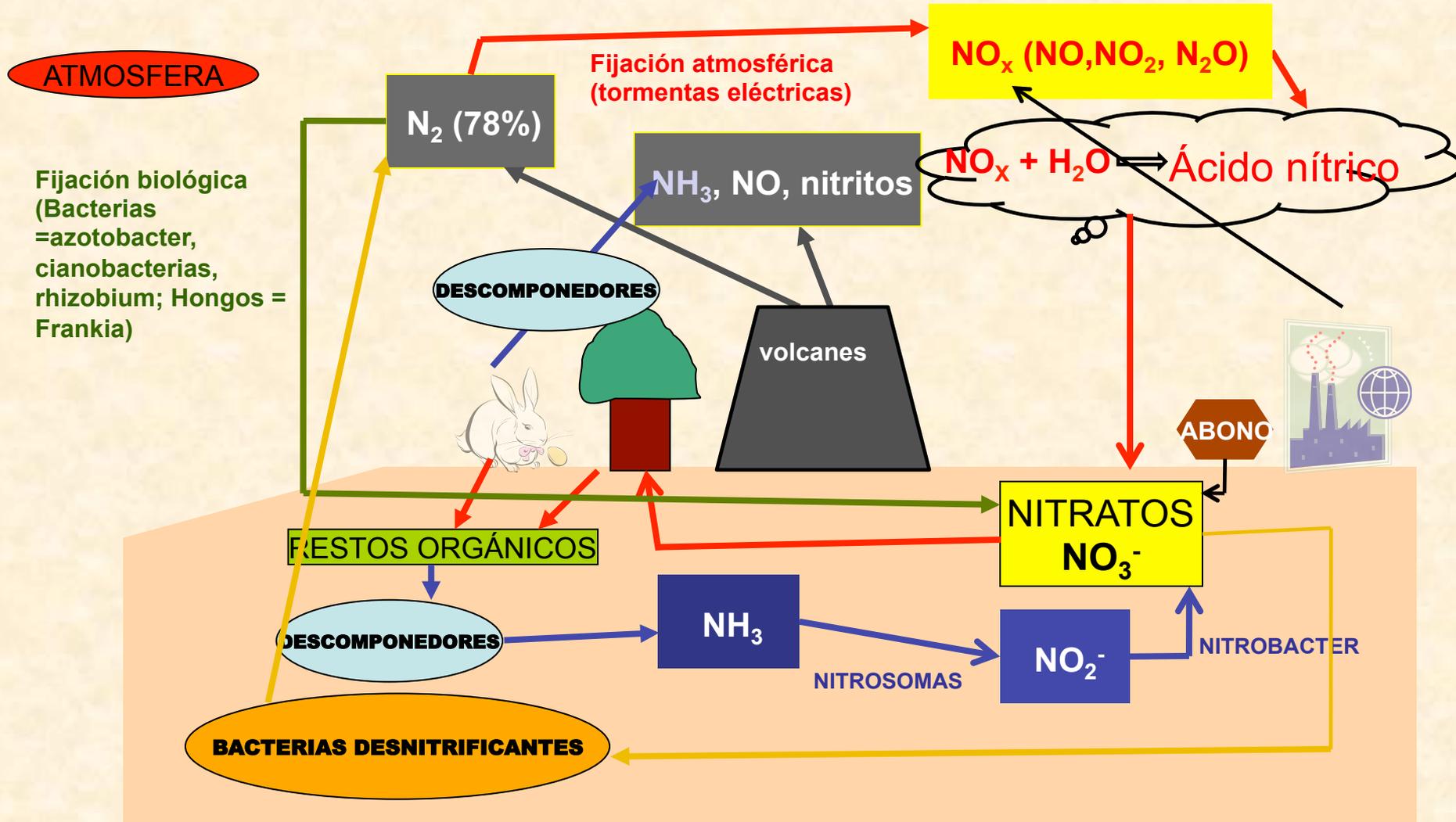
# CICLO DEL NITRÓGENO

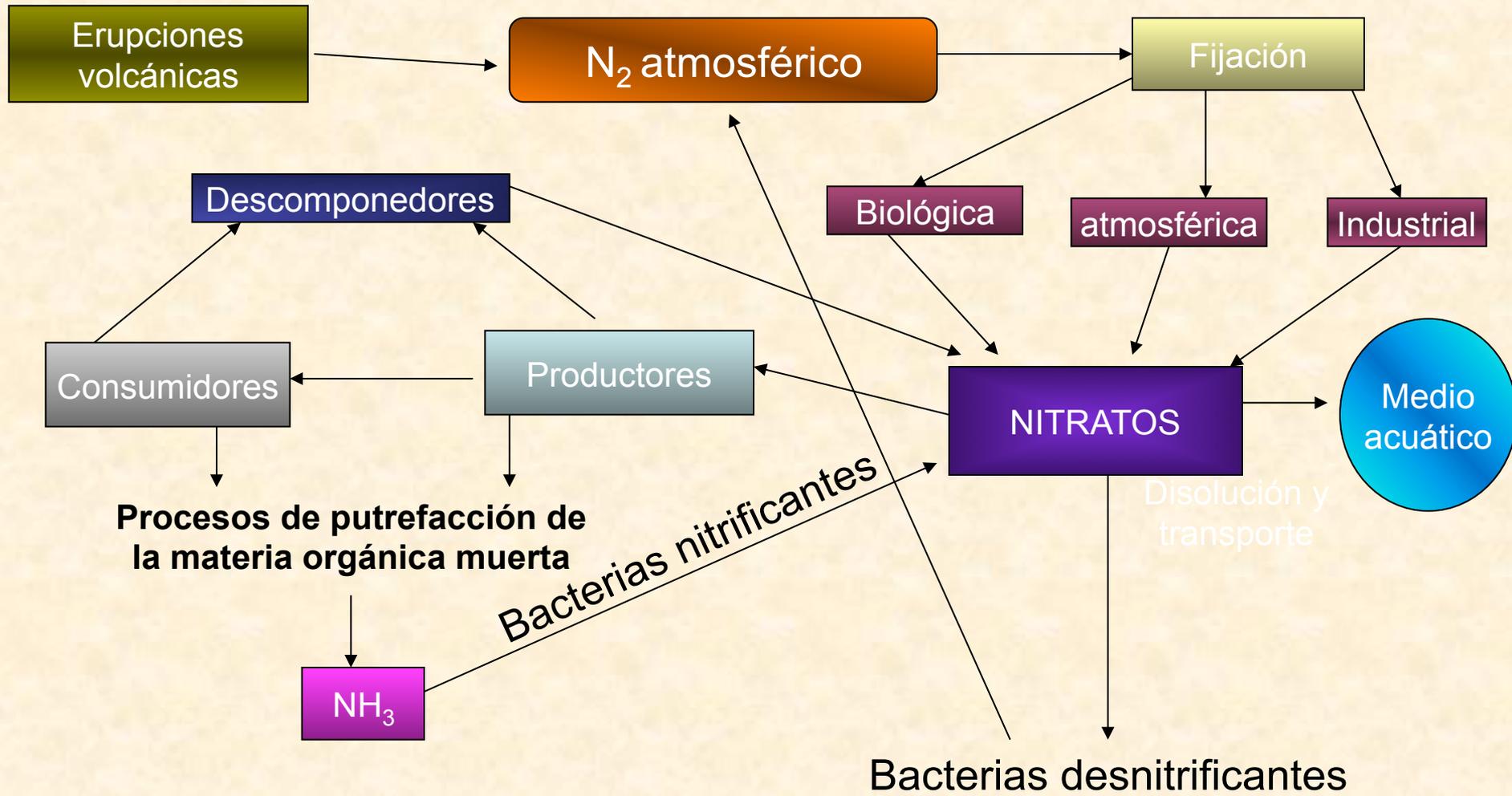
d) **DESCOMPOSICIÓN:** (proporciona más nitratos que los procesos de fijación) (organismos descomponedores (bacterias y hongos))



e) **ASIMILACIÓN:** por las productoras que asimilan el nitrógeno para producir Biomoléculas orgánicas (aa, bases nitrogenadas que forman los Nucleótidos y los ácidos nucleicos (ADN y ARN))

# CICLO DEL NITRÓGENO





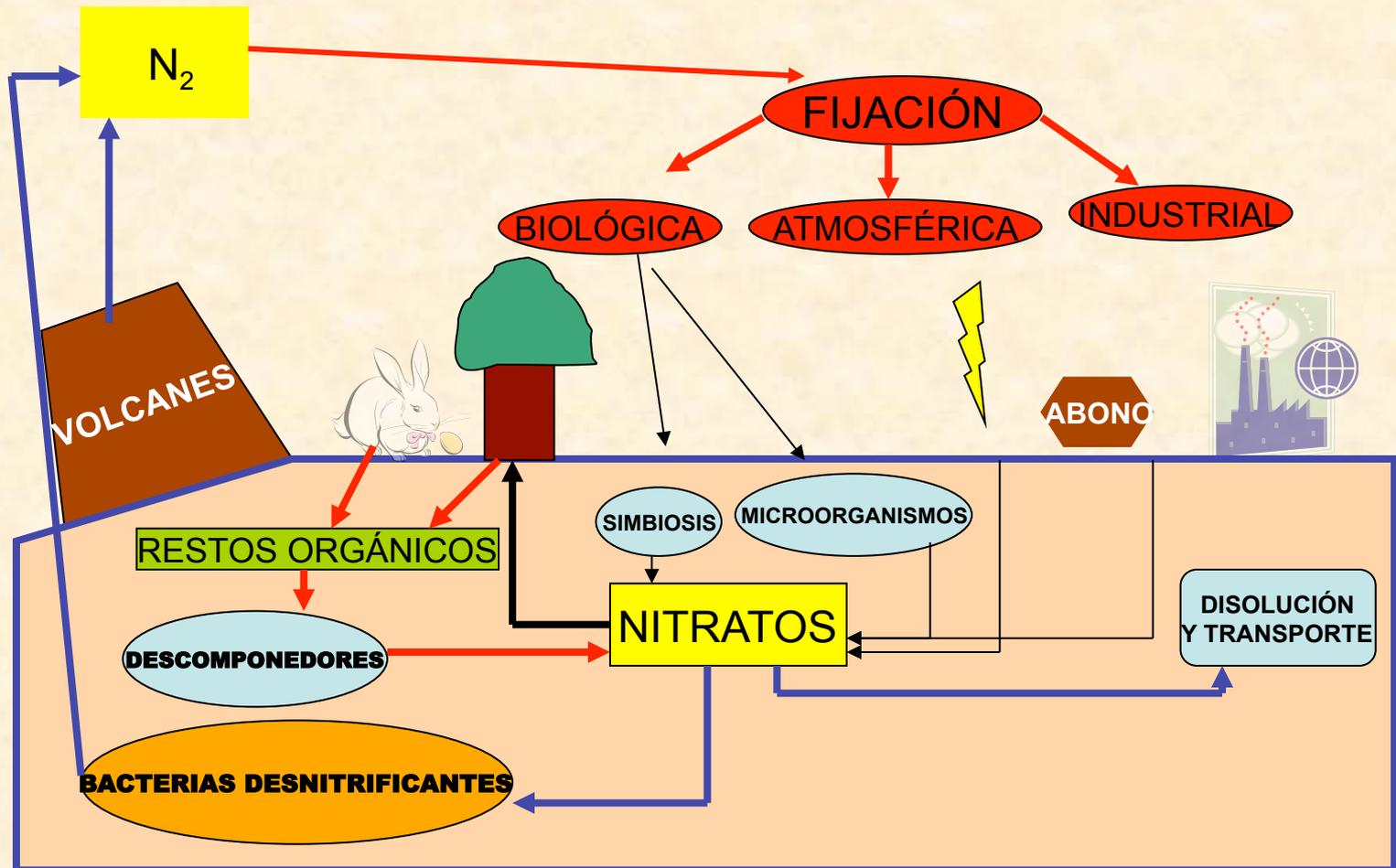
# CICLO DEL NITRÓGENO V. INTERVENCIÓN HUMANA

- AÑADIR NITRÓGENO AL CICLO POR:
  - FIJACIÓN INDUSTRIAL (HABER):  $N_2$  ATMOSFÉRICA  $\Rightarrow$   $NH_3$  + NITRATOS .
  - FIJACIÓN BIOLÓGICA: plantaciones de leguminosas que contienen en los nódulos (raíces) bacterias fijadoras del nitrógeno atmosférico. Cuando estas plantas se descomponen enriquecen el suelo de nitratos.
- RETIRADA DE LOS ANIMALES Y PLANTAS PARA ALIMENTARSE, se extrae el nitrógeno del ciclo, y puede terminar en las aguas residuales.
- COMBUSTIÓN ALTAS TEMPERATURAS: CÁMARAS COMBUSTIÓN MOTORES: AIRE CON  $O_2 + N_2 \Rightarrow NO_2$  (VA A LA ATMÓSFERA) + VAPOR AGUA  $\Rightarrow$  ÁCIDO NÍTRICO (LLUVIA ÁCIDA)  $\Rightarrow$  SUELO  $\Rightarrow$  NITRATOS SUELO.
- SUELO ANEGADO: actúan las bacterias desnitrificantes empobreciendo el suelo de nitratos y liberando el nitrógeno a la atmósfera.
- SUELO PERMEABLE (SUELO ARENOSO): se produce la lixiviación de los nitratos hacia los ríos, lagos y mares, produciendo eutrofización.
- ABONADO EXCESIVO: LIBERACIÓN EXCESIVA DE  $N_2O \Rightarrow$   EFECTO INVERNADERO.
  - EXCESIVA FERTILIZACIÓN SUELO:  FERTILIDAD (ESCASEAN OTROS NUTRIENTES ESENCIALES)
  - LOS NITRATOS VAN A LAS AGUAS  $\Rightarrow$  EUTROFIZACIÓN.
  - NITRATOS  $\Rightarrow$  TUBO DIGESTIVO NITRITOS  $\Rightarrow$  GASTROENTERITIS, DIARREAS, COLOR AZULADO EN LOS BEBÉS.

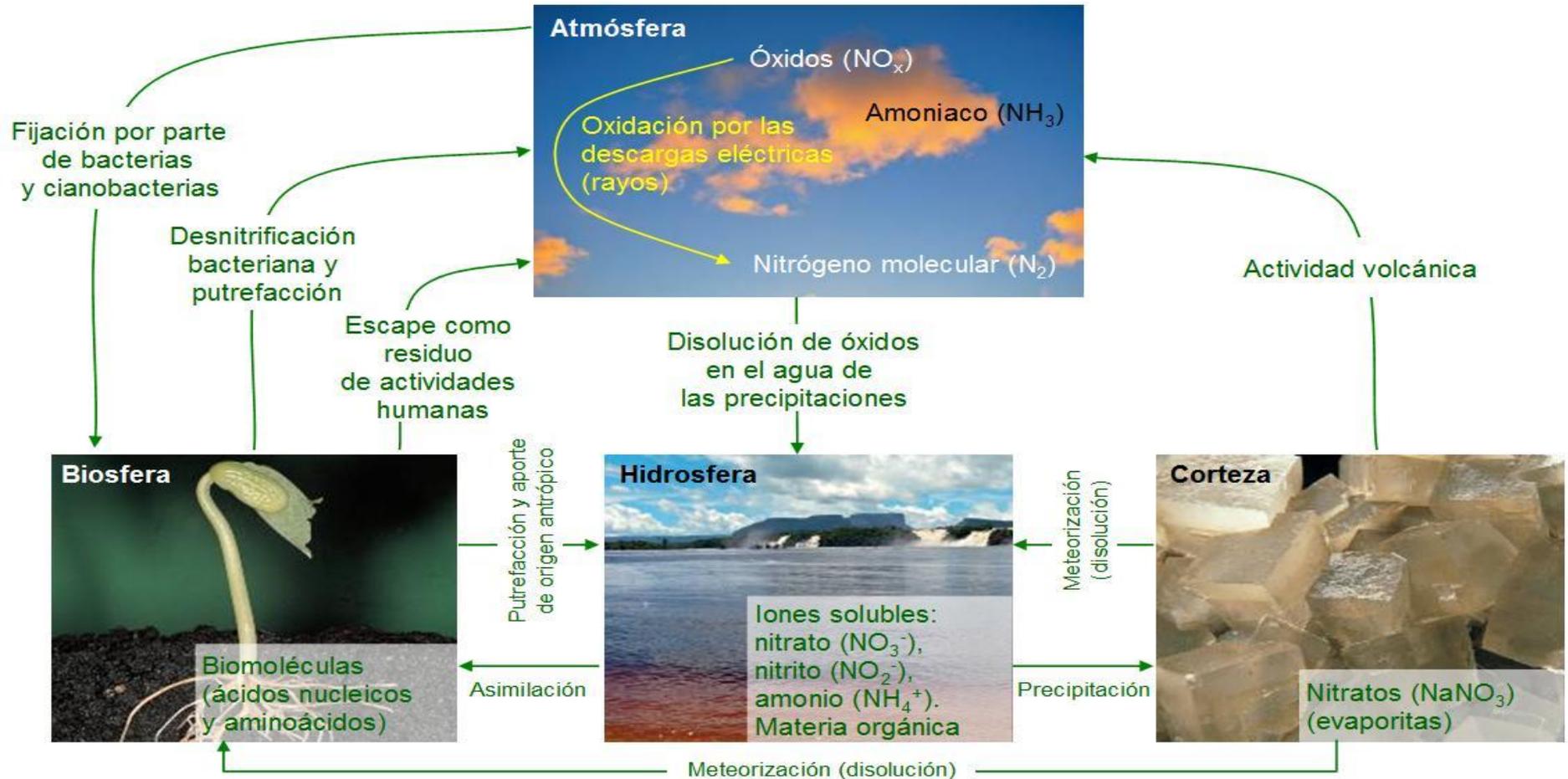
# EL CICLO DEL NITRÓGENO



# CICLO DEL NITRÓGENO



# El ciclo del Nitrógeno ( el reciclaje del nitrógeno en la Biosfera )



**Término clave**

Las **reservas** incluyen organismos (orgánicas), el suelo, los combustibles fósiles, la atmósfera y los acuíferos (todas inorgánicas).

Los **flujos** incluyen la fijación de nitrógeno por bacterias y los rayos de tormentas, la absorción, la asimilación, el consumo (alimentación), la excreción, la muerte y la descomposición, y la desnitrificación por bacterias en suelos anegados.

**Término  
clave**

Las actividades humanas tales como la quema de combustibles fósiles, la deforestación, la urbanización y la agricultura tienen efectos sobre los flujos de energía y sobre los ciclos del carbono y del nitrógeno.



<http://www.ecologiaverde.com/tala-indiscriminada-de-arboles-y-bosques/>

<http://quimicamartha106acchvallejo.blogspot.com.es/2012/11/investigacion-documental-de-internet.html>

# ABONADO EXCESIVO

## LOS NITRATOS

- *Paco y Sara son un matrimonio que viven en un pueblo de la costa mediterránea cuyas aguas presentan un índice de nitratos elevado. Tienen una niña que no se encuentra bien y además presenta un aspecto ligeramente amoratado.*
- *El médico, tras reconocer al bebe, le hace unos análisis de sangre y comprueba lo que esperaba.*
- *Sara: ¿Es grave doctor?*
- *Doctor: No, después de inyectarle un mg de azul de metileno, desaparecerá el problema.*
- *Paco: Pero... ¿Qué es lo que le ocurre a la niña?.*
- *Doctor : ¿Le han dado a la niña agua del grifo?.*
- *Sara: Le preparo el biberón con agua del grifo, pero antes la hiervo unos minutos.*
- *Doctor: la niña presenta deficiencia de oxígeno en los músculos, por eso tiene ese aspecto levemente amoratado. Esto posiblemente sea por ingerir agua del grifo que posee un elevado contenido en nitratos, lo que provoca una disfunción en la hemoglobina, que es la encargada de llevar el oxígeno a las células; y los nitratos no desaparecen hirviendo el agua.*
- *Paco: ¿Cómo es que el agua de esta zona tiene tantos nitratos?.*
- *Doctor: Porque los agricultores abonan sus cultivos con estos compuestos, que son esenciales para las plantas. Lo que ocurre es que las plantas no absorben todos los nitratos de golpe, siendo arrastrado el sobrante por el agua de riego o de lluvia hacia el subsuelo, donde se acumula en las aguas subterráneas.*
- *Paco: Y claro ésta, el agua que se abastece esta ciudad, se extrae mediante pozos del subsuelo, por eso presenta nitratos.*
- *Doctor: Usted lo ha dicho. Así que a partir de ahora, no tomen agua del grifo, ni para beber, ni para cocinar.*
- *Sara: ¿Y por qué a nosotros no nos ha pasado nada?.*
- *Doctor: Porque esta enfermedad son susceptibles de padecerla los lactantes, siendo más rara en los adultos.*

# ¿QUÉ PROVOCA EL USO ABUSIVO DE LOS DETERGENTES Y FERTILIZANTES?

LIBERAN EN EL AGUA NITRATOS Y FOSFATOS QUE LLEGAN A LOS SERES VIVOS PRODUCIENDO



2. Déficit de vitamina A
3. Perturbaciones del tiroides.
4. Problemas reproductivos e incluso abortos.
5. Los nitritos en el interior del cuerpo humano se convierten en nitrosamina que es un agente cancerígeno.



6. Eutrofización: las algas crecen en exceso => no dejan pasar la luz => no hay fotosíntesis => no hay  $O_2$  => muerte de los seres vivos del fondo de los lagos.

## To do

Copy the diagram of the nitrogen cycle and add these terms to it:

nitrogen fixation, nitrification, denitrification, decomposition, assimilation.

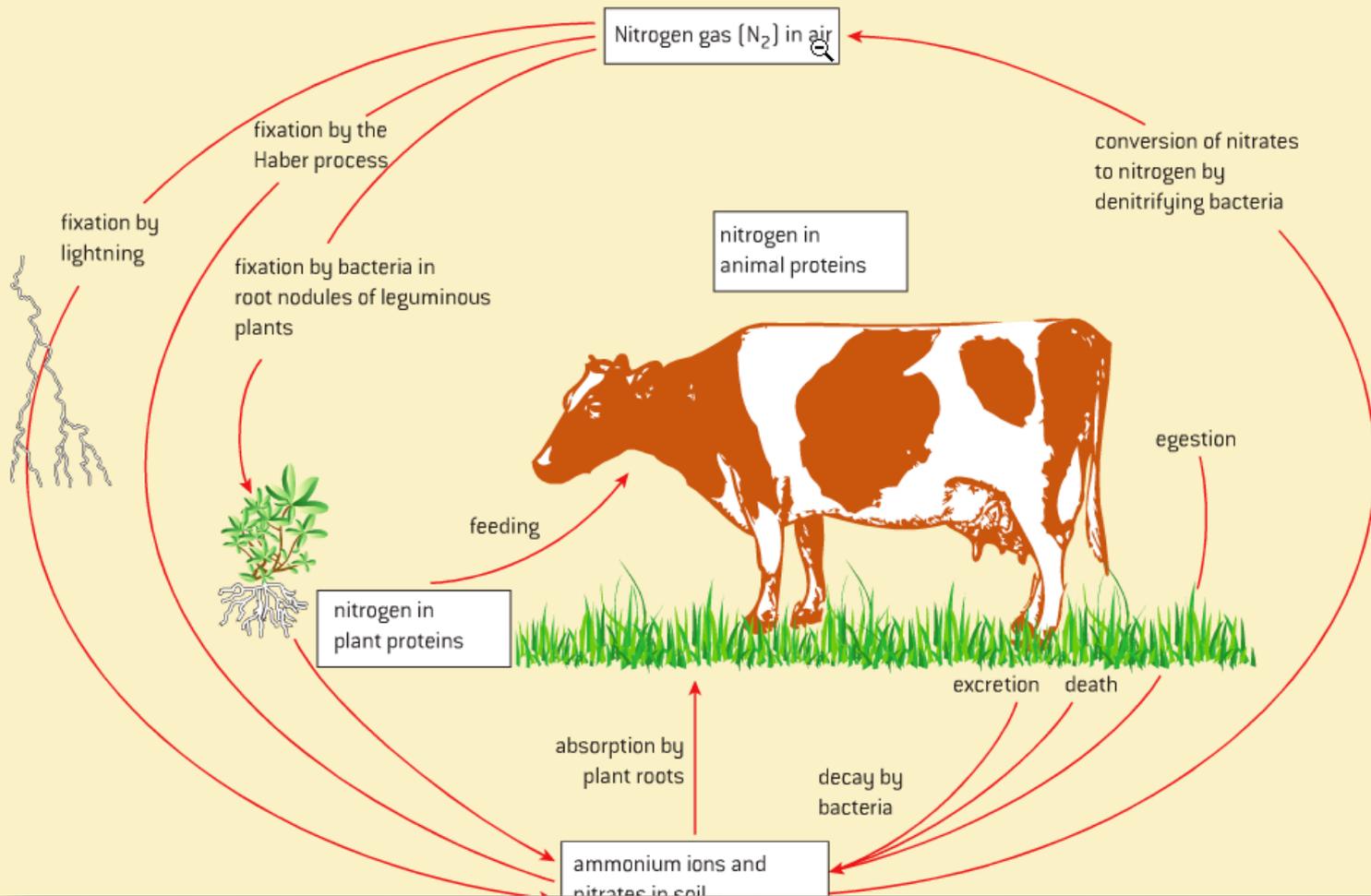
Copy and complete:

Nitrogen fixation is:

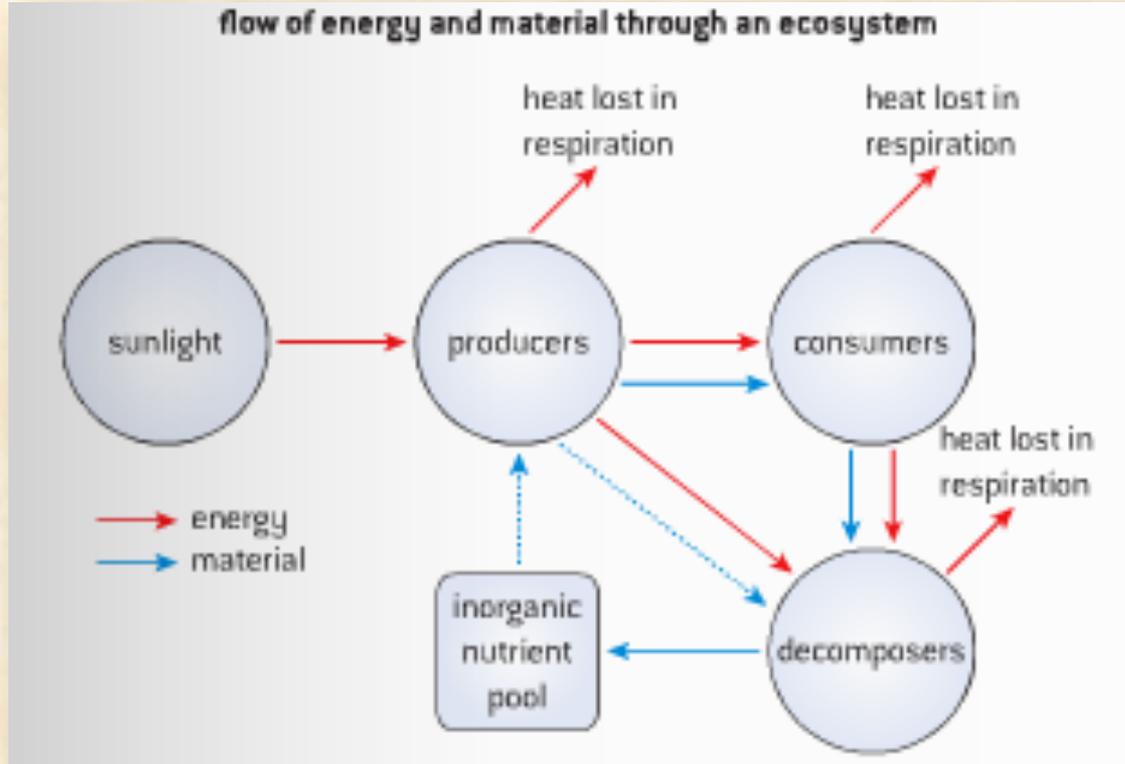
Nitrification is:

Denitrification is:

Assimilation (or protein formation) is:



# DIAGRAMAS DE FLUJO DE ENERGÍA



<http://www.ebooksampleoup.com/ecommerce/view.jsp?ID=00077721d4f838996e8a>

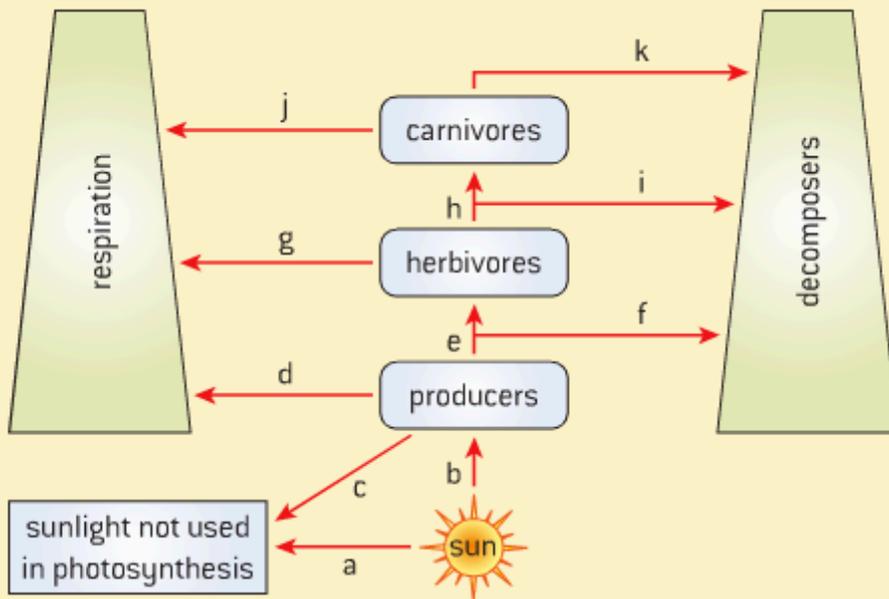
Este tipo de diagramas permite fácilmente *la comparación* entre varios ecosistemas.

- Muestran la energía que entra y sale de cada nivel trófico.
- Muestra la pérdida de energía a través de la respiración y la transferencia de materia como energía a los descomponedores.

Existen muchos diagramas distintos de flujo de energía.

## To do

The diagram below shows the flow of energy through a food web, and should be used for the three questions (right).



▲ **Figure 2.3.11** Generalized energy flow diagram through a food web

- Gross primary productivity (GPP) is
  - $b - c$ .
  - $b - a$ .
  - $b$ .
  - $b - c - d$ .

[1]
- Net primary productivity (NPP) is
  - $b - c - d$ .
  - $d + e + f$ .
  - $e$ .
  - $e - d$ .

[1]
- The net productivity for the consumer community is
  - $e + h$ .
  - $e + h - g - j - k - i$ .
  - $e - g - j$ .
  - $e - g - j - i - k$ .

[1]

# EFICIENCIA

## EFICIENCIA: salidas/entradas.

- ¿Qué proporción de el PPN desde los productores es asimilado por el siguiente nivel trófico?
- ¿Cuánto del material asimilado es transformado en tejido y cuánto se usa para la respiración?

Eficiencia de asimilación = (productividad bruta/ alimento ingerido)\*100

Eficiencia de productividad (biomasa) = PN /PN del nivel anterior (PB) \*100

# Parámetros tróficos

## Eficiencia

Representa el rendimiento de un nivel trófico o de un sistema y se calcula con el cociente salidas/entradas

Se valora desde diferentes tipos de vista

Eficiencia de los productores

Energía asimilada/energía incidente

< 2% (corresponde a la producción bruta)

$P_n/P_b$

Cantidad de energía incorporada respecto al total asimilado

10 – 40% en el fitoplacton >50% vegetación terrestre

En consumidores

$P_n/\text{alimento total ingerido o engorde}/\text{alimento ingerido}$

# Parámetros tróficos

Eficiencia ecológica

Fracción de la producción neta de un determinado nivel que se convierte en producción neta del nivel siguiente

$(PN/PN \text{ del nivel anterior}) \cdot 100$

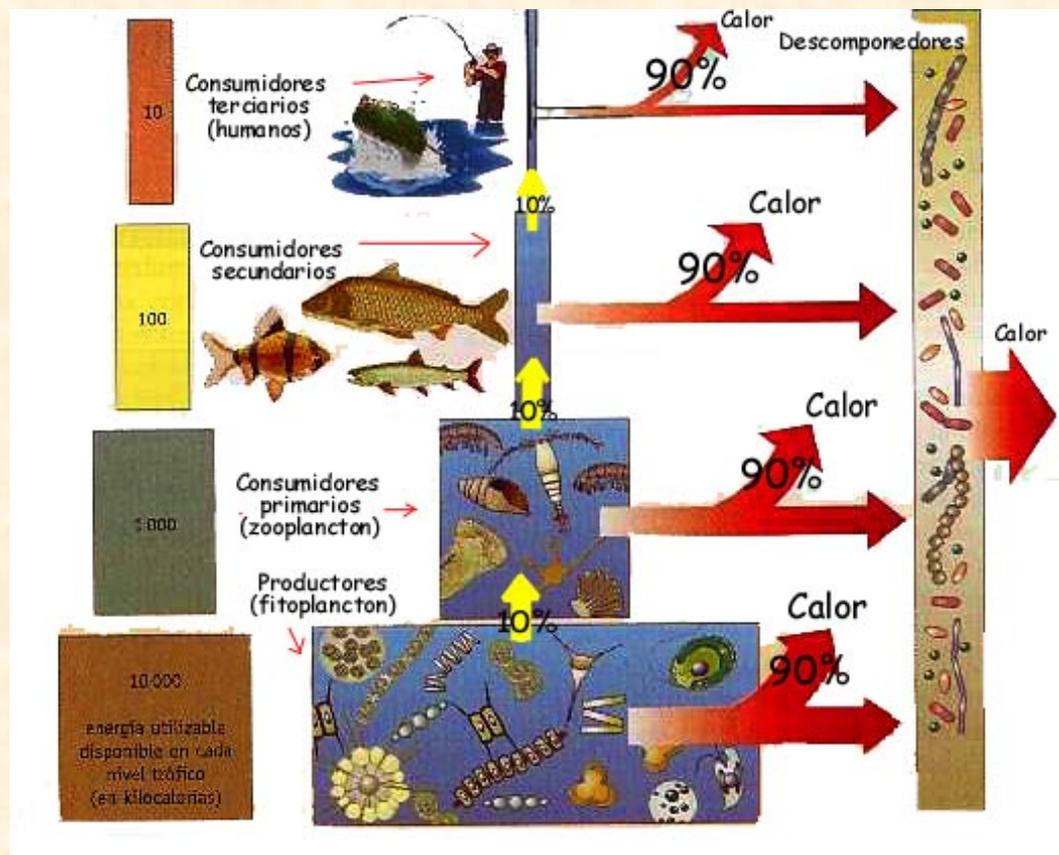
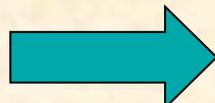
Teniendo en cuenta la regla del 10 % es más rentable (eficiente) alimentarse del primer nivel ya que se aprovecha más la energía y se puede alimentar a un mayor número de individuos.

(Referencia al vegetarianismo como movimiento ecológico).



# La regla del 10 %

Es más eficiente una alimentación a partir del primer nivel ya que se aprovecha la energía y se podrá alimentar a mayor nº de individuos

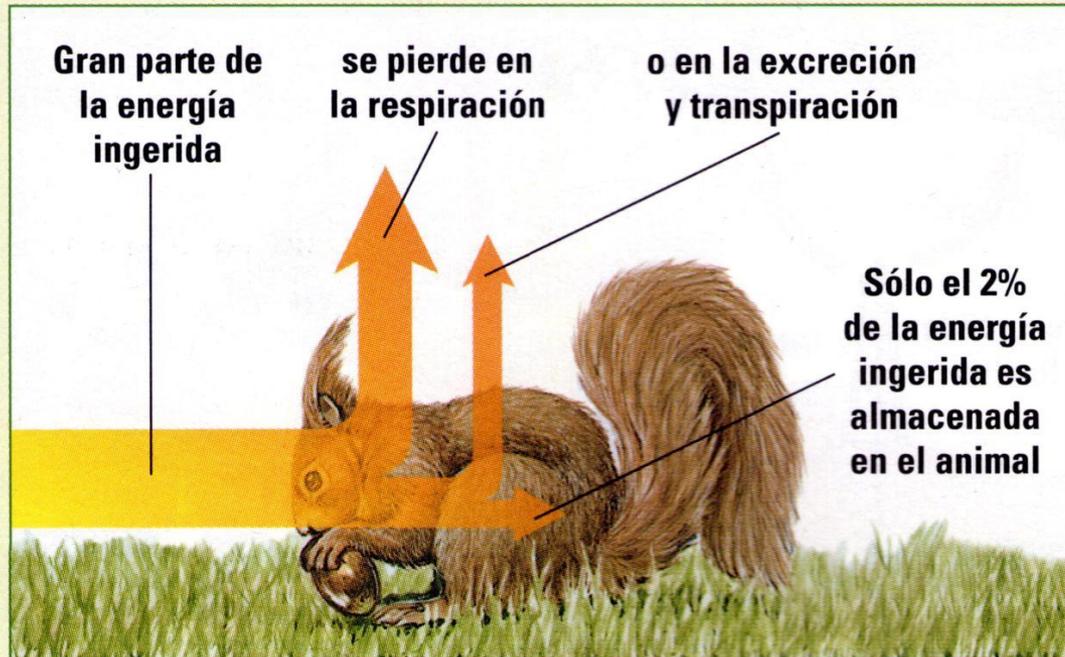


## LA REGLA DEL 10%

En cada nivel trófico, los seres vivos utilizan la mayor parte de la energía que poseen en realizar sus funciones vitales, otra parte la pierden en forma de desechos.

Un herbívoro, por ejemplo, con las heces pierde un 50%; en la respiración celular, un 33%; sólo el 17% de su energía queda disponible para el siguiente nivel trófico.

La cantidad que pasa de unos niveles a otros varía desde el 5% en el caso de los carnívoros hasta el 20% en el de los herbívoros. Como media se considera que el 10% de la materia o energía de un nivel queda disponible para el siguiente.



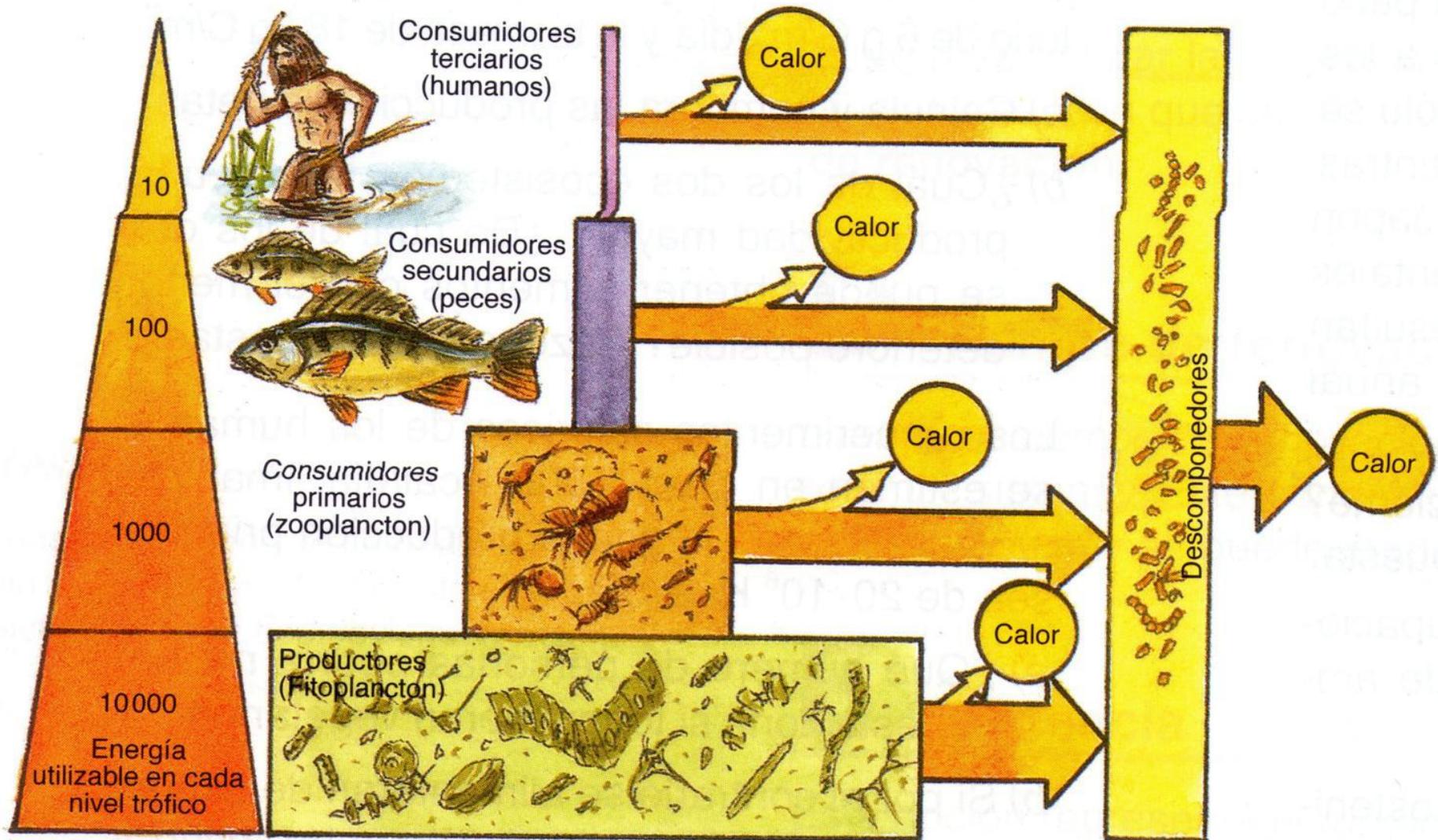
## **Energía térmica en los ecosistemas**

Los organismos vivos no pueden convertir el calor en otras formas de energía.

Los organismos vivos pueden realizar diversas conversiones de energía:

- Energía lumínica en energía química en la fotosíntesis
- Energía química en energía cinética en la contracción muscular
- Energía química en energía eléctrica en las células nerviosas
- Energía química en energía térmica en el tejido adiposo que genera calor

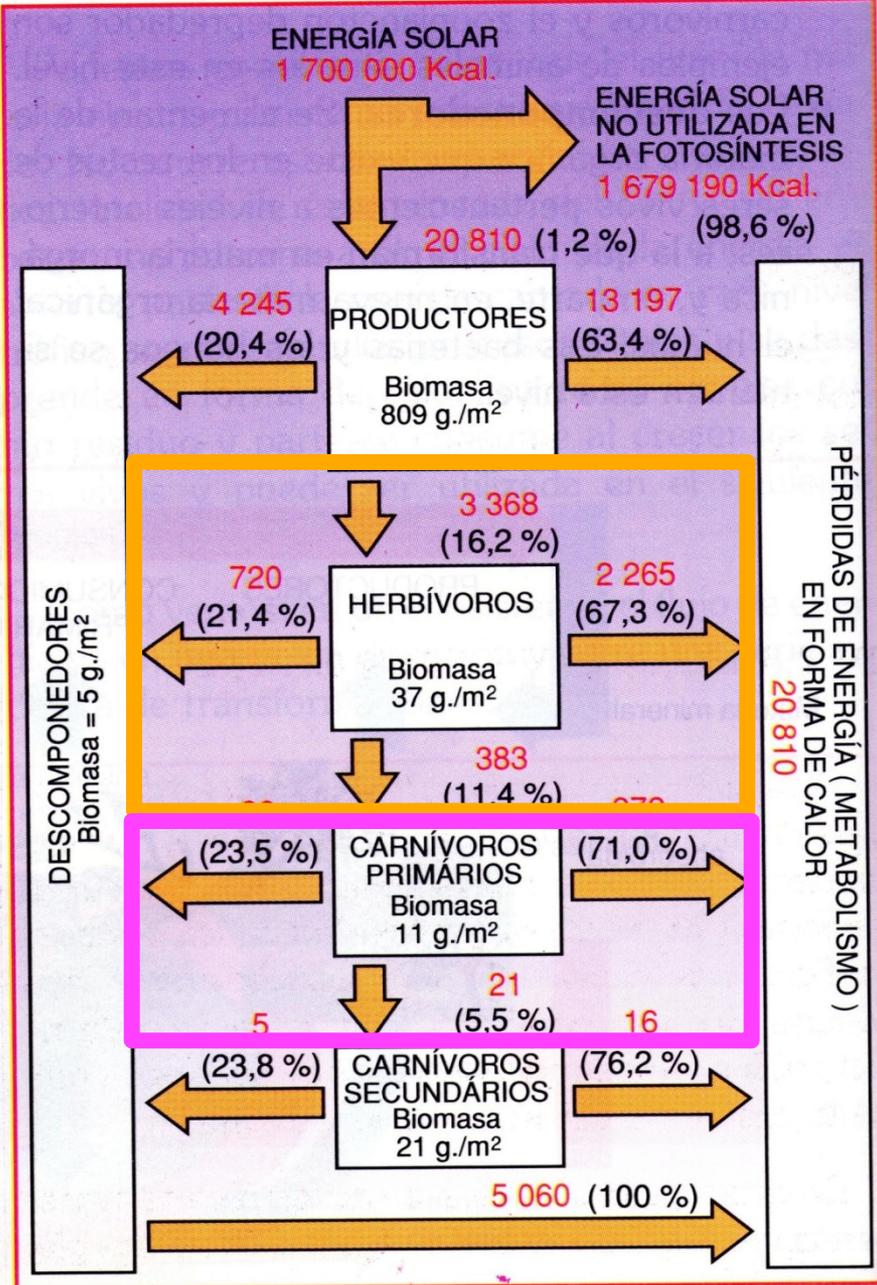
No pueden convertir energía térmica en ninguna otra forma de energía.



**La regla del 10 % es implacable y condiciona el número de niveles tróficos en los ecosistemas**

Pongámosle cifras a todo esto

Veamos una imagen sobre el flujo de energía que circula por un ecosistema y veamos lo que ocurre con los consumidores



Transferencia anual de energía en un ecosistema acuático (simplificada), medida en kcal/(m<sup>2</sup> · año).

Consumidores  
1 : Herbívoros

Consumidores 2:  
Carnívoros  
primarios

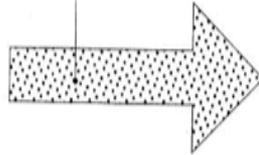
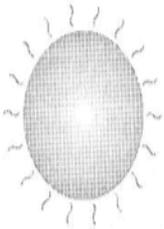
¿ Quién tiene más gastos de respiración ?

¿ Cual de los dos niveles es más consumido por el nivel siguiente ?

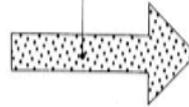
- La mayor parte de la energía de los alimentos que digieren y absorben los organismos de un nivel trófico se libera en la respiración para usarla en actividades celulares. Por lo tanto, se pierde como calor. La única energía disponible para los organismos del siguiente nivel trófico es la energía química en forma de glúcidos y otros compuestos de carbono que no se han utilizado en la respiración celular.
- Los organismos de un nivel trófico generalmente no son consumidos completamente por los organismos del siguiente nivel trófico. Por ejemplo, las langostas a veces consumen todas las plantas en una zona, pero lo más normal es que se alimenten solo de partes de algunas plantas. Es posible que los depredadores no coman algunas partes de los cuerpos de sus presas, como los huesos o el pelo. La energía que queda en las partes que no se consumen pasa a los saprotrofos o a los detritívoros en lugar de a los organismos del siguiente nivel trófico.
- No todas las partes de los alimentos ingeridos por los organismos de un nivel trófico se digieren y absorben. Una porción es indigerible y se expulsa del cuerpo por las heces. La energía presente en las heces no se transmite por la cadena trófica, y en su lugar pasa a los saprotrofos o detritívoros.

**LAS CADENAS ALIMENTICIAS** representan un flujo de energía entre niveles tróficos consecutivos.

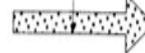
**Producción primaria:** las plantas son capaces de «fijar» aproximadamente un 5 % de la energía de la luz que incide sobre ellas, en forma de energía química en el alimento. Gran parte de esa luz se refleja o no tiene la longitud de onda adecuada para la fotosíntesis.



PRODUCTOR



CONSUMIDOR PRIMARIO



CONSUMIDOR SECUNDARIO

**Los organismos responsables de la descomposición** son hongos y bacterias que obtienen su energía y materias primas de restos vegetales y animales –finalmente todo el contenido de energía de estos restos se liberará en forma de calor por una respiración ineficaz. Una parte de la energía puede almacenarse en combustibles fósiles, p.ej. carbón, si la descomposición no se completa.

**La transferencia de energía al consumidor primario** es entre el 5 y el 10%

- una gran parte de la planta es indigestible, p.ej. celulosa y lignina,
- el consumidor raramente se come toda la planta –puede dejar las raíces y el tallo.

**La transferencia de energía al consumidor secundario** es entre el 10 y el 20 %

- la materia animal tiene un valor energético mayor,
- la materia animal es más digestible.

En cada nivel trófico se producen **pérdidas de respiración**. La respiración produce la energía necesaria para impulsar las reacciones metabólicas, p.ej. el transporte activo y la síntesis de proteínas.

**Las cadenas alimenticias son cortas** porque

- las cadenas largas necesitarían una enorme biomasa productora extendida por una vasta zona;
- la transferencia de energía entre niveles es muy ineficaz –el zorro podría recibir sólo el 10% x 10% x 5 % de la energía de la luz que incide sobre el productor.

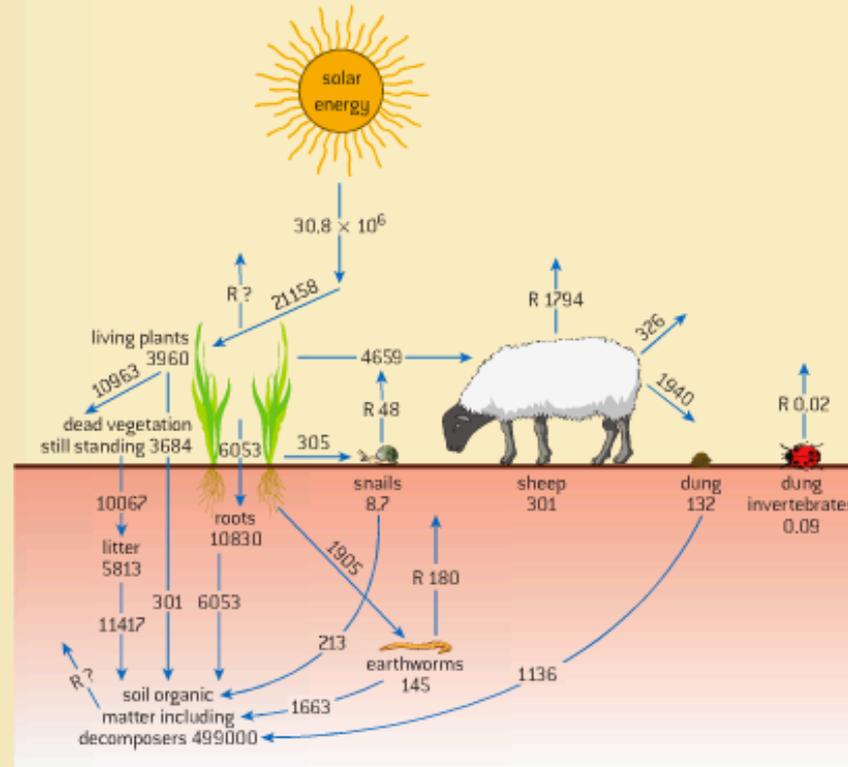
El Sol es la fuente de energía que impulsa todas las cadenas alimenticias. Menos del 1% de la energía emitida por la superficie del Sol cae realmente sobre las hojas de las plantas que fotosintetizan.

1. Consider the assimilation efficiencies in the table on the right.

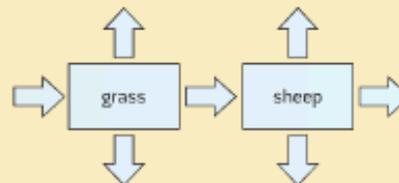
Organism	Assimilation efficiency
Carnivore	90%
Insectivore	70–80%
Herbivore	30–60%
Zooplankton feeding on phytoplankton	50–90%
Giant panda	20%

- Why do carnivores have a relatively high assimilation efficiency. (Think about the food they eat.)
- Do you think ruminant herbivores would be at the top or bottom of the range for herbivores? Why?
- Why does the giant panda have such a low assimilation efficiency? (Hint: its diet is mainly bamboo shoots.)

2. Copy figure 2.3.13 and add the energy storages and transfers in figure 2.3.12.



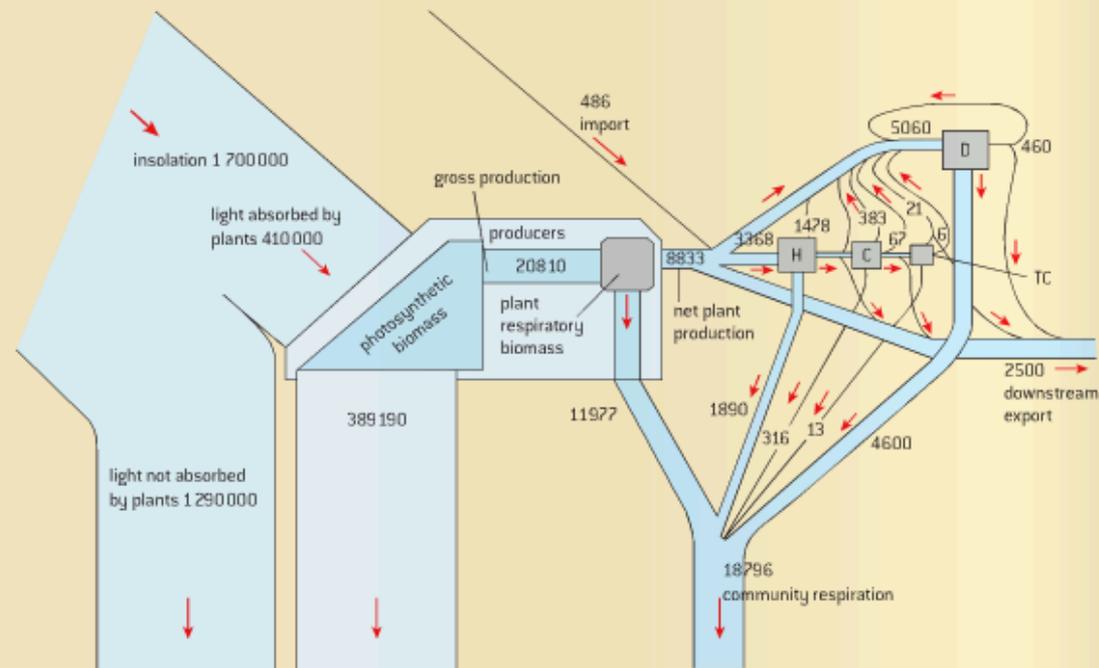
▲ Figure 2.3.12 The energy budget in a sheep-grazed ecosystem



### The classical energy flow example

Silver Springs, in central Florida is famous amongst ecologists as the place where Howard T. Odum researched energy flow in the ecosystem in the 1950s. Odum (1924–2002) was a pioneer ecologist working on ecological energetics. This was the first time an energy budget measurement was attempted when Odum measured primary productivity and losses by respiration. (Later, near the end of a long and illustrious career, he and David Scienceman developed the concept of **energy** [embodied energy] which is a measure of the quality and type of energy and matter that go into making an organism.)

Figure 2.3.14 shows the energy flows and biomass stores measured by Odum at Silver Springs. This simple community consists of algae and duckweed (producers); tadpoles, shrimps and insect larvae (herbivores); water beetles and frogs (first carnivores); small fish (top consumers); and bacteria, bivalves and snails (decomposers and detritivores). Dead leaves also fall into the water and spring water flows out, exporting some detritus.



▲ Figure 2.3.14 The energy flow values in Silver Springs community. Units  $\text{kcal m}^{-2} \text{yr}^{-1}$  [1kcal = 4.2 J]

1. Why does the width of the energy flow bands become progressively narrower as energy flows through the ecosystem?
2. Suggest an explanation for the limit on the number of trophic levels to four or five at most in a community.
3. How is the energy transferred between each trophic level?
4. Insolation (light) striking leaves is 1,700,000 units but only 410,000 are absorbed. What happens to the unabsorbed light energy?
5. A further 389,190 units escapes from producers as heat. Why is this?
6. Account (mathematically) for the difference between gross and net primary productivity.
7. Draw a productivity pyramid from the data given.
8. Would it be possible to draw a biomass pyramid from the data given?
9. Does the model support the first law of thermodynamics? Show your calculations.
10. How does the diagram demonstrate the second law of thermodynamics?

## Human activities and ecosystems

A process, effect or activity derived from humans is known as **anthropogenic** ('anthro' meaning human). The enhanced greenhouse effect is anthropogenic. Do not confuse this with anthropomorphic which is giving human characteristics to other animals, plants or inanimate objects, eg your doll or your pets.

### The concept of energy subsidy

Generally, when humans have an influence on an ecosystem, be it farming or living within it, we tend to simplify it and make it less diverse. Usually, this is on purpose. We cut down forest to grow crops and often this is just one species, eg wheat. So the complex food web that may have been there in a deciduous temperate forest becomes:

wheat → human

or

improved pasture grasses → cattle → human

Much of what we do in agriculture is also aimed at keeping things simple – killing pests and getting rid of weeds as these either eat or compete with the crops we want. Our aim is to maximize the NPP of the organisms we grow to maximize our profit. What happens is that we have to become ever more sophisticated in our farming practices – agribusiness – so we use artificial means to maintain the system. The Green Revolution which brought improved varieties of rice and other crops also brought the need to buy fertilizers for them or pesticides to kill the pests to which they were susceptible.

All farming practices require an **energy subsidy** which is the additional energy that we have to put into the system above that which comes from the Sun's energy. It may be the human labour, animal labour or machines using fuel to power the tractors and plows, pump water for cattle, make fertilizers and other chemicals, transport the crop. The result is that some agricultural systems are very productive with high NPP, particularly, eg, sugar cane.

As humans lived in larger groups and population density increased, they needed more food so farming methods became more sophisticated and used more energy. The advantage of an energy subsidy is that we can feed more people because food production seems more efficient but the energy has to come from somewhere (first law of thermodynamics). As communities become more complex, the energy subsidy increases. Hunter-gatherers have to add little energy to the system apart from their own work. Subsistence farming may involve draught animals, wind-power or water-power to irrigate or grind corn. All these are subsidized by human effort. Commercial farming now involves major use of fossil fuels to power machines, make chemicals to put on the crops or produce feedstuffs for animals. It is estimated that we use 50 times as much energy in MEDCs as a hunter-gatherer society and it is rising all the time.

## Energy: yield ratio

In economic terms, we can look at a farming system as inputs and outputs or costs and profits. So we can look at energy in and energy out in the form of food. It seems that as agriculture has become more sophisticated, the ratio goes down. A simple slash and burn type agriculture (when land is cleared in the rainforest and then a variety of crops grown by a subsistence farmer) may have an energy:yield ratio of

1:30 or 40 (30–40 units of food energy for each one unit of input energy as work). With increasing input of energy, this could reduce to 10:1 for battery chicken or egg production, so far more energy is put in to the system than taken out. But the important thing is that the energy is in the form of high energy foods – concentrated energy such as protein and meat, not lower energy cereals. We are producing high energy foodstuffs.

The issue to remember is that energy has to keep flowing through ecosystems whether natural or influenced by humans. If it does not, the system alters rapidly. Blocking sunlight from reaching a plant stops photosynthesis and the plant dies. Stopping the energy subsidy to agriculture will result in chaos. In a natural ecosystem, the large number and variety of food chains and energy paths mean the system is complex and less likely to fail completely. If one species goes, others can take its role. The system is resilient. If there is only one species in an ecological niche, eg wheat, its failure can have a bigger impact.

## To do

The data refer to carbon [in biomass] flows in a freshwater system at 40° N latitude:

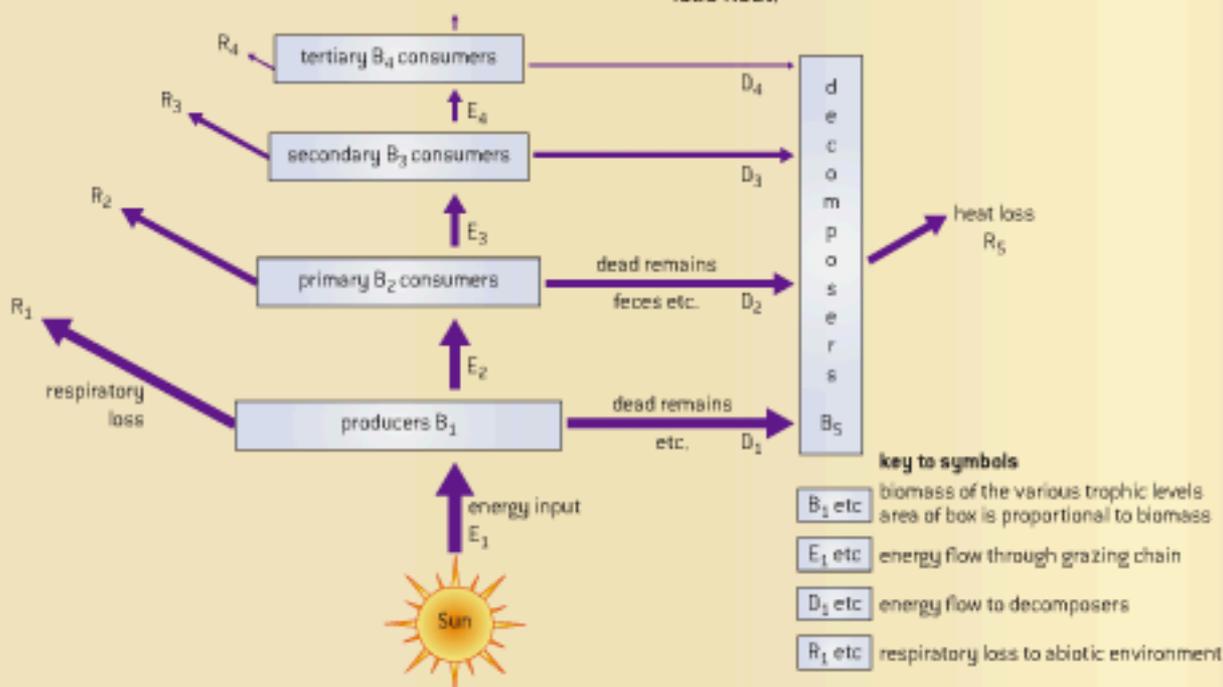
	$\text{g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$
Gross productivity of phytoplankton	132
Respiratory loss by phytoplankton	35
Phytoplankton eaten by zooplankton	31
Fecal loss by zooplankton	6
Respiratory loss by zooplankton	12

From the data, write down word equations and calculate:

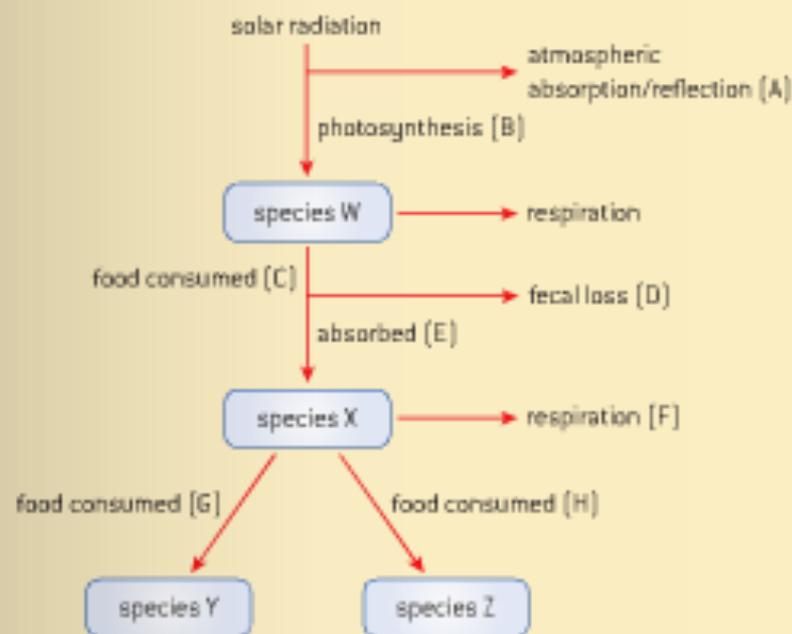
- net productivity of phytoplankton
- gross productivity of zooplankton
- net productivity of zooplankton
- % assimilation of zooplankton
- % productivity of zooplankton.

Here are two more energy flow diagrams.

- For ecosystem I, copy and draw a rectangle on the diagram to show the ecosystem boundary.
- Explain why the storage boxes reduce in size as you go up the food chain.
- Name three decomposers and explain how they lose heat.



▲ Figure 2.3.15 Energy flow diagram of an ecosystem I



▲ **Figure 2.3.16** Energy flow diagram of an ecosystem II

d. For ecosystem II, identify from the diagram the letter(s) referring to the following energy flow processes and explain what happens to this energy at each stage as it passes through the ecosphere:

- i. loss of radiation through reflection and absorption
- ii. conversion of light to chemical energy in biomass
- iii. loss of chemical energy from one trophic level to another
- iv. efficiencies of transfer
- v. overall conversion of light to heat energy by an ecosystem
- vi. re-radiation of heat energy to atmosphere.

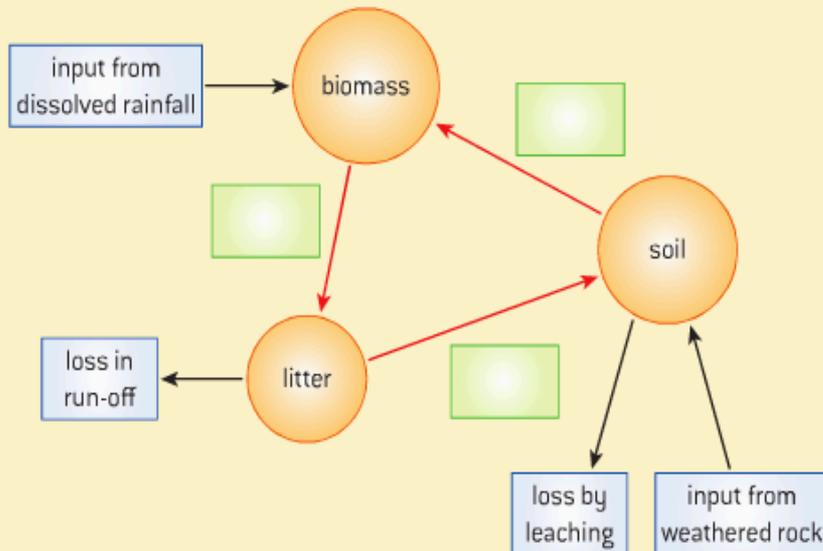
## To do

### Nutrient cycling in terrestrial ecosystems

Copy, fill the gaps and delete incorrect options in the paragraph below.

All living organisms need elements such as \_\_\_\_\_ and \_\_\_\_\_. These are needed to produce worms/minerals/growth/organic material. The availability of such elements is finite – we cannot increase the amount. The plants take up the nutrients from the soils, and once they have been used are passed on to the carnivores/herbivores/photosynthesizers/producers and then the \_\_\_\_\_ which feed upon them. As organisms die, they \_\_\_\_\_ and nutrients are returned to the system. As for all systems, there are inputs, \_\_\_\_\_, storages and \_\_\_\_\_. Nutrients are stored in \_\_\_\_\_ main compartments: the biomass [total mass of living organisms], the soil and the \_\_\_\_\_ [the surface layer of vegetation which may eventually become humus].

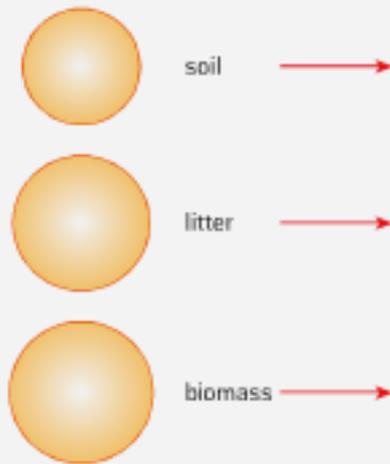
A model of the nutrient cycle is given below. Add the name of each of the transfers of nutrients to the boxes.



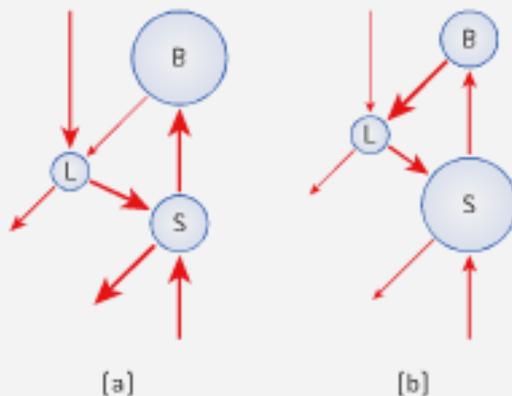
▲ **Figure 2.3.17** Gersmehl's model

## To do

1. What are the two main reasons why there has been an increase in the impact of human activities on the environment over time?
2. Write down the three trends that can be seen in relation to the impact of human activities over time on ecosystems.



▲ **Figure 2.3.18** Making Gersmehl's model



▲ **Figure 2.3.19** Gersmehl's models for two different ecosystems (see box to right)

The nutrient cycle varies according to the climate and type of vegetation. The size of each of the stores and size of the transfer can be different. Using the symbols given left (no re-sizing needed), copy and move them to make a nutrient cycle diagram for

1. a deciduous woodland and
2. a tropical rainforest.

Explain the size of the BIOMASS, SOIL and LITTER stores for each.

#### Grassland ecosystem

[Redraw and resize the boxes to make the correct nutrient cycle diagram]

1. In the ecosystem in figure 2.3.17, there are relatively large stores of nutrients in the litter and soil compared to living things. Give three reasons why this is the case.
2. What is the main nutrient flow from the soil? Why does this happen?
3. Is transport of minerals from one soil layer to another a transfer or a transformation process?
4. Look at the two nutrient models left, a tropical rainforest and a continental grassland [prairie] ecosystem. Label each with its respective ecosystem name.
5. Copy and complete the table of comparisons between the two ecosystems:

Comparison	Ecosystem	Explanation
Which ecosystem stores most nutrients in biomass?		
Which ecosystem has most undecomposed detritus?		
Which ecosystem has least humus?		
In which ecosystem is plant uptake of nutrients greater?		
In which ecosystem is decomposition slower?		
Which ecosystem loses nutrients from biomass quickest?		
In which ecosystem are most nutrients lost due to heavy rain?		
In which ecosystem does rainfall supply many nutrients?		

# Bibliografía

- ENVIRONMENTAL SYSTEMS AND SOCIETIES. 1º Bachillerato. RUTHERFORD, Jill. WILLIAMS, Grillian. ED. Oxford IB Diploma Programme.
- TOXICOLOGÍA AMBIENTAL. Estrella Cortés, José Luis Martínez-Guitarte, Gloria Morcillo. 2008. Editorial UNED.
- CIENCIAS DE LA TIERRA Y MEDIOAMBIENTALES. 2ºBachillerato. CALVO, Diodora, MOLINA, Mª Teresa, SALVACHÚA, Joaquin. Editorial McGraw-Hill Interamericana.
- Ciencias de la Tierra y Medioambientales. 2ºBachillerato. ALONSO CERVEL, Fernando. BASCO LÓPEZ DE LERMA, Ricardo. CALLEJA PARDO, Ángel. MARTÍN SÁNCHEZ, Santos. MORA PEÑA, Alfonso. RAMOS SÁNCHEZ, Juan. RIVERO MARTÍN, J.M. TRINIDAD NUÑEZ. Ana MARía. Editorial Oxford.
- CIENCIAS DE LA TIERRA Y DEL MEDIO AMBIENTE. 2º Bachillerato. LUFFIEGO GARCÍA, Máximo, ALONSO DEL VAL, Francisco Javier, HERRERO MARTÍNEZ, Fernando, MILICUA ARIZAGA, Milagros, MORENO RODRÍGUEZ, Marisa, PERAL LOZANO, Carlota, PÉREZ PINTO, Trinidad.
- FLORA Y FAUNA. ORTEGA Francisco; PLANELLÓ Rosario. 2008. Editorial UNED.
- <http://www.cobach-elr.com/academias/quimicas/biologia/biologia/curtis/libro/c54b.htm>
- <http://biologiaprofegustavo.blogspot.com.es/2011/04/adaptaciones-en-las-especies.html>
- <http://es.scribd.com/doc/2846927/CADENAS-ALIMENTARIAS>
- <http://www.sesbe.org/evosite/evo101/VA1BioSpeciesConcept.shtml.html>
- <http://wikinatu.wikispaces.com/RED+TROFICA>
- <http://www.ebooksampleup.com/ecommerce/view.jsp?ID=000777721ed5b510cbbc5>