

# INGENIERÍA AMBIENTAL

## a) Conceptos generales

### 3. Conceptos básicos de microbiología y ecología

- Conceptos generales
- Ecología
  - Ecosistema y hábitat
  - Materia y energía
  - Interacciones biológicas
- Microbiología
  - Tipos de microorganismos
- Ciclos biogeoquímicos
  - Agua
  - Carbono
  - Nitrógeno
  - Fósforo



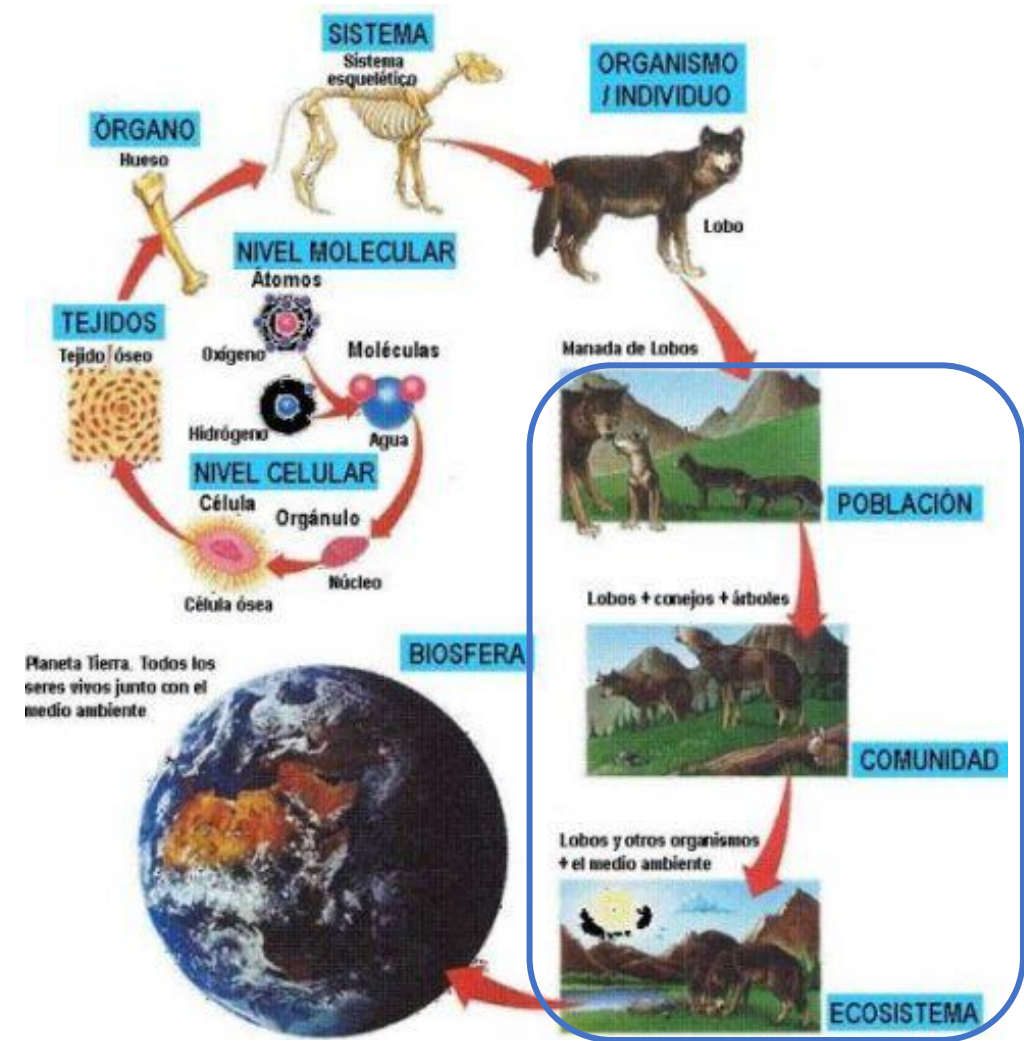
Escuela Técnica Superior de Ingeniería de  
**Caminos, Canales y Puertos**

Universidad de Castilla-La Mancha, Campus de Ciudad Real

*Bibliografía principal utilizada:*

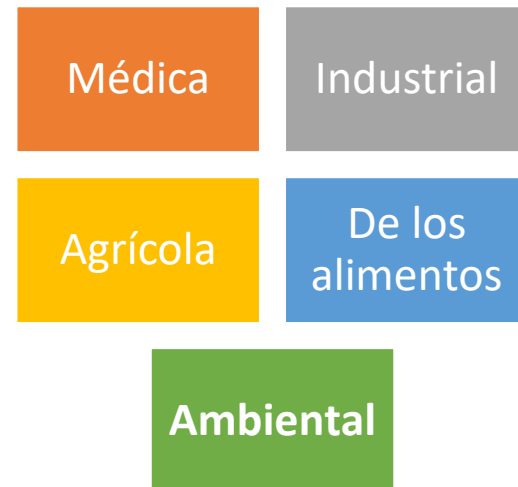
*Tejero et al., 2006. Introducción a la Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Universidad de A Coruña*

- **Ecología** = ciencia que estudia las interrelaciones entre los organismos y el ambiente que los rodea



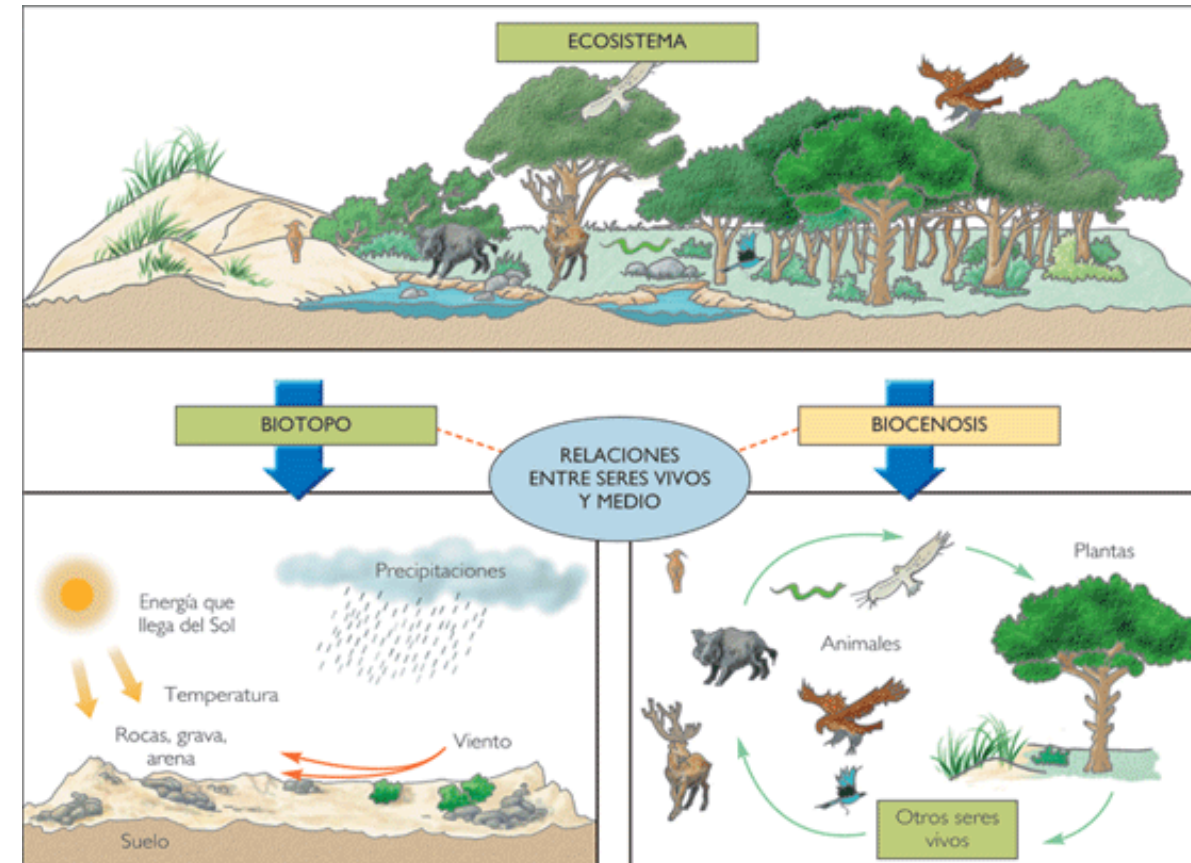
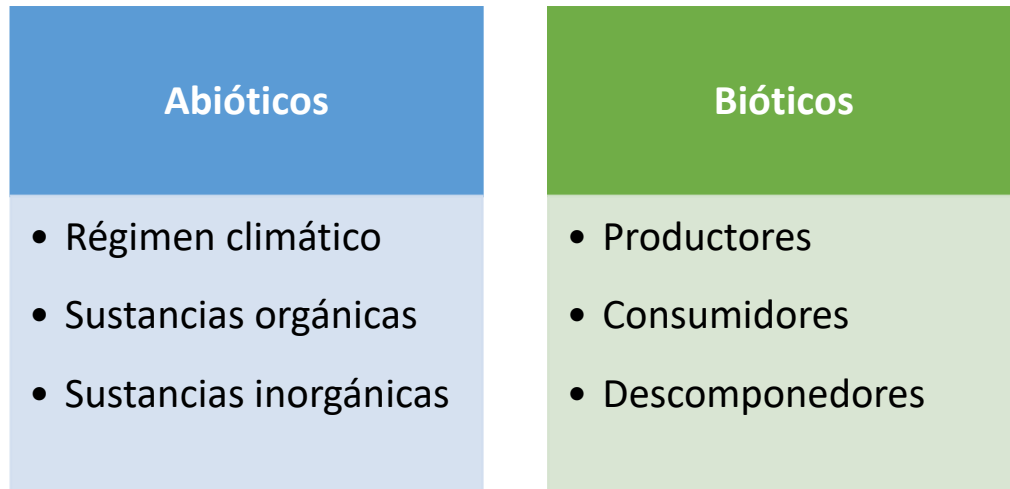
- Comprende los niveles de **población**, **comunidad** y **ecosistema**, a diferencia de otras ciencias biológicas (bioquímica, anatomía, fisiología...)
- **Ambiente**: tanto los factores **abióticos** (medio físico) como los **bióticos** (seres vivos)
- La ecología interpreta la naturaleza en términos de **materia**, **energía** y **organización**

- **Microbiología** = ciencia que estudia los microorganismos (seres que sólo pueden ser correctamente visualizados mediante el uso de un microscopio)
  - Identificación y clasificación de **microorganismos**
  - **Interacciones** entre ellos y con otros seres vivos
  - **Enfermedades** que provocan en el ser humano → también se estudia a virus, viroides y priones (no incluidos dentro de ninguna taxonomía) por su capacidad de generar infecciones (**patógenos**)
  - Origen de la microbiología ligado al estudio de **epidemias** en Europa y al desarrollo de la tecnología necesaria → **microscopía**
  - Subdisciplinas:



## 2.1. ECOSISTEMA Y HÁBITAT

- **Ecosistema:** sistema natural formado por la **biocenosis** (organismos vivos) y el **biotopo** (medio físico donde se relacionan)
  - Comunidad biológica de un lugar + factores abióticos (físico-químicos → aire, geología, hidrología...)
- Componentes:



## 2.1. ECOSISTEMA Y HÁBITAT

- **Hábitat:** espacio que ocupa un organismo o una población
  - Conjunto de condiciones ambientales características de los sitios específicos adecuados a las demandas de dicha población (río, bosque, fondo marino, ramas de un árbol...)
  - Distinta capacidad de movimiento de las especies + Estrategias de supervivencia variadas → gran **variedad** de hábitats



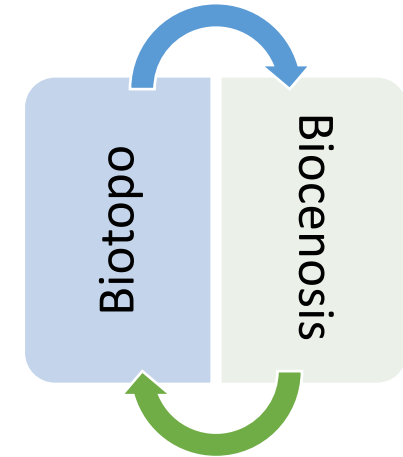
- Especies **especialistas** → requieren condiciones muy específicas para su supervivencia (lince ibérico, masiega...)

- Especies **generalistas** → pueden sobrevivir en medios más variados, incluidos los más antrópicos, al tener mayor capacidad de adaptación (palomas, ratas, gaviotas...)



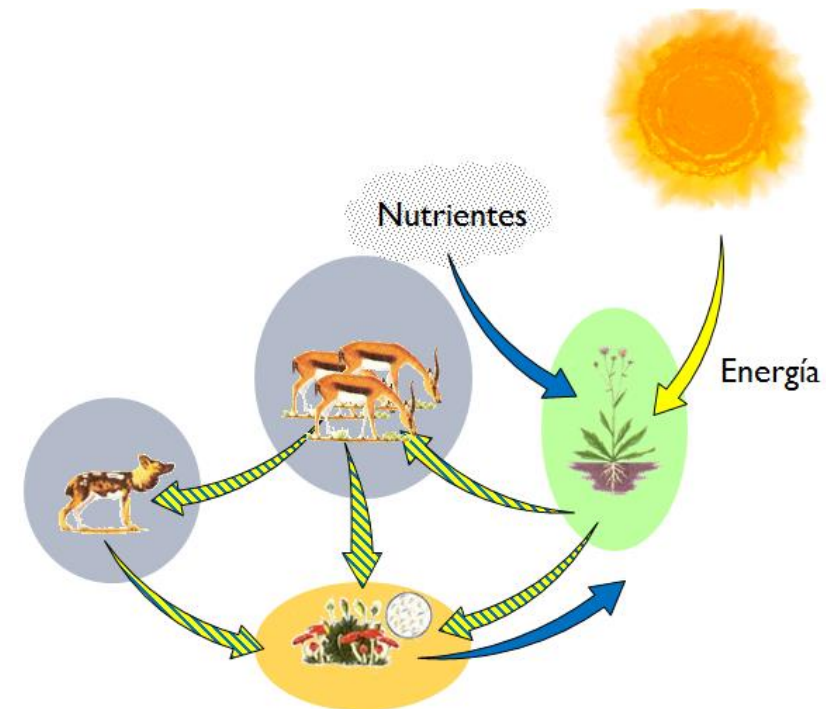
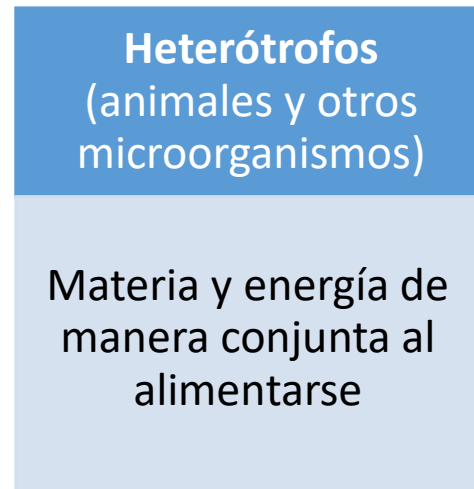
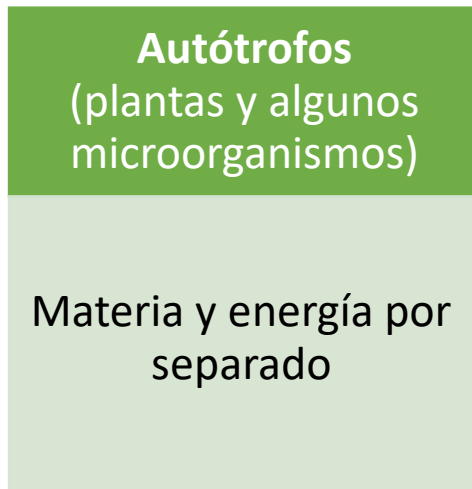
## 2.1. ECOSISTEMA Y HÁBITAT

- Ecosistema → unidad funcional compuesta de organismos interdependientes que comparten el mismo **hábitat**
  - En un determinado ambiente físico se suelen desarrollar las mismas especies
  - El **biotopo** condiciona la **biocenosis** que vivirá en él (la que esté adaptada a esas condiciones climáticas, edafológicas, hidrológicas...); a su vez, la biocenosis transforma su biotopo
  - Gran **diversidad** de ambientes y de especies en la naturaleza
  - **Procesos** que se dan en un ecosistema:
    - Cadenas de alimentos o tróficas
    - Flujo de materia y energía
    - Ciclos de nutrientes
    - Desarrollo y evolución del ecosistema



## 2.2. MATERIA Y ENERGÍA EN LOS ECOSISTEMAS

- Todos los organismos necesitan conseguir **materia** y **energía** del entorno para seguir con vida
  - desarrollo de la biomasa
  - realizar trabajos y actividades
- Distintas **estrategias** para conseguirlo:

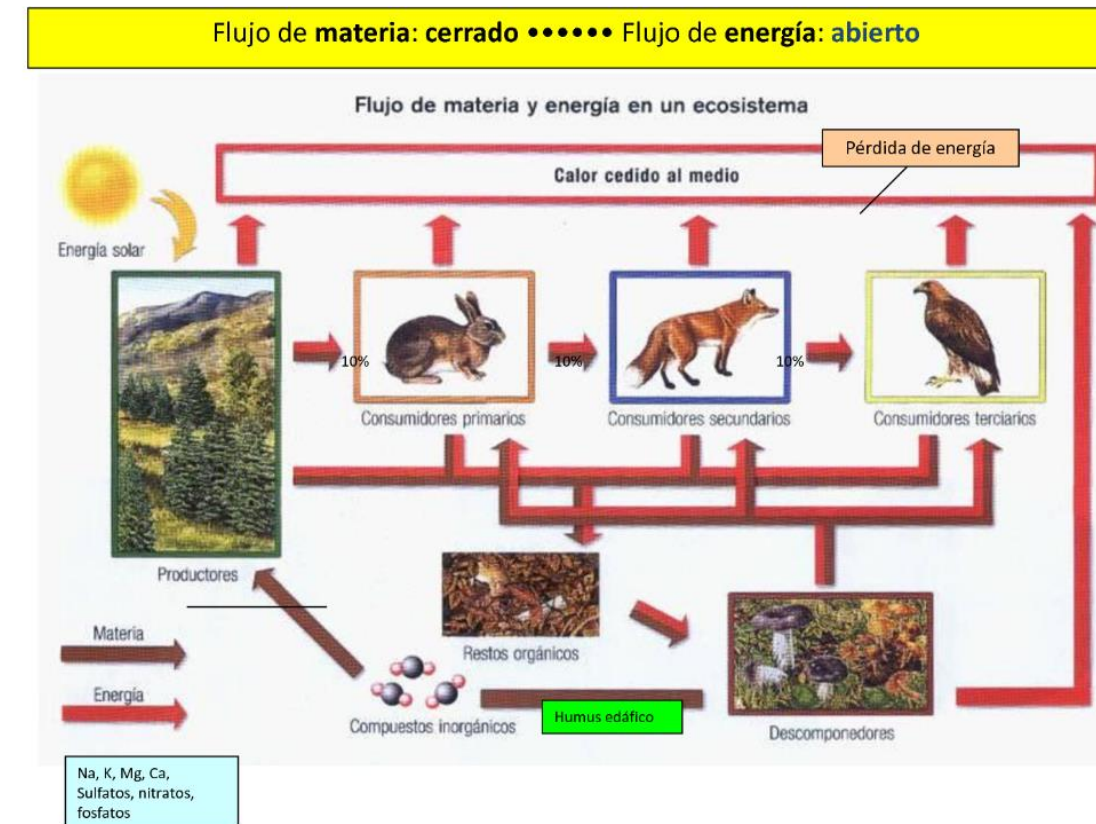


## 2.2. MATERIA Y ENERGÍA EN LOS ECOSISTEMAS

- Teoría de sistemas
  - **Sistema:** conjunto de partes que interactúan y que puede ser descrito mediante formulaciones matemáticas
  - **Tipos** de sistemas:

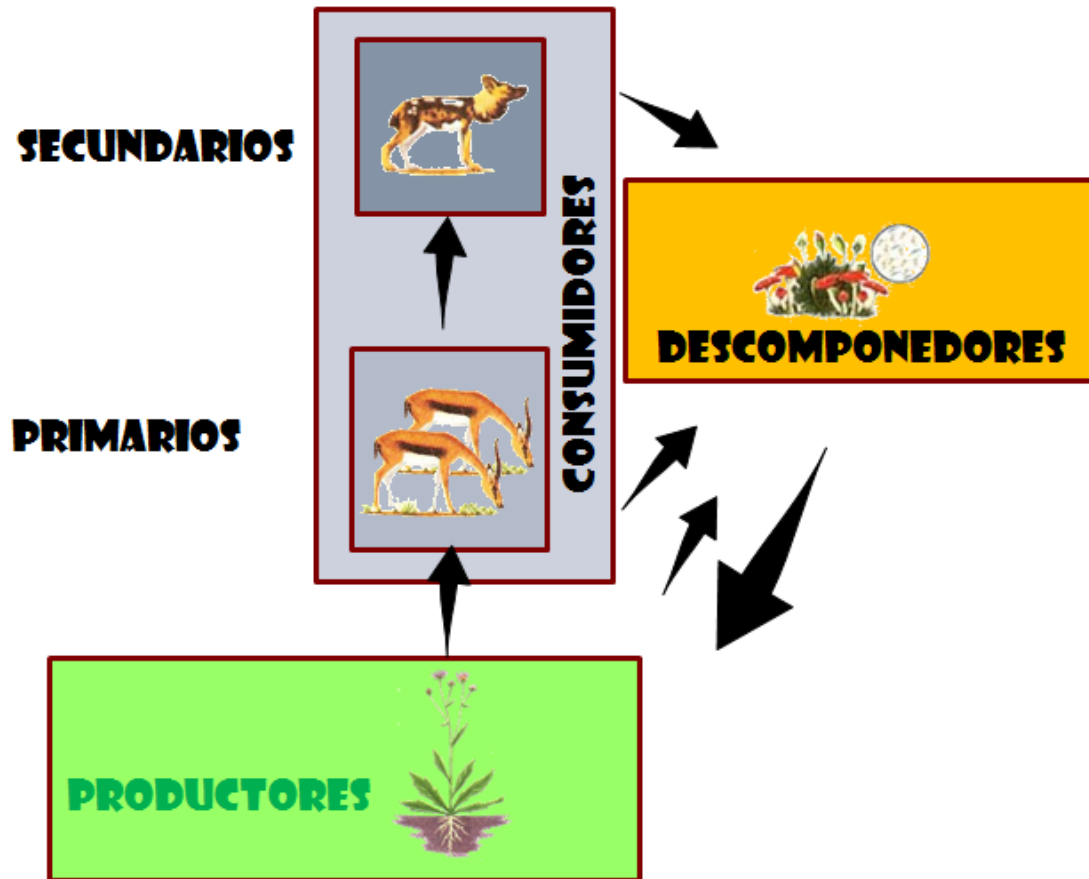
Abiertos	Cerrados	Cibernéticos
Dependen del ambiente exterior, procesan entradas para generar salidas	No dependen del ambiente exterior, son autónomos	Sistemas abiertos con capacidad de autorregulación → parte de la salida sirve para controlar la entrada

**Ecosistema** → funciona como un sistema **abierto** cuyos componentes son los factores **abióticos** y los **bióticos**



## 2.2. MATERIA Y ENERGÍA EN LOS ECOSISTEMAS

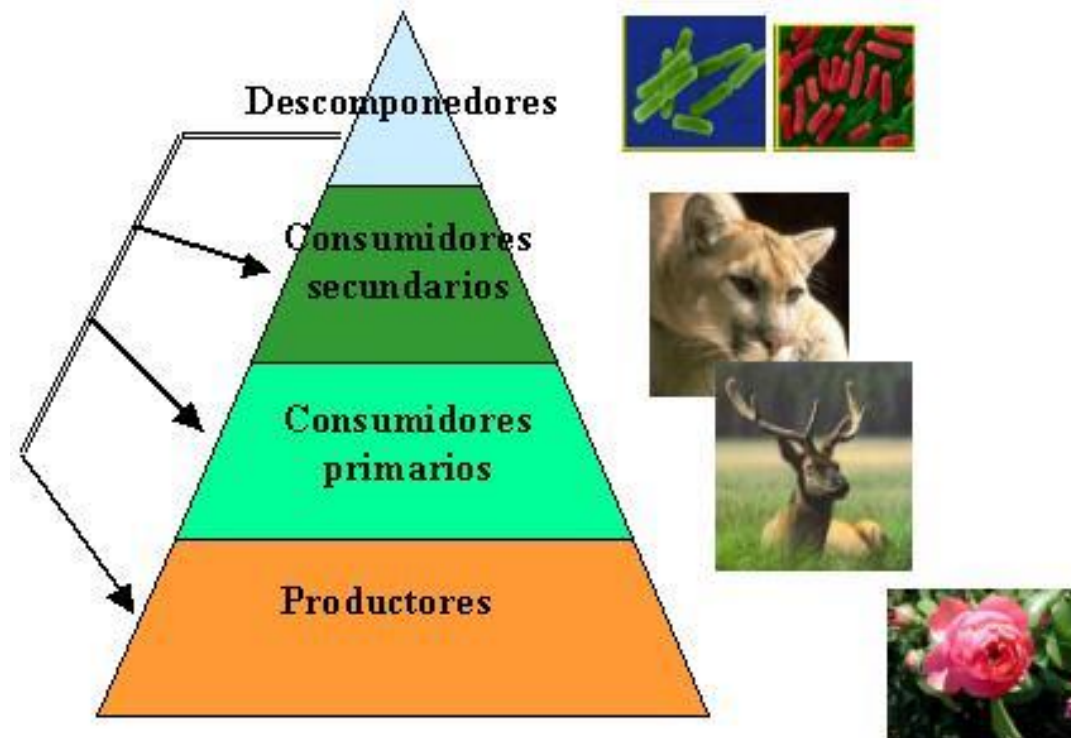
- **Materia** en los ecosistemas



- **Productores** → producen materia orgánica (a partir de inorgánica) que otros organismos pueden aprovechar (**Autótrofos**)
- **Consumidores** → se alimentan de esta materia orgánica (**Heterótrofos**)
- **Descomponedores** → utilizan la materia orgánica transformándola de nuevo en materia inorgánica (**Heterótrofos**)

## 2.2. MATERIA Y ENERGÍA EN LOS ECOSISTEMAS

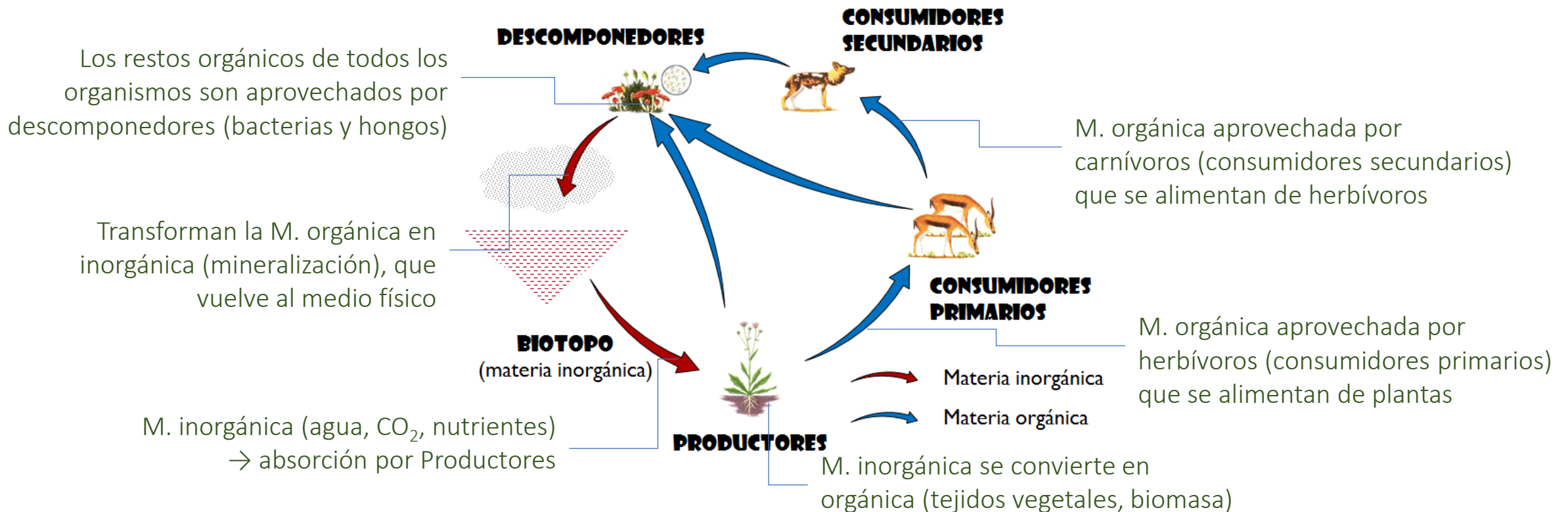
- Cadenas tróficas
  - **Nivel trófico** → conjunto de organismos que se nutren del mismo modo
  - **Estructura trófica** de un ecosistema → conjunto de relaciones de intercambio de materia entre los diferentes niveles tróficos (se alimentan los unos de los otros)



## 2.2. MATERIA Y ENERGÍA EN LOS ECOSISTEMAS

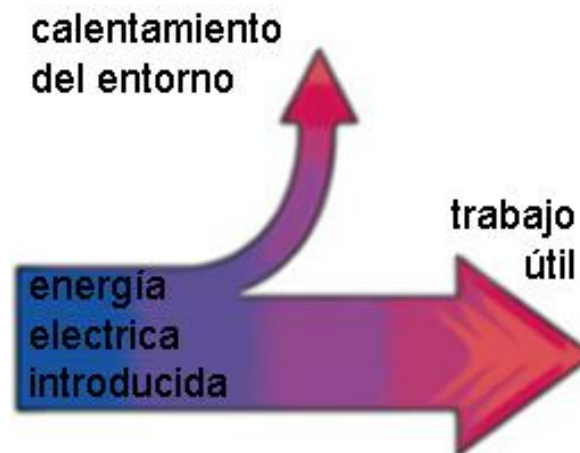
### • Cadenas tróficas

- Las relaciones alimenticias entre los distintos niveles tróficos permiten que la materia pase del medio físico a los organismos, y de estos a otros organismos → **reciclaje** permanente de materia



## 2.2. MATERIA Y ENERGÍA EN LOS ECOSISTEMAS

- **Energía** = capacidad de producir trabajo o de transferir calor
  - La circulación de energía en un ecosistema es distinta a la de materia, debido a los **principios de termodinámica**
  - Al utilizar una cierta cantidad de energía para producir un cambio, una parte de la energía no puede ser utilizada y se desprende al entorno en forma de **calor** → esa fracción de energía se desaprovecha, solo contribuye a aumentar la  $T^a$  del entorno

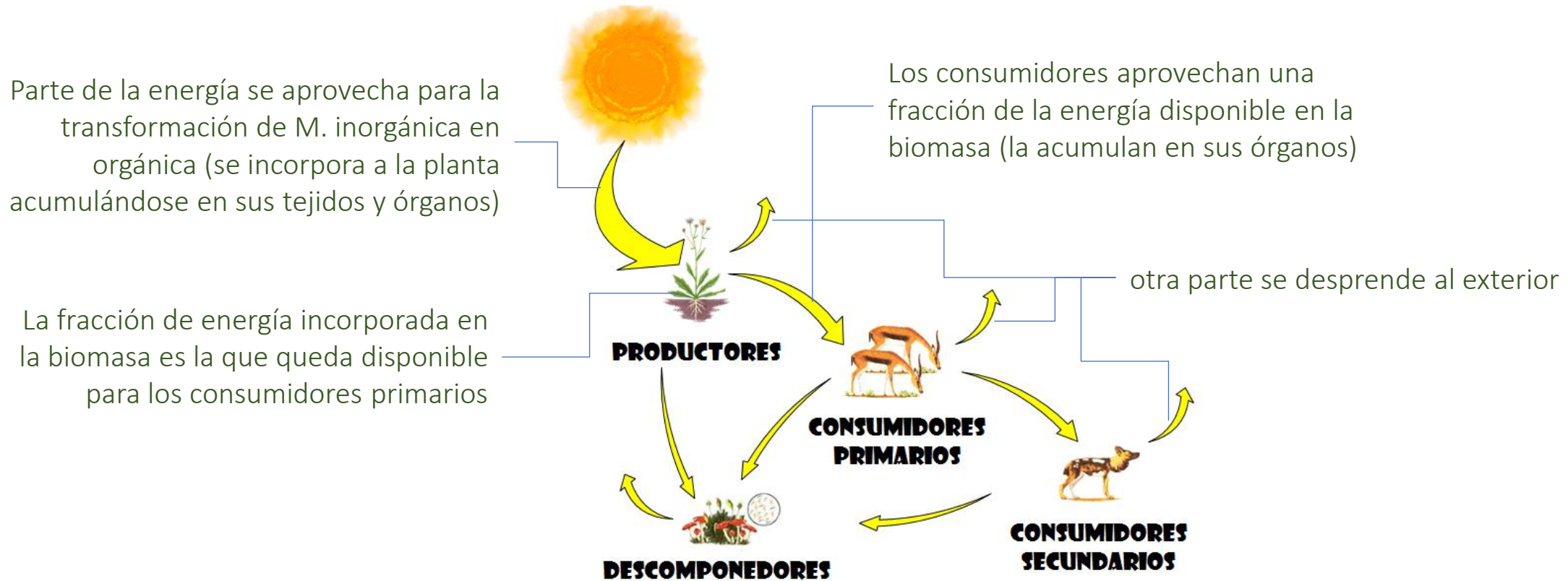


Para mantener el funcionamiento de un sistema (*ecosistema*) hay que proporcionarle energía desde el exterior → esa energía acabará disipándose al pasar al ambiente en forma de calor

## 2.2. MATERIA Y ENERGÍA EN LOS ECOSISTEMAS

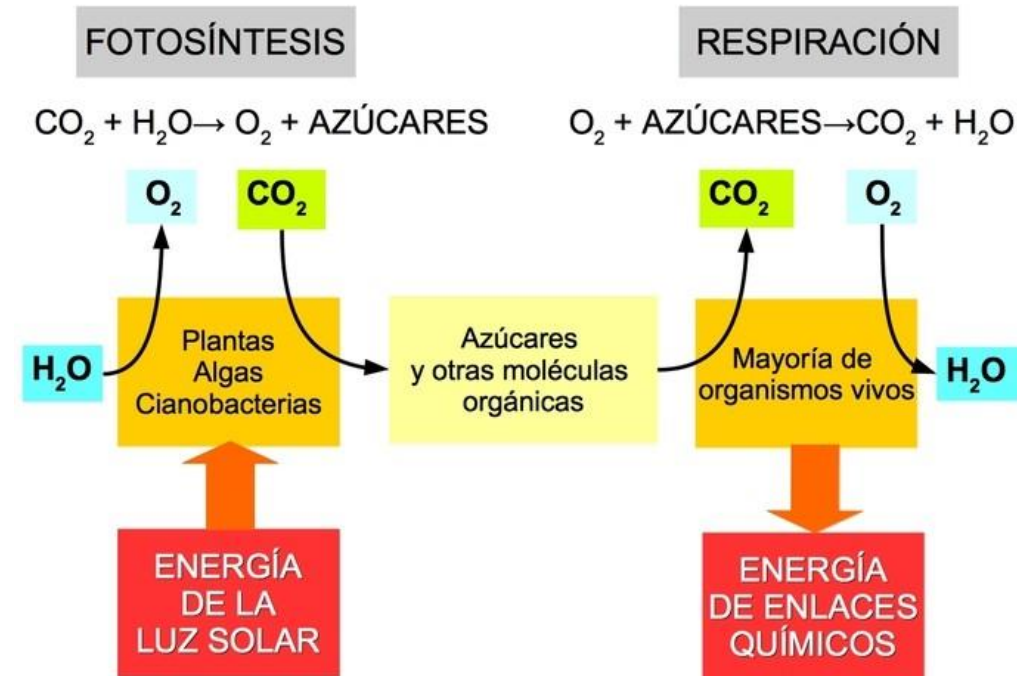
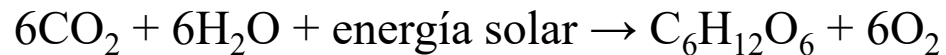
- **Energía** en los ecosistemas

- Fuente de energía → Sol
- La energía solar es aprovechada por las plantas mediante la **fotosíntesis** (aprovechamiento  $\approx$  1-6%)



## 2.2. MATERIA Y ENERGÍA EN LOS ECOSISTEMAS

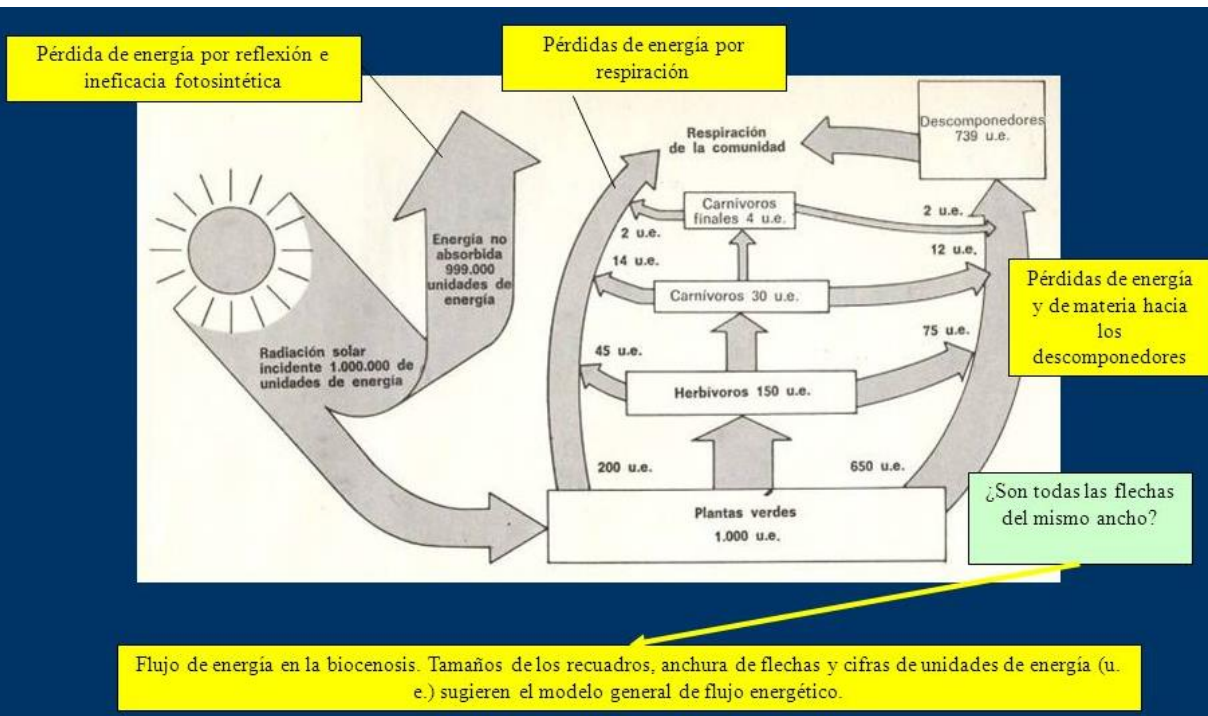
- Transformación de energía en materia
  - Fotosíntesis:** permite almacenar energía radiante del Sol como materiales químicos orgánicos (principalmente azúcares)
- Respiración:** proceso complementario → la materia de los alimentos se desdobra y se libera la energía química que poseen (se almacena en forma de ATP en las células)



Dependencia entre organismos **autótrofos** y **heterótrofos** → los heterótrofos necesitan la energía y el  $\text{O}_2$  (la mayoría) producidos por los autótrofos, y estos necesitan el  $\text{CO}_2$  que producen los heterótrofos al respirar (**mecanismos recíprocos**)

## 2.2. MATERIA Y ENERGÍA EN LOS ECOSISTEMAS

- Aprovechamiento de energía y productividad de un ecosistema
  - Los organismos están sujetos a la tendencia natural de disminuir el orden energético → **pérdida de energía** sin aprovechamiento
  - **Niveles tróficos** → la energía (junto a la materia) va pasando de un nivel a otro a través del ecosistema, produciéndose pérdidas

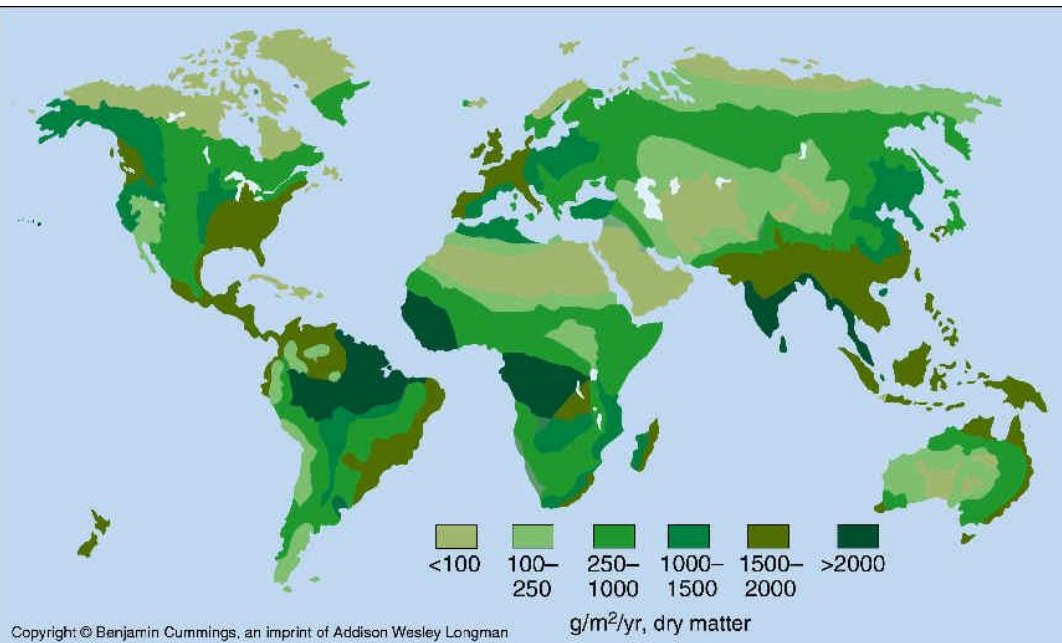


- ≈10% de la energía se transmite de un nivel a otro, el resto se pierde (respiración y descomposición)
- Las pérdidas continuas de energía limitan el número de niveles dentro de la cadena trófica

**Eficiencia ecológica:** relación entre la energía que entra a un nivel trófico y la que es asimilada por el siguiente

## 2.2. MATERIA Y ENERGÍA EN LOS ECOSISTEMAS

- Aprovechamiento de energía y productividad de un ecosistema
  - La materia orgánica también se pierde en su paso entre niveles tróficos → solo una fracción de la biomasa ingerida se convierte en nueva biomasa en el organismo consumidor
  - **Producción:** velocidad de formación de biomasa por unidad de área/volumen en un periodo de tiempo determinado
    - Producción **primaria:** velocidad con la que se sintetiza materia orgánica por medio de la fotosíntesis (autótrofos)

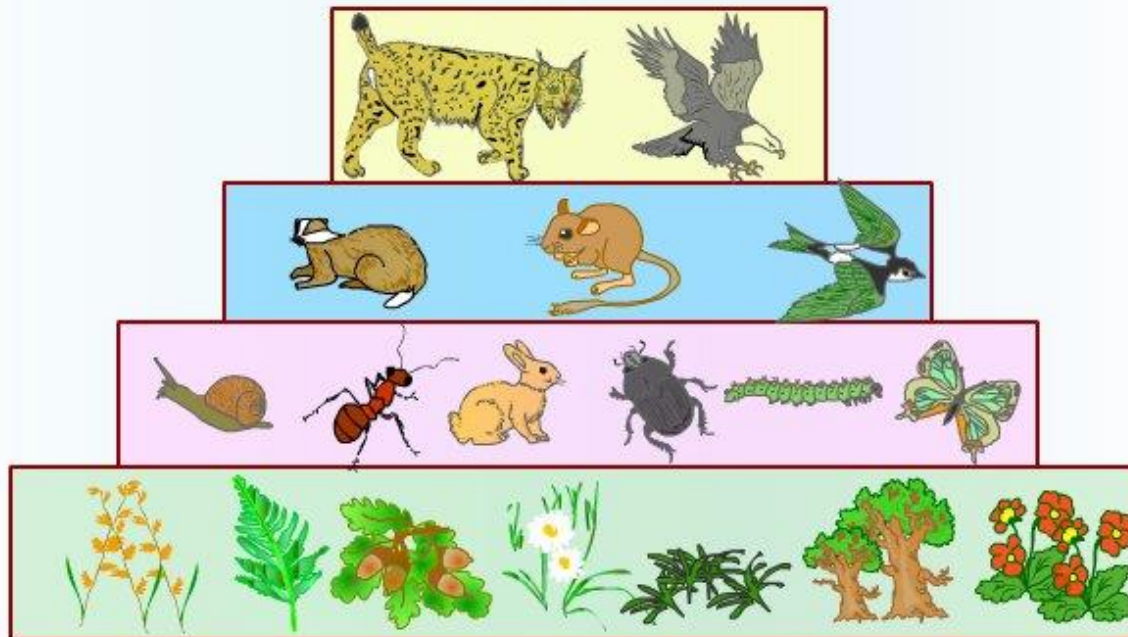


- **Productividad:** velocidad de renovación de la biomasa (relación entre producción y biomasa existente)

**Sistemas forzados** de cultivo → se aumenta la productividad forzando la entrada de energía y materia orgánica (fertilizantes, riego, plaguicidas...)

## 2.2. MATERIA Y ENERGÍA EN LOS ECOSISTEMAS

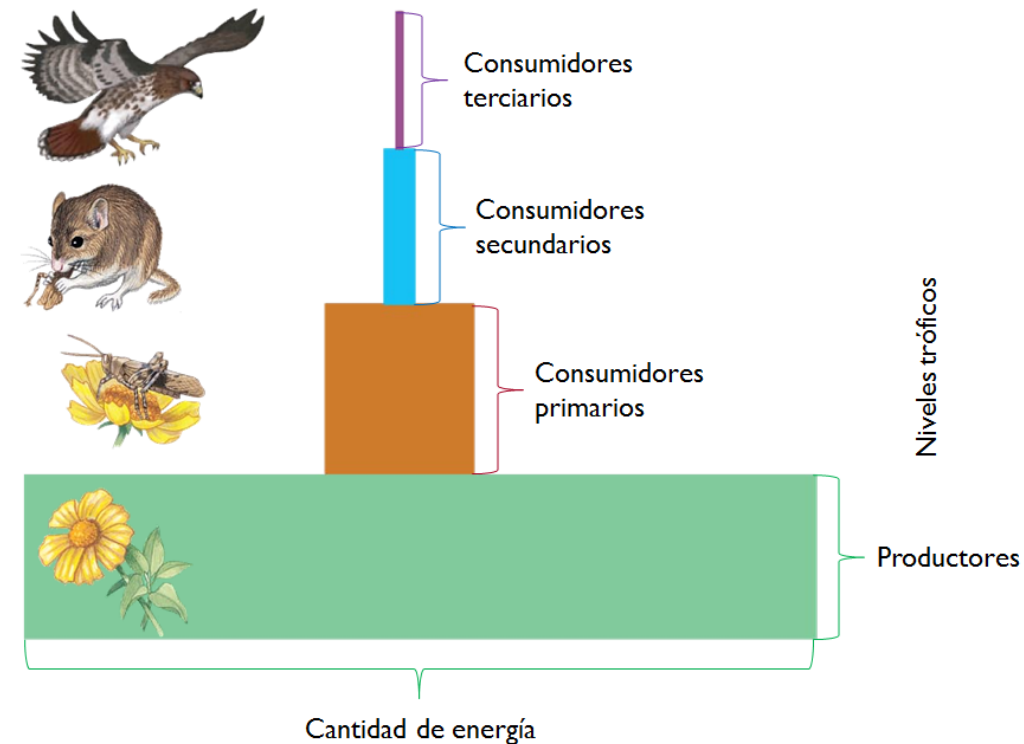
- Aprovechamiento de energía y productividad de un ecosistema
  - La biomasa que puede ser mantenida por una corriente continua de energía depende del **tamaño** de los organismos
    - Los organismos pequeños respiran más rápido → desaprovechan más energía (“queman” más)
    - Los organismos grandes respiran más lento → desaprovechan menos energía y acumulan más biomasa



En los niveles tróficos bajos disponen de más energía → hay mayor número de individuos pero de menor tamaño

## 2.2. MATERIA Y ENERGÍA EN LOS ECOSISTEMAS

- **Pirámides ecológicas:** gráfico que representa la cantidad de una variable determinada contenida en cada uno de los niveles tróficos de un ecosistema
  - Permiten estimar el funcionamiento del ecosistema en términos de materia y energía → cantidad de materia y energía que pasa de un nivel trófico a otro (variables relacionadas entre si)

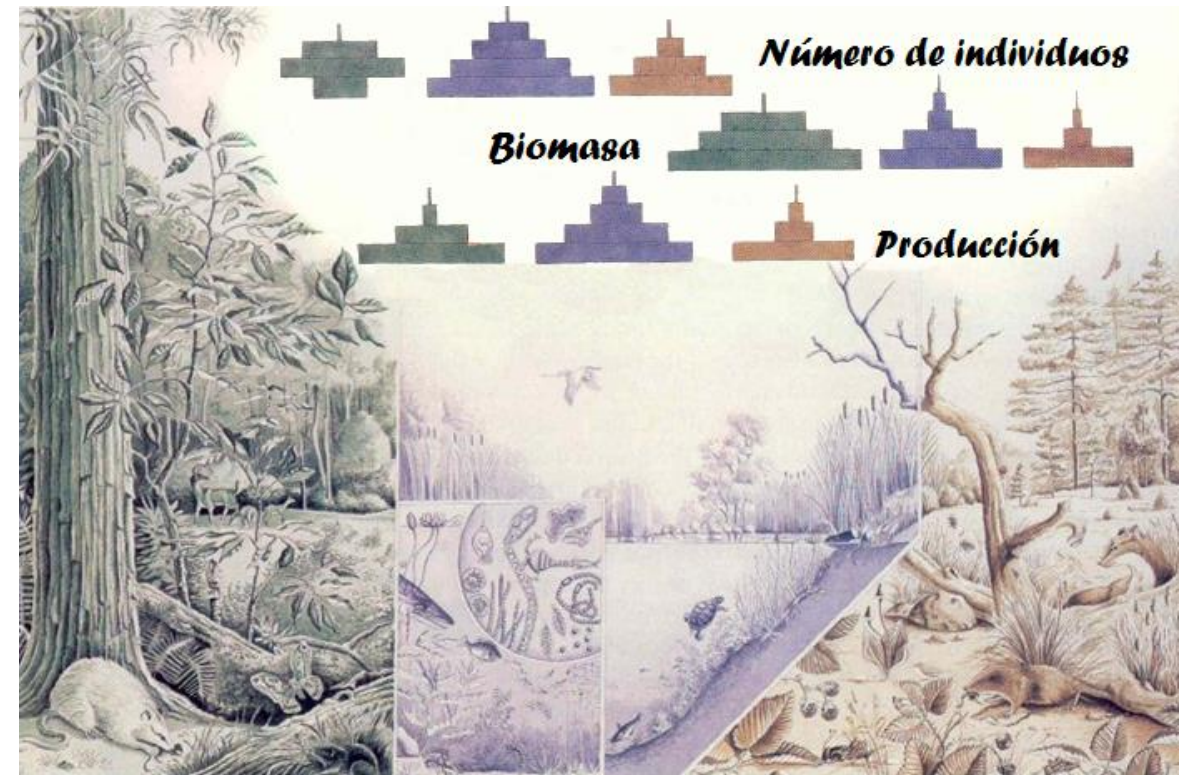


- Pirámide **trófica:** cantidad de materia orgánica (biomasa) o de energía contenida en cada nivel trófico
  - Ecosistemas **terrestres** y de aguas someras → pirámide normal (base amplia de productores)
  - Ecosistemas **acuáticos** (aguas profundas) → pirámide invertida (autótrofos microscópicos, poca biomasa en los primeros niveles)

## 2.2. MATERIA Y ENERGÍA EN LOS ECOSISTEMAS

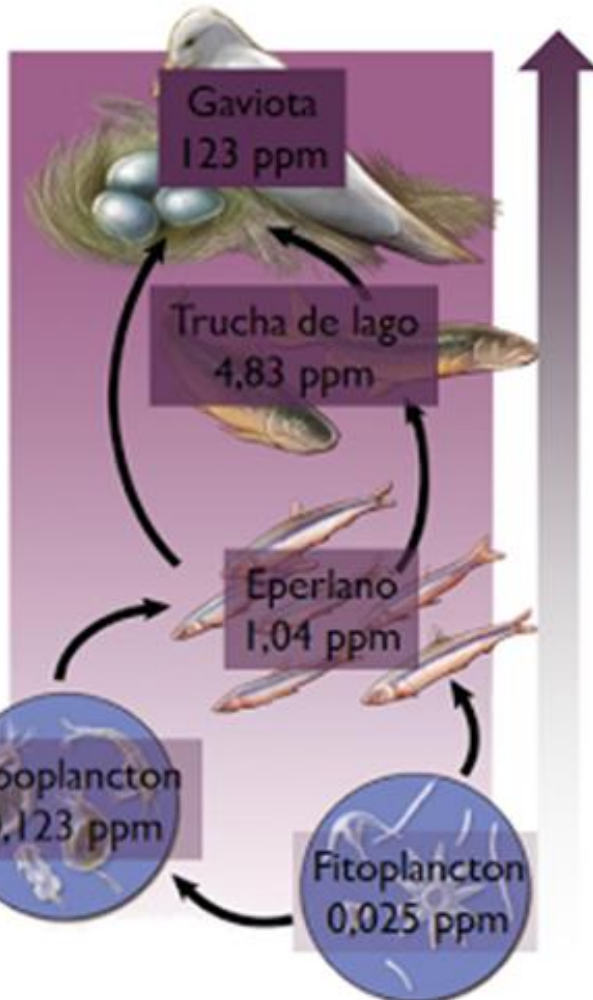
### • Pirámides ecológicas

- Pirámide de **producción**: cantidad de materia orgánica generada en cada nivel trófico en un tiempo determinado → permiten conocer lo rápido que funciona el ecosistema: los ecosistemas jóvenes aumentan su biomasa mucho más rápido que los maduros
- Pirámide de **individuos**: nº de individuos en los niveles tróficos (no suelen utilizarse por no ser muy indicativo al existir tanta variedad de tamaños entre especies)



## 2.2. MATERIA Y ENERGÍA EN LOS ECOSISTEMAS

- Acumulación de **tóxicos** ambientales



- Algunas sustancias liberadas por el ser humano en el medio ambiente resultan tóxicas para muchos organismos (metales, productos químicos...)
- Cuando los seres vivos ingieren estas sustancias, su organismo intenta eliminarlas; si no lo consigue, se **acumulan** en algunos órganos o tejidos, como el hígado o los tejidos grasos
  - Los organismos situados en los niveles más altos de las redes tróficas consumen una mayor proporción de tóxico, porque ingieren todo lo que se ha acumulado en los organismos que les sirven de alimento → **amplificación biológica**
  - Los depredadores están más afectados por la contaminación, aunque no se hayan nutrido directamente de la sustancia tóxica

El ser humano (situado en un nivel alto de las redes tróficas) sufre considerablemente este efecto de acumulación de tóxicos

## 2.3. INTERACCIONES BIOLÓGICAS

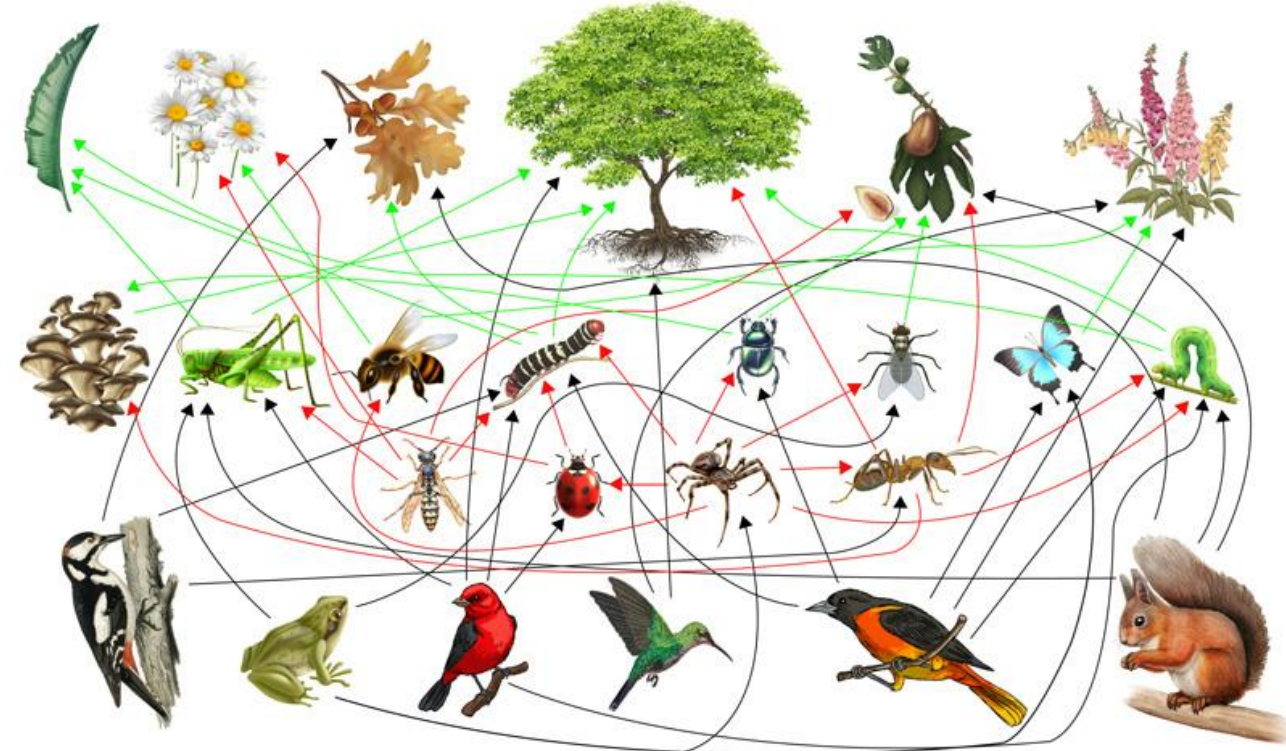
- **Interacciones biológicas** → las poblaciones de una comunidad (biocenosis) interactúan localmente de diversas maneras
  - **Nicho ecológico:** estrategia de supervivencia utilizada por una especie, que incluye la forma de alimentarse, de competir con otras especies, de cazar, de evitar ser cazada, de reproducirse...
    - Conjunto de **características ecológicas** de la especie: hábitat, alimento, lugares de reproducción, resistencia a los factores del medio, relación con otras especies...
    - No se refiere sólo al espacio físico que ocupa el organismo (hábitat), también a su **papel funcional** en la comunidad → por dónde se mueve, qué hace, cómo se relaciona con otras especies, cómo aprovecha y transforma el medio físico, etc.

Nicho = “**oficio**” o “**profesión**” de la especie (hábitat = “dirección”) → papel o rol que desempeña la especie en el ecosistema (fotosintetizadores, polinizadores, distribuidores de semillas, carroñeros, descomponedores de materia orgánica...)

## 2.3. INTERACCIONES BIOLÓGICAS

- **Tipos** de interacciones biológicas

Interacción	Población A	Población B
Neutralismo	0	0
Competencia	-	-
Depredación	+	-
Mutualismo	+	+
Comensalismo	+	0
Parasitismo	+	-



- **Neutralismo:** inexistencia de interacción entre 2 poblaciones → los individuos de una especie no se ven afectados por los de la otra, ni recíprocamente
  - Puede ocurrir entre poblaciones muy alejadas espacial y/o metabólicamente, en ambientes extremos y en espacios con baja densidad poblacional

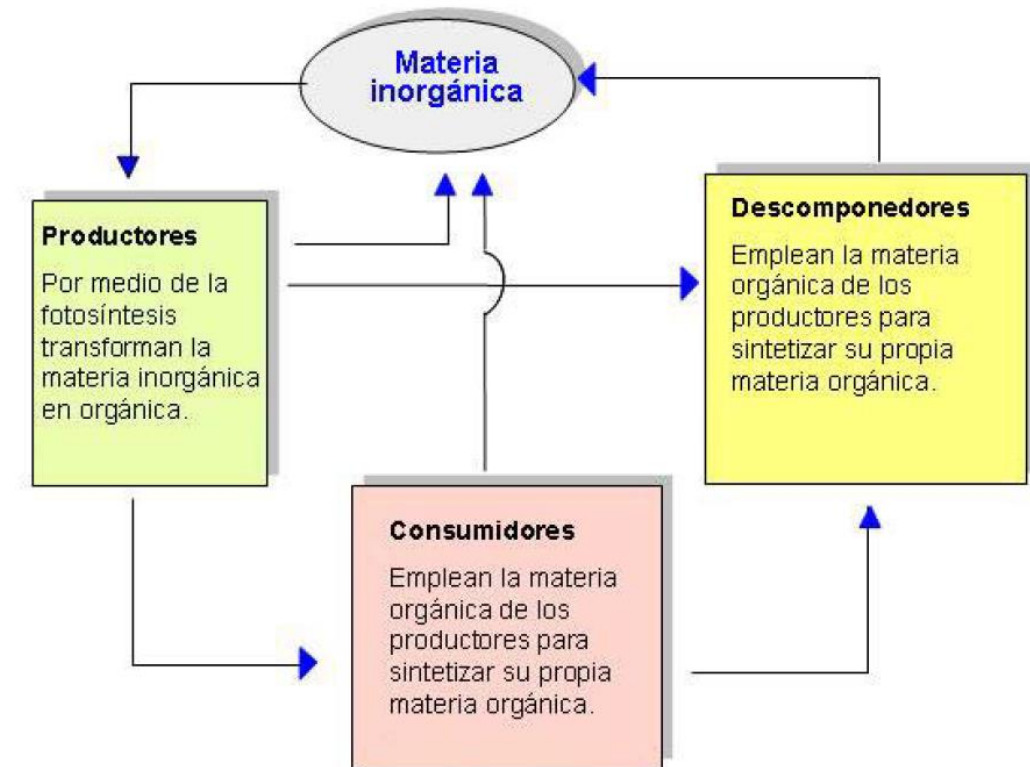
Siempre existirá alguna relación entre especies que comparten hábitat (complejas interrelaciones en el ecosistema)

## 2.3. INTERACCIONES BIOLÓGICAS

- **Competencia:** varias especies que requieren recursos similares del ecosistema (alimento, nutrientes, agua, espacio...) y compiten por ellos por ser insuficientes
  - Cuando el nicho ecológico de dos especies en un ecosistema es muy parecido, se desencadena el fenómeno de competencia interespecífica, hasta que una especie pase a ser la dominante o elimine a su competidora → se alcanza un equilibrio ecológico
  - Competencia intraespecífica → la que se da entre individuos de la misma especie por los recursos
  - Introducción de **especies exóticas** → pueden entrar en competencia por un nicho ecológico con especies autóctonas; si se produce un desplazamiento de la especie autóctona, puede darse una plaga de la especie exótica que suponga un desequilibrio en el ecosistema
- **Depredación:** un organismo satisface sus necesidades de alimento (materia y energía) a expensas de otro
- **Mutualismo:** asociación de organismos de especies diferentes para beneficiarse mutuamente en su desarrollo vital (les da ventajas frente a su desarrollo por separado)
- **Comensalismo:** asociación de organismos de especies diferentes en la que una especie se beneficia en su desarrollo vital, mientras que la otra no resulta perjudicada
- **Parasitismo:** Asociación de organismos de especies diferentes en la que un organismo (parásito) se beneficia en su desarrollo vital a costa de otro (huésped) que resulta perjudicado

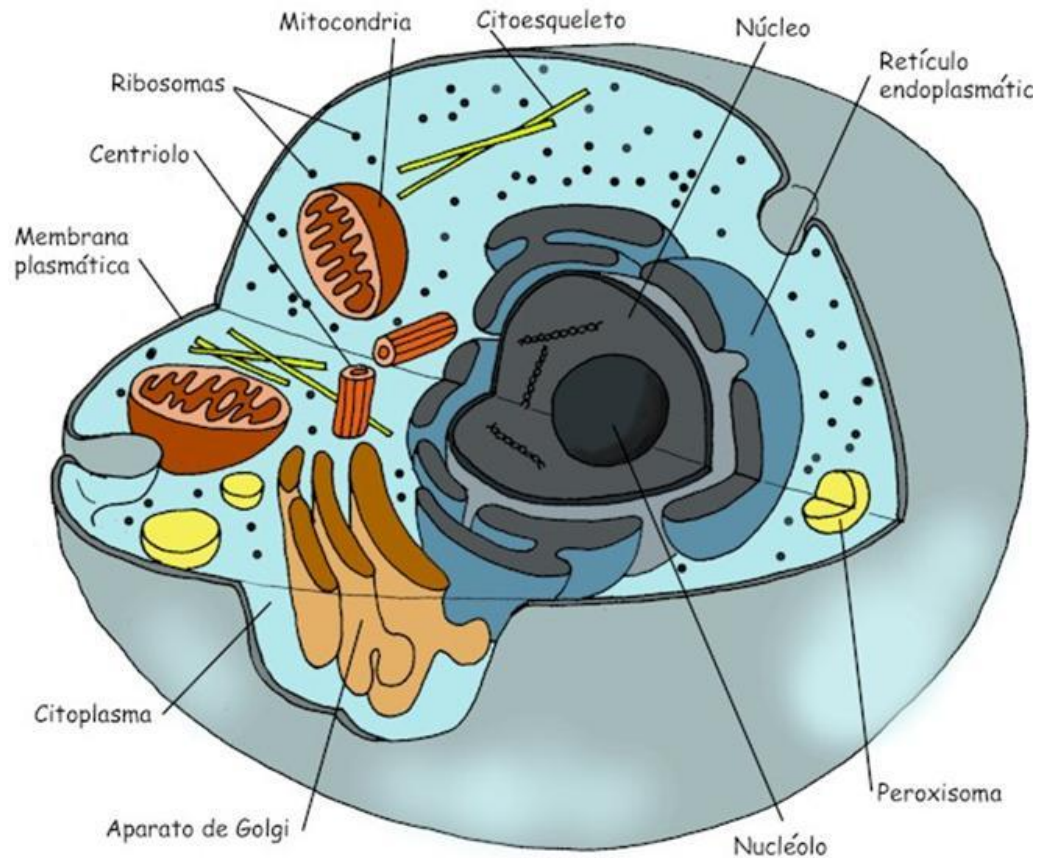
- **Microorganismos** → seres ubicuos implicados en todos los procesos de degradación y reciclado de la materia
  - Gran **diversidad** metabólica y **plasticidad** ecológica → actores principales de los ecosistemas y de la Ing. Sanitaria y Ambiental
  - Papel fundamental en la **transformación de materia** → crean materia orgánica a partir de inorgánica (45-50% producción primaria debida a microorganismos)

A diferencia de las plantas y animales, tienen una **organización biológica elemental** → la mayoría son unicelulares, aunque algunos son multicelulares



- **Célula** → componente básico de los seres vivos

- Muy similares unas a otras, excepto en su constitución del núcleo y en los órganos externos de locomoción (flagelos, pestañas...)



- **Ácidos nucleicos** → producto hereditario necesario para la reproducción

- **ARN** (ácido ribonucleico): síntesis de proteínas; se encuentra en el citoplasma
- **ADN** (ácido desoxirribonucleico): información genética; se encuentra en el núcleo

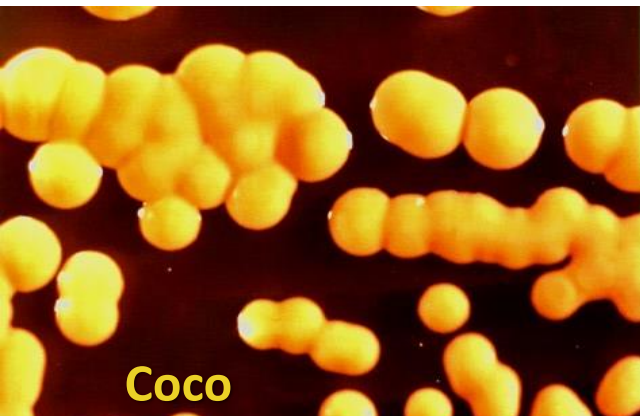
**Síntesis** de nueva materia celular → se necesita energía, C (biomasa) y elementos inorgánicos a nivel de trazas (N, P, S, K...)



## 3.1. TIPOS DE MICROORGANISMOS

### • Procariotas

- Organismos **unicelulares**, células muy sencillas **sin núcleo**
- Se encuentran en todos los ecosistemas, grupo muy numeroso y con características muy diversas
- Grupos de procariotas:
  - **Arqueas** (Archaea o arqueobacterias): engloba a los organismos más antiguos del planeta
  - **Bacterias**: gran mayoría de las procariotas actuales
- **Formas** de las bacterias:



## 3.1. TIPOS DE MICROORGANISMOS

### • Bacterias

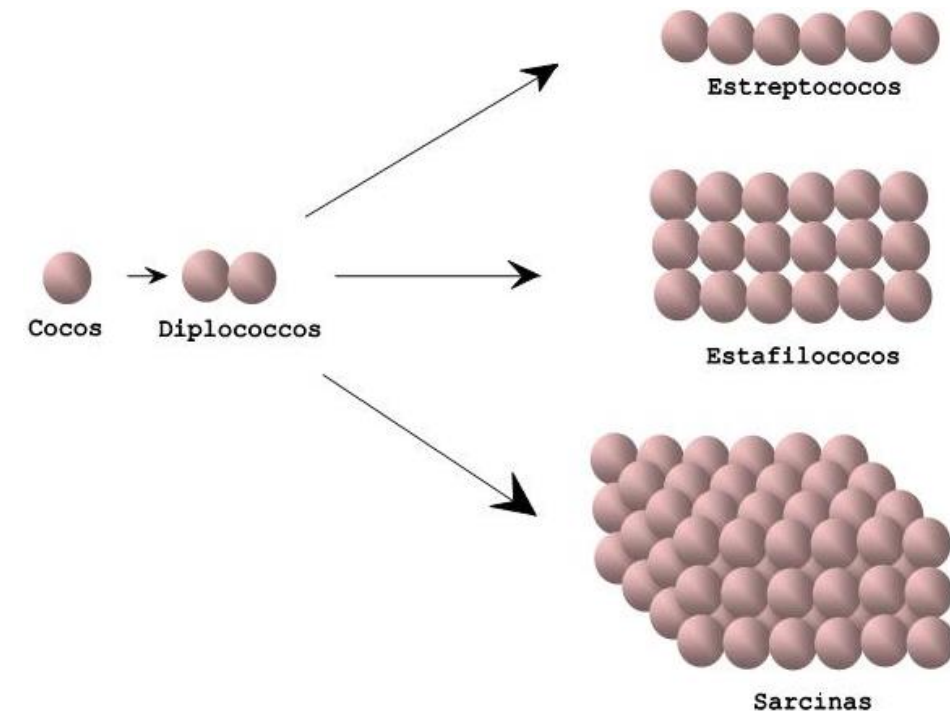
- Consumen alimentos solubles → se encuentran donde haya alimento (materia) y humedad

- **Tamaño** muy variable según especie:

- Esféricas (coco): 0,5-1  $\mu\text{m}$
- Cilíndricas (bacilo): anchura 0,5-1  $\mu\text{m}$ , longitud 1,5-3  $\mu\text{m}$
- Helicoidales (espirilo): anchura 0,5-5  $\mu\text{m}$ , longitud 6-15  $\mu\text{m}$

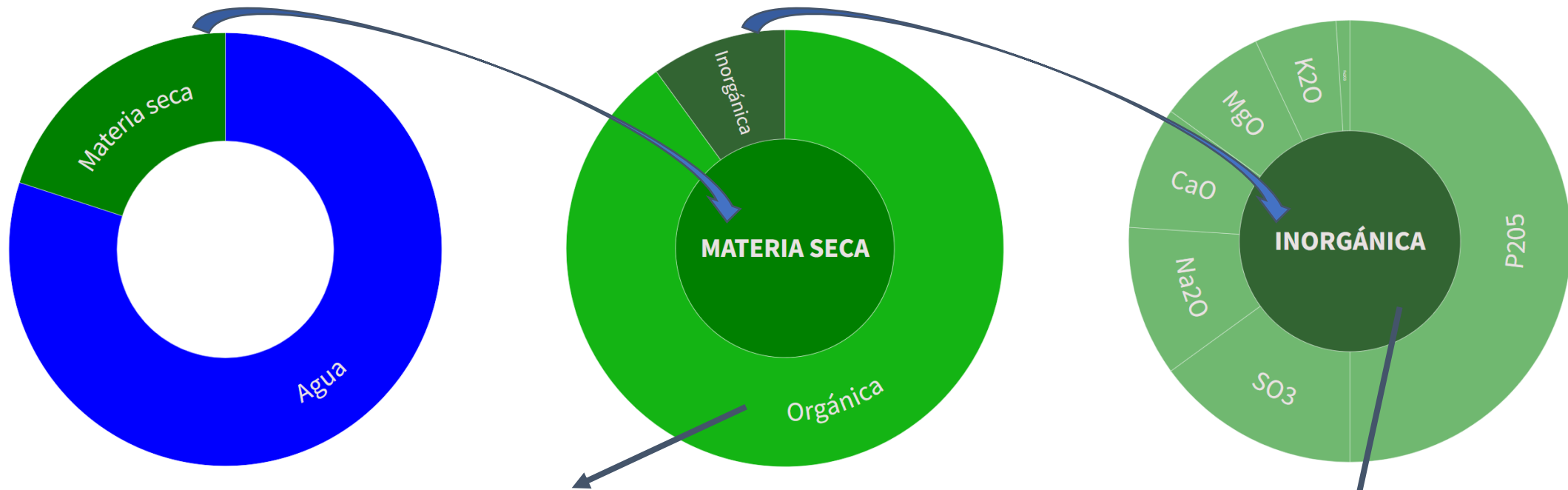
- Pueden encontrarse como individuos sueltos o formando **colonias**:

- **Diplococos**: bacterias redondeadas, agrupadas de 2 en 2
- **Diplobacilos**: bacterias alargadas, agrupadas de 2 en 2
- **Estreptococos**: cordones de bacterias redondeadas
- **Estafilococos**: masas laminares de bacterias redondeadas
- **Sarcinas**: conglomerados tridimensionales de bacterias redondeadas



## 3.1. TIPOS DE MICROORGANISMOS

- **Composición de las bacterias**



$C_5H_7O_2N$  → el C representa aproximadamente el 50% de la parte orgánica

La falta de cualquiera de estos elementos (P, S, Na, Ca...) puede limitar o alterar el crecimiento de las bacterias

## 3.1. TIPOS DE MICROORGANISMOS

- Tipos de **interacciones biológicas** de las bacterias
  - **Saprófitas**: degradan materia orgánica en descomposición (papel esencial en el ciclo del C)
  - **Simbióticas**: asociadas a otro ser vivo, de forma que se genera un beneficio mutuo (bacterias de la flora intestinal → producen vitamina K)
  - **Comensales**: asociadas a otro ser vivo, sin generarse beneficio ni perjuicio para el hospedador (bacterias que viven sobre nuestra piel → se alimentan de células descamadas)
  - **Parásitas**: sobreviven a expensas de otro ser vivo, al que causan un perjuicio

Aunque algunas bacterias son **patógenas** (causan enfermedades), la mayoría son inocuas o buenas para la salud humana

## 3.1. TIPOS DE MICROORGANISMOS

- Tipos de bacterias
  - Clasificación según **metabolismo** (fuente de C y de energía)

FUENTE DE CARBONO	ENERGÍA UTILIZADA
Autótrofas: la fuente de carbono es inorgánica (CO <sub>2</sub> ).	Fotolitotrofas: la energía utilizada es la <b>luz</b> . (Ejemplo: bacterias purpúreas del azufre).
	Quimiolitotrofas: la energía utilizada es la liberada en <b>reacciones químicas</b> . (Ejemplo: bacterias incoloras del azufre).
Heterótrofas: la fuente de carbono es orgánica	Fotoorganotrofas: la energía utilizada es la <b>luz</b> .
	Quimioorganotrofas: la energía utilizada es la liberada en <b>reacciones químicas</b> . A este grupo pertenecen la mayoría de las bacterias.

Tratamiento de aguas residuales → importancia de las bacterias **heterótrofas** por su necesidad de compuestos orgánicos para la obtención del C celular (reducen la concentración de materia orgánica en el agua)

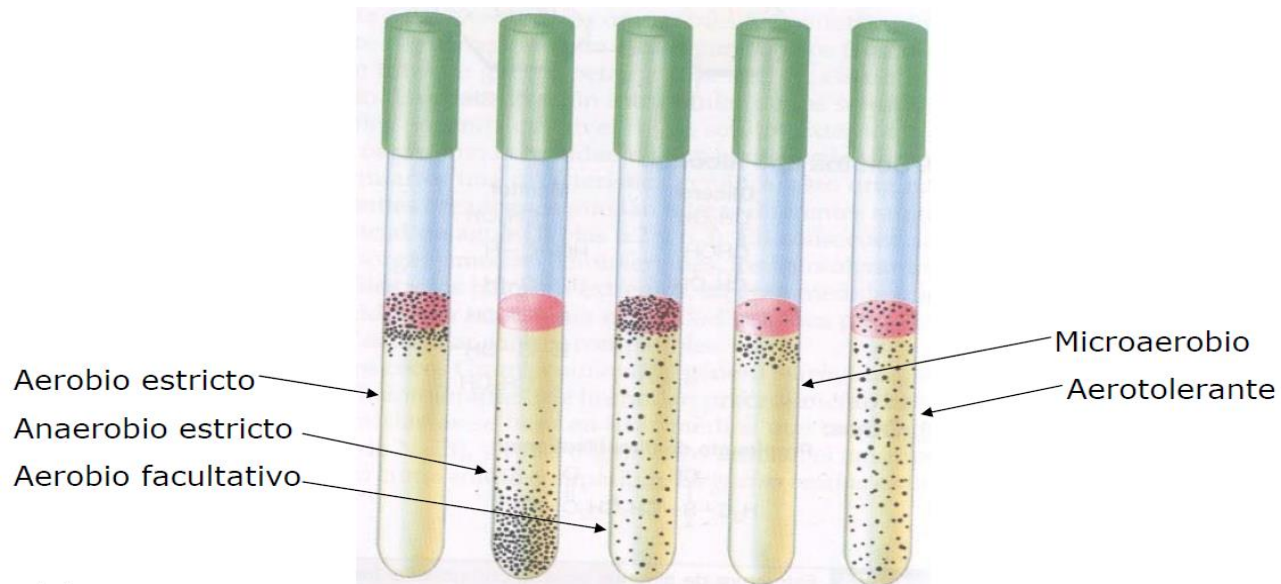
## 3.1. TIPOS DE MICROORGANISMOS

- Tipos de bacterias

- Clasificación según consumo de **oxígeno**

- Aerobias:** necesitan  $O_2$  para su metabolismo, realizan la respiración celular  $\rightarrow$  oxidación de la materia orgánica en presencia de  $O_2$
    - Anaerobias:** no usan  $O_2$  en su actividad biológica, obtienen la energía mediante respiración anaerobia o por fermentación
    - Facultativas:** la presencia de  $O_2$  les es favorable, pero pueden vivir en ambientes con o sin  $O_2$

Tratamiento de aguas residuales  $\rightarrow$  **aerobios / anaerobios**  
(las bacterias que se desarrollen serán distintas y también los procesos de transformación de la materia orgánica)

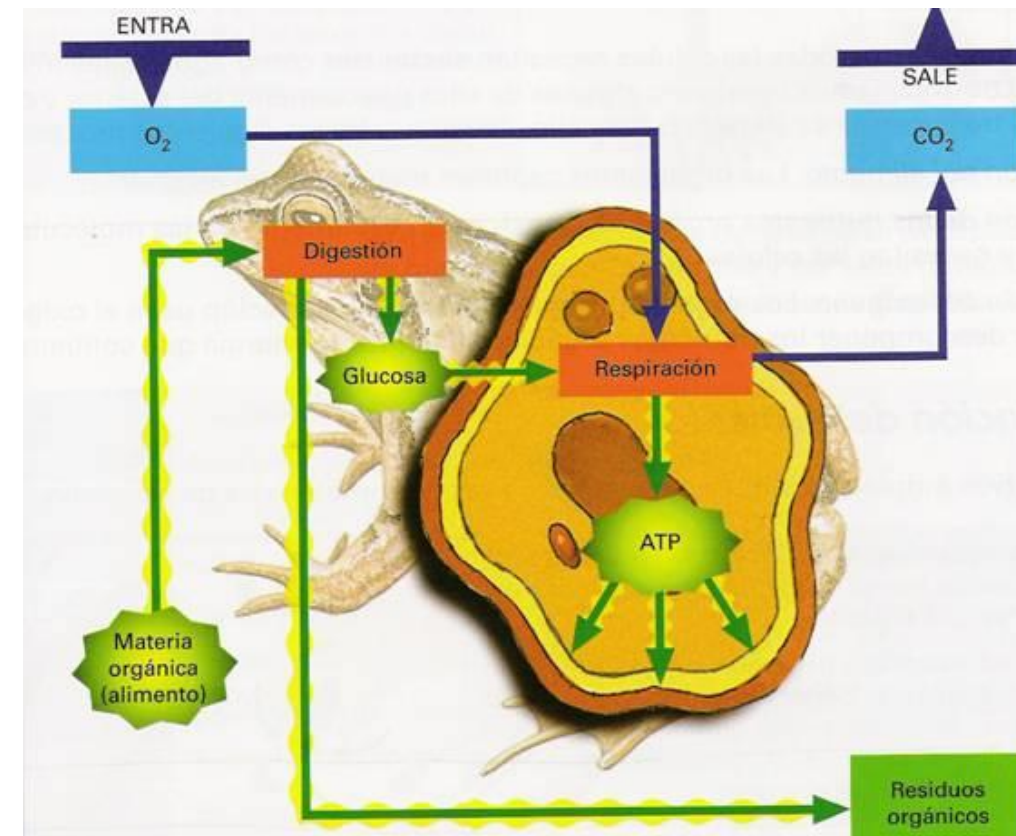


Tipo funcional (según $O_2$ )	Relación con $O_2$	Tipo de metabolismo	Tipo Ambiente
Aerobio estricto	Necesario	Respiración aerobia	Óxico
Aerobio facultativo	Favorable, pero no necesario	Respiración aerobia, anaerobia, fermentación	Óxico o microóxico
Microaerófilo	Necesario, pero a baja tensión	Respiración aerobia	Microóxico
Aerotolerante	Ni necesario, ni favorable	Fermentación o respiración anaerobia	Microóxico o anóxico
Anaerobio estricto	Dañino o letal	Fermentación o respiración anaerobia	Anóxico

## 3.1. TIPOS DE MICROORGANISMOS

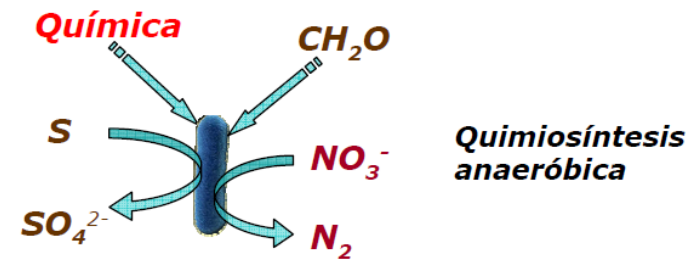
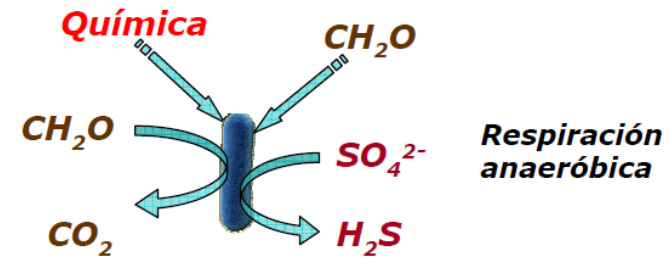
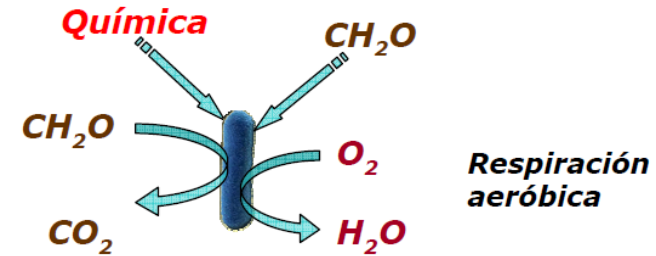
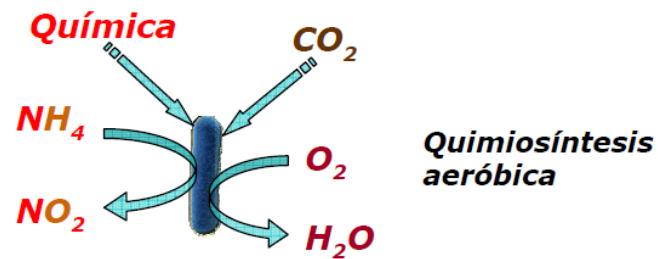
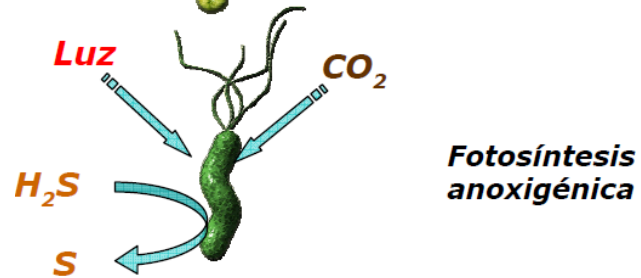
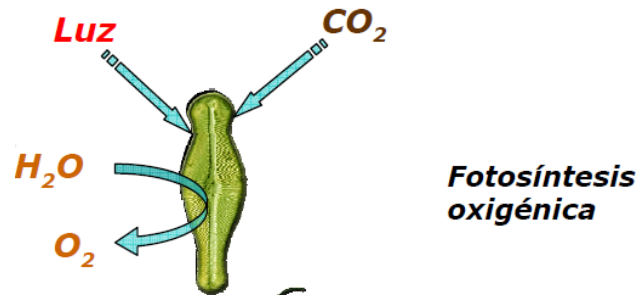
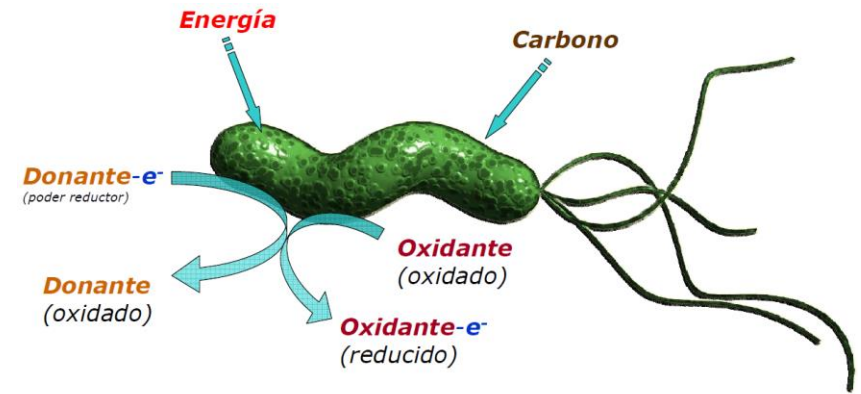
### • Tipos de bacterias

- **Respiración aeróbica:** la oxidación de la materia orgánica (glucosa) libera parte de la energía acumulada, que pasa a las moléculas de ATP
  - La energía se utiliza para realizar las funciones vitales de la célula
  - Se desechan  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ , que salen de la célula (y del ser vivo)
- **Respiración anaeróbica:** en lugar de  $\text{O}_2$ , se utiliza como “aceptor de electrones” otra molécula inorgánica ( $\text{NO}_3$ ,  $\text{SO}_4$ , etc.)
- **Fermentación:** proceso catabólico de oxidación incompleta que no requiere  $\text{O}_2$ , cuyo producto final es un compuesto orgánico



## 3.1. TIPOS DE MICROORGANISMOS

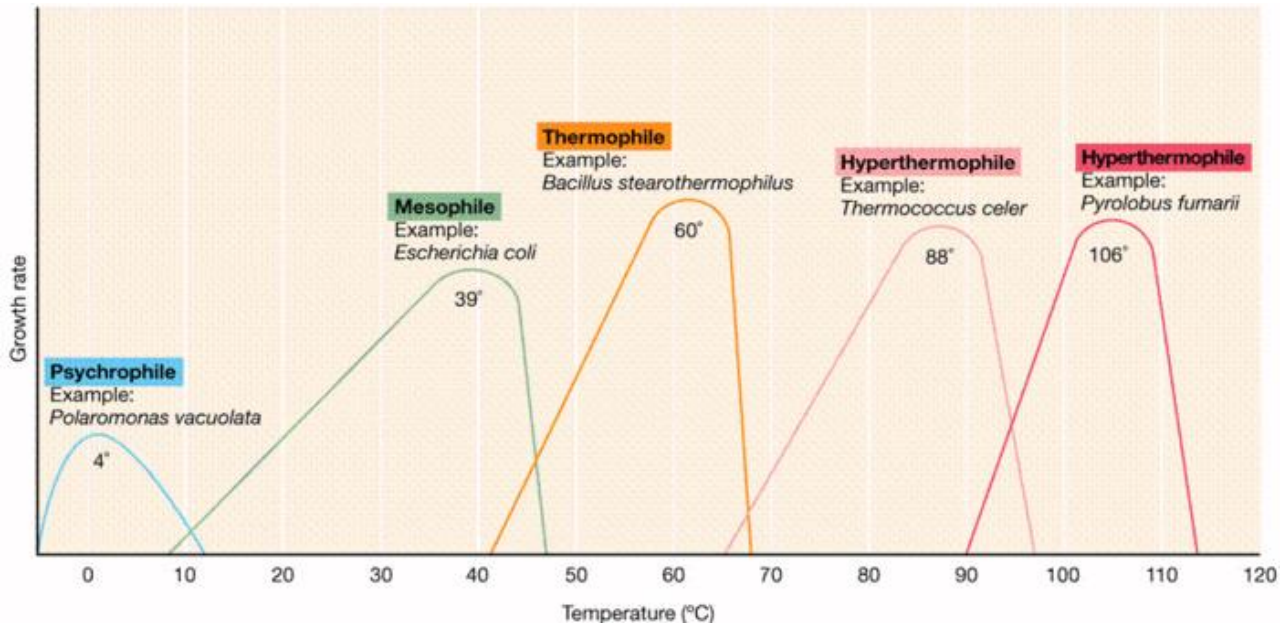
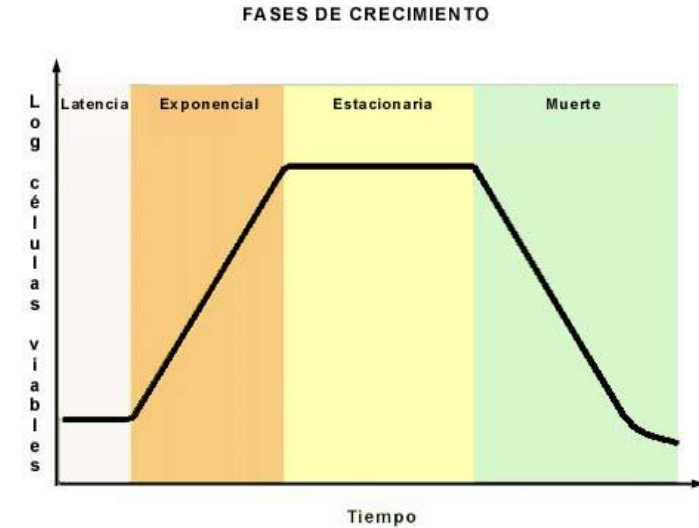
- Métodos de **producción de energía** por organismos vivos



## 3.1. TIPOS DE MICROORGANISMOS

- Factores ambientales que influyen en el desarrollo y muerte de las bacterias

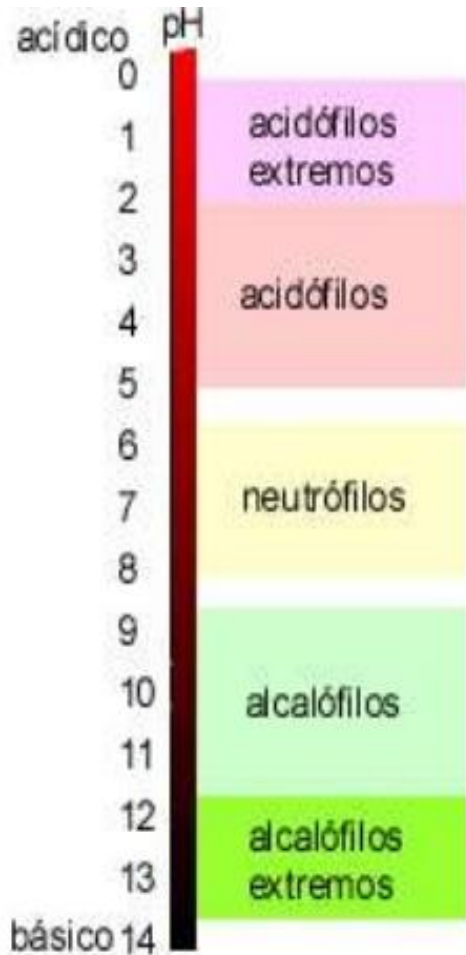
- Temperatura → clasificación de las bacterias según  $T^a$  óptima de desarrollo:



Tipo de bacteria	Rango $T^a$ (°C)	$T^a$ óptima (°C)
Criófilas o psicrófilas	-2 – 12	4
Mesófilas	8 – 45	30 – 40
Termófilas	45 – 75	55 – 65
Hipertermófilas	65 – 113	100 – 106

## 3.1. TIPOS DE MICROORGANISMOS

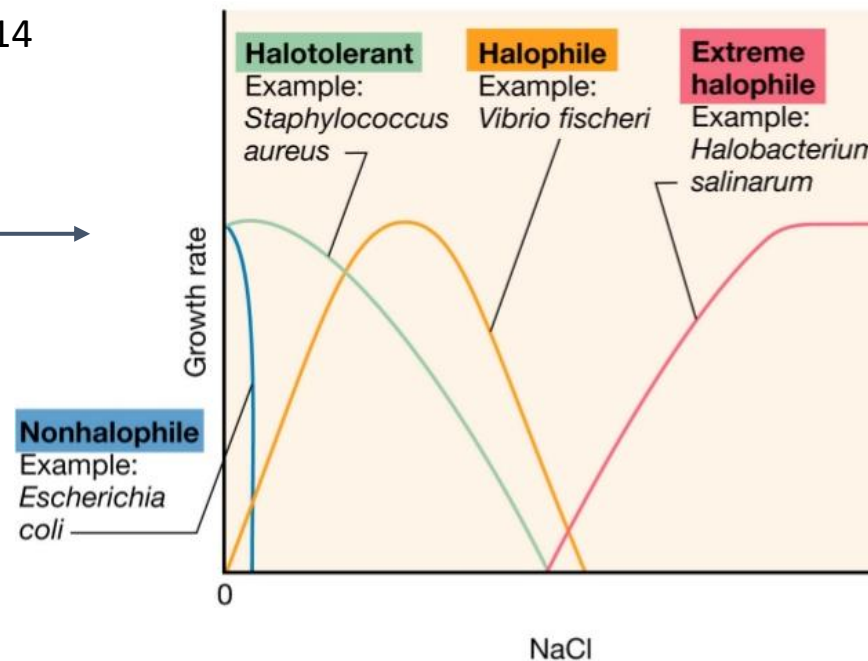
- **Factores ambientales** que influyen en el desarrollo y muerte de las bacterias



- **pH del medio** → en el agua, debe estar entre 4-9,5 (desarrollo óptimo entre 6,5-7,5)

- **Acidófilas:** pH entre 0-5,5
- **Neutrófilas:** pH entre 5,5-8,5
- **Alcalófilas:** pH entre 8,5-14

- **Salinidad** →



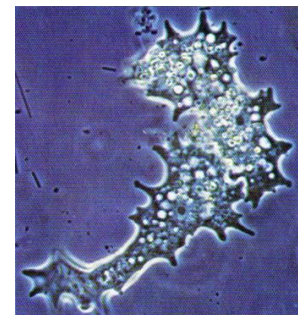
## 3.1. TIPOS DE MICROORGANISMOS

### • Protozoos

- Protistas móviles microscópicos, en su mayoría **unicelulares**
- La mayoría son **heterótrofos** aerobios, pero también los hay anaerobios
- **Tamaño** generalmente mayor que las bacterias (10-100  $\mu\text{m}$ ), de las que se alimentan
- Pueden vivir de forma **parásita** o libremente en **ambientes húmedos** (agua, suelo, plantas, animales)
- **Grupos** principales: flagelados, ciliados, rizópodos, esporozoos

Tratamiento de aguas residuales → importancia de los protozoos para la **depuración de los efluentes** del tratamiento biológico, consumiendo bacterias y partículas orgánicas

Pueden causar enfermedades (**patógenos**): malaria, enfermedad del sueño, mal de Chagas, toxoplasmosis, fiebre negra...



## 3.1. TIPOS DE MICROORGANISMOS

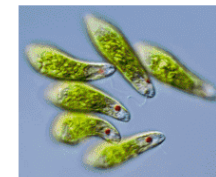
### • Algas



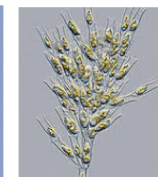
- Eucariotas unicelulares o multicelulares, **autótrofas** y **fotosintéticas** → producen oxígeno de día, lo consumen de noche
- En aguas con algas se produce una importante **variación** del contenido en **O<sub>2</sub>** debido al metabolismo de las algas
- Suelen contar con **flagelos** para poder desplazarse
- Pueden encontrarse de forma unicelular o formando **colonias**
- Para su desarrollo requieren compuestos inorgánicos:

- **Biógenos:** anhídrido carbónico, N y P
- **Oligoelementos:** cobre, hierro, molibdeno...

- **Grupos:** crisófitas, dinoflagelados, clorófitas, euglenófitas...



Pirrífitas



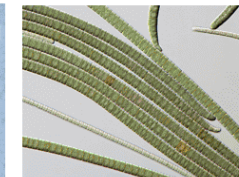
Crisófitas



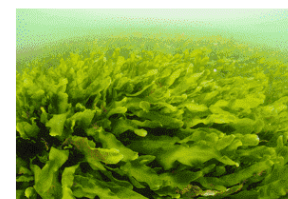
Euglenófitas



Bacilariofitas



Cianofíceas



Clorófitas



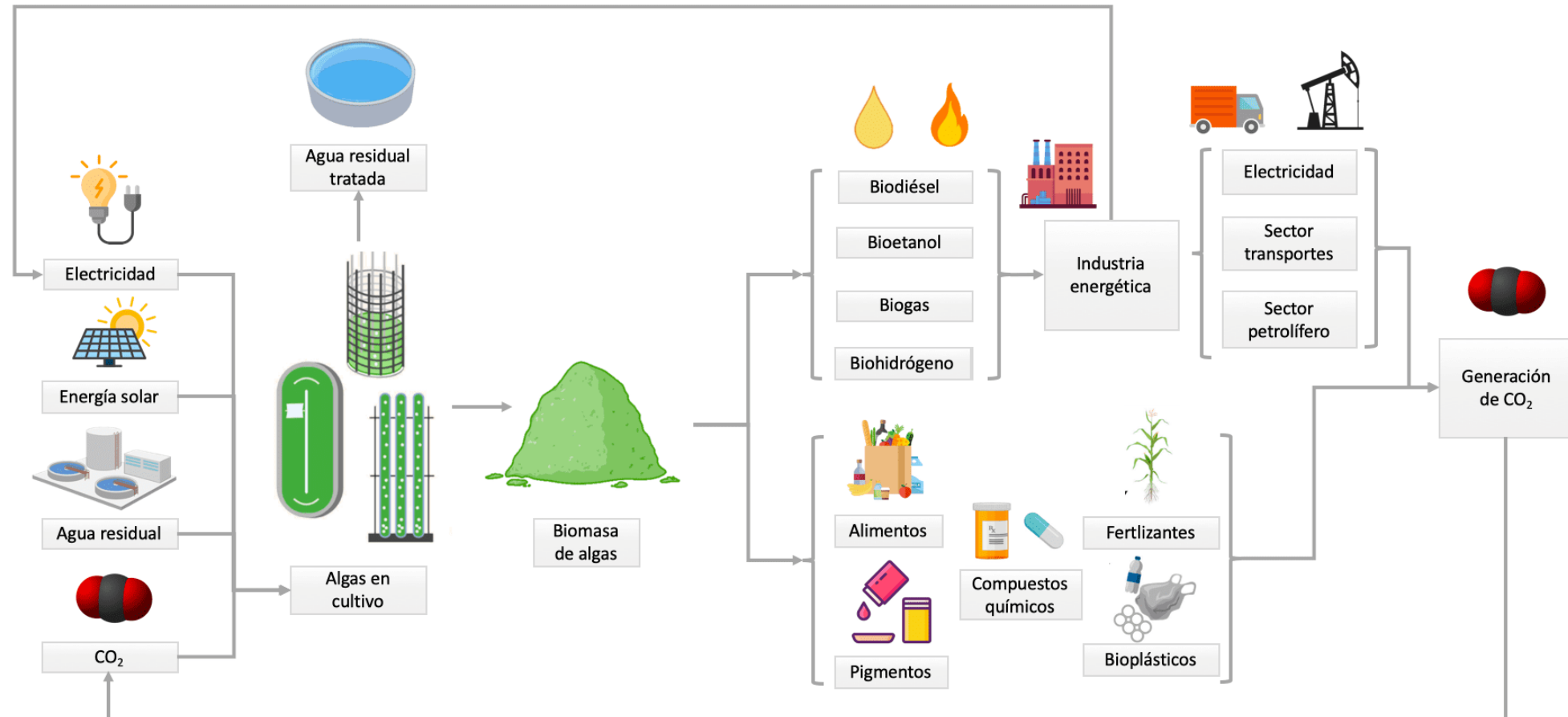
Feófitas



Rodófitas

## 3.1. TIPOS DE MICROORGANISMOS

- Algas

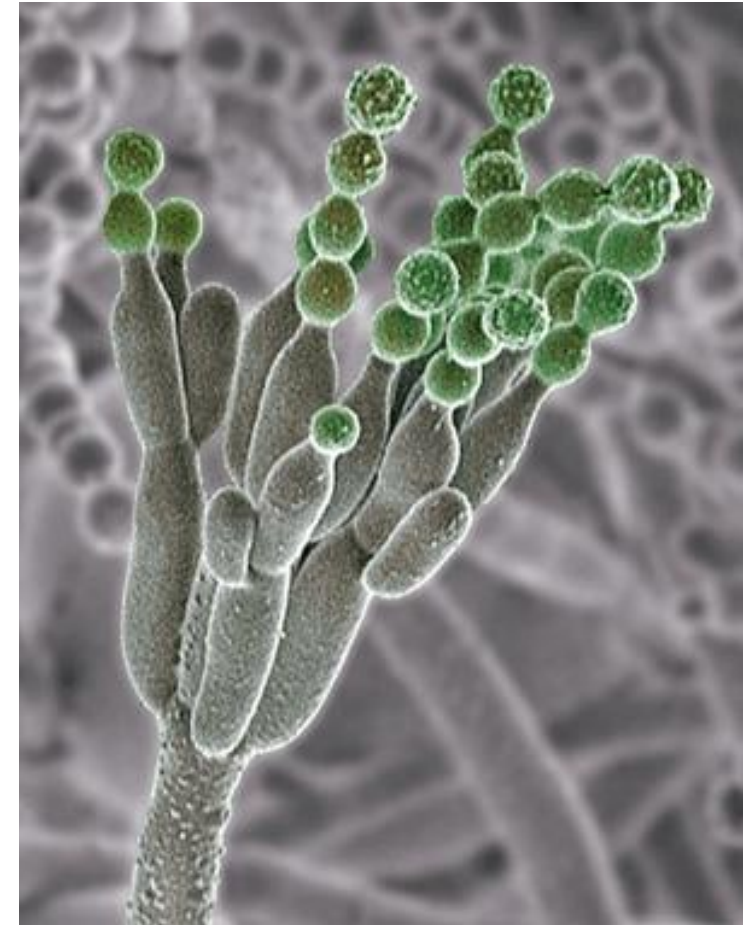


Tratamiento A.R. → **tratamientos extensivos** basados en la capacidad de las algas de absorber materia orgánica y nutrientes

## 3.1. TIPOS DE MICROORGANISMOS

### • Hongos

- Eucariotas multicelulares, **heterótrofos** no fotosintéticos
- Generalmente **aerobios estrictos**, pueden desarrollarse con muy poca humedad
- Demanda de **N** muy baja (aproximadamente la mitad que las bacterias)
- Amplia gama de **pH** (2-9); óptimo para la mayoría de hongos: 5,6

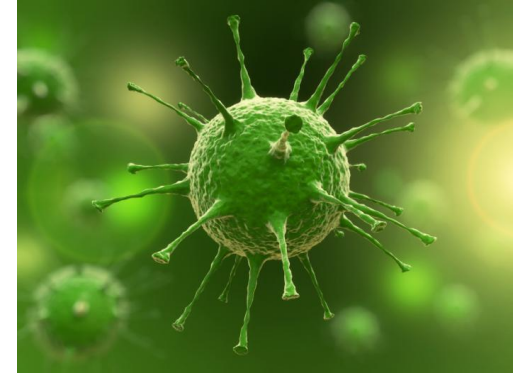


Tratamiento A.R. → importancia de los hongos por su capacidad de desarrollo con pH bajo y poca demanda de O<sub>2</sub>, útil en el tratamiento de A.R. **industriales** (también en la formación de compuestos a partir de residuos sólidos orgánicos)

## 3.1. TIPOS DE MICROORGANISMOS

- **Virus**

- Estructura biológica más pequeña con toda la información necesaria para su reproducción, son acelulares y consisten únicamente en ácido nucleico y proteína (**tamaño**: 0,01-0,3  $\mu\text{m}$ )
- **Reproducción**: se fijan a células y se multiplican hasta que estallan, dispersando los virus para que se fijan a otras células
- Son siempre **parásitos**, no pueden crecer fuera de otro organismo vivo → los **viriones** (virus en fase extracelular) no realizan actividad fisiológica, no utilizan energía ni requieren sintetizar proteínas (estructuras inertes); el ácido nucleico se replica a expensas de la energía de la célula afectada
- Altamente **específicos** en cuanto a huésped y a enfermedad que producen



Tratamiento A.R. → control de la presencia de virus (**patógenos**),  
eliminación antes de vertido a cauce receptor

- **Ciclos biogeoquímicos:** circulación de materia en un ecosistema → pasa de unos componentes a otros (se recicla)
  - La **materia** fluye en el ecosistema de forma cíclica (la energía lo hace unidireccionalmente, con entradas y salidas)
  - Los materiales no pueden ser aportados de forma extraterrestre
  - Las sustancias nunca llegan a una degradación total
  - Los **elementos químicos** que forman parte de los ecosistemas describen en ellos ciclos biogeoquímicos → pasan tanto por componentes bióticos como abióticos (aire, suelo, agua...)

La materia sufre **cambios químicos** que la transforman de unas sustancias a otras, pero los elementos químicos siguen siendo los mismos → se rompen las moléculas, pero no se modifican los átomos que las forman

- **Biógenos o macroelementos:** materiales que son requeridos en grandes cantidades por los organismos
- **Oligoelementos:** requeridos en pequeñas cantidades

# 4. CICLOS BIOGEOQUÍMICOS

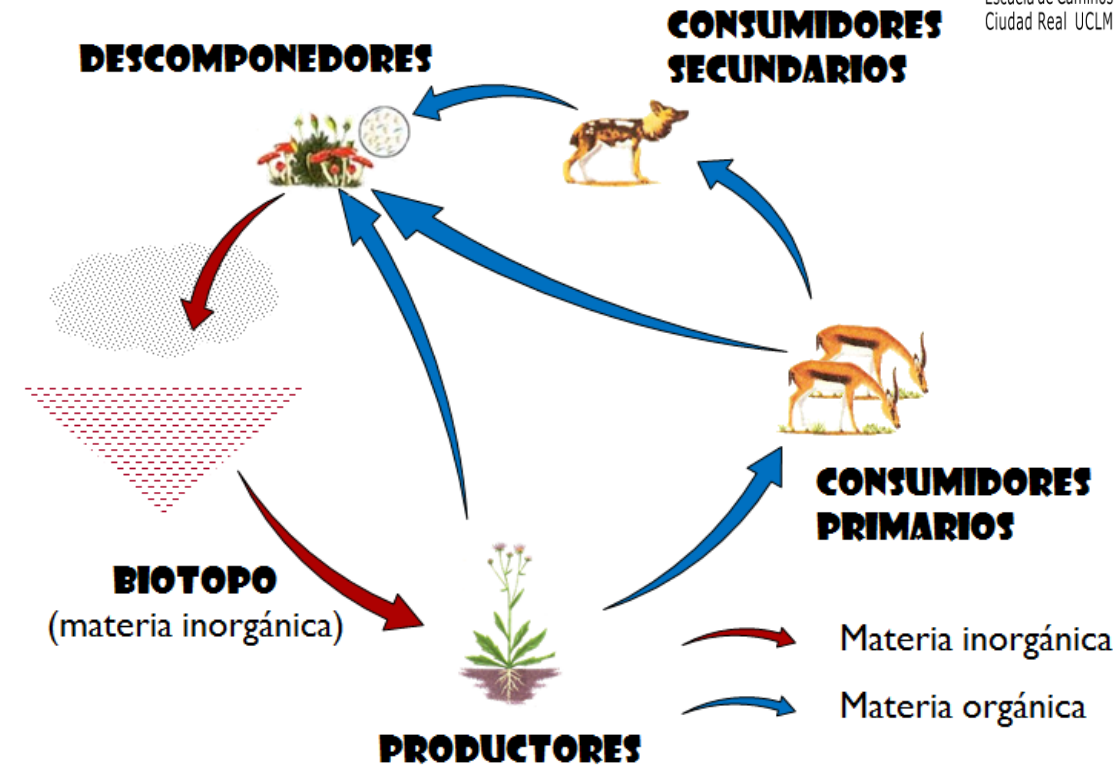
Fase **orgánica** (o biológica) del ciclo: flujo de nutrientes o biomasa en la cadena trófica

Fase **inorgánica** (o geológica) del ciclo: flujo por la parte abiótica

Pozo de **intercambio**: materia en la fase orgánica

Pozo **depósito**: materia en la fase inorgánica

El flujo en la fase orgánica es más rápido que en la inorgánica → este resulta el **limitante** para la disponibilidad de los elementos químicos



## • Tipos de ciclo (según pozo depósito)

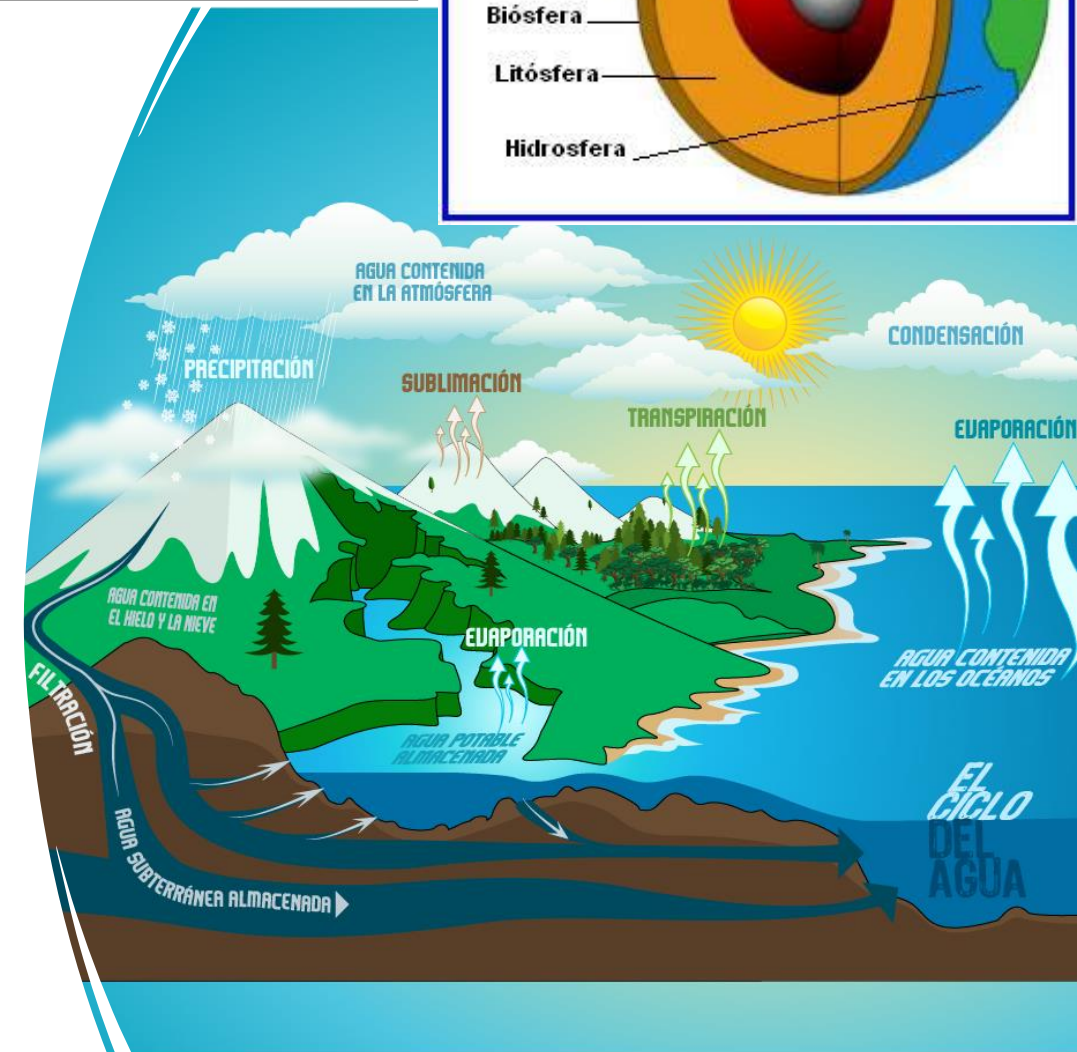
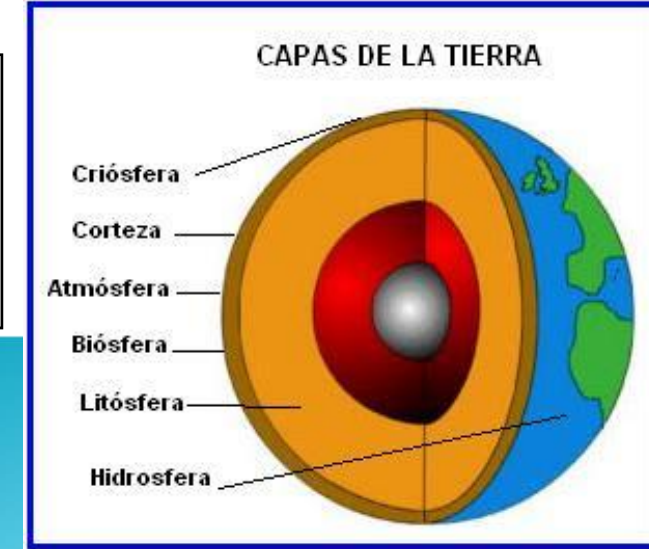
- Ciclo **gaseoso**: el pozo depósito se encuentra en la atmósfera o en la hidrosfera (ciclo del N)
- Ciclo **sedimentario**: el pozo depósito se encuentra en la corteza terrestre (ciclo del P)
  - Más rápidos e irregulares → desvío de materia hacia sedimentos profundos que vuelve a ser accesible en el pozo depósito de forma lenta e incontrolada (*vulcanismo*)
  - El ser humano altera los ciclos convirtiéndolos en abiertos y acíclicos (*fertilizantes para el cultivo, extracción de materiales profundos, emisiones gaseosas en el transporte...*)

# 4. CICLOS BIOGEOQUÍMICOS

## 4.1. CICLO DEL AGUA

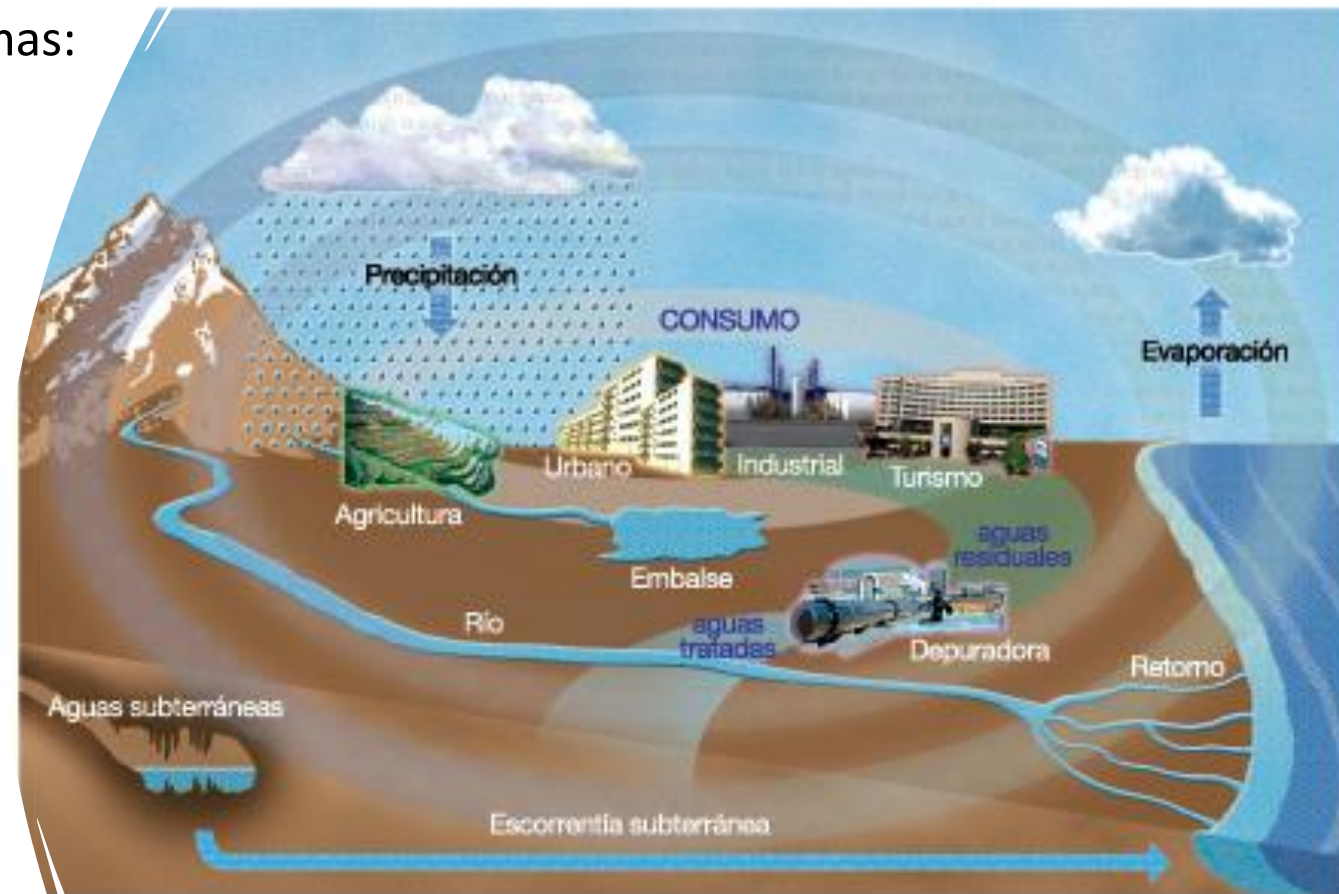
- **Agua** ( $H_2O$ ) → elemento imprescindible para la vida
  - **Componente** que en mayor proporción interviene en la biomasa de los seres vivos
  - **Medio** en el que se desarrollan la mayoría de reacciones bioquímicas → ambiente de los organismos acuáticos (mares, ríos, lagos, embalses, humedales...)
  - En los ecosistemas terrestres es un compuesto **limitante**
  - Movimientos del agua → **fuerzas físicas**: evaporación, sublimación, condensación, precipitación, escorrentía, infiltración y transpiración (físico-química)
    - Parte del agua que precipita en los continentes procede del mar → mantiene la **productividad** de los ecosistemas terrestres

**Estados físicos:** líquido, sólido y gaseoso → presente en la atmósfera, hidrosfera y litosfera



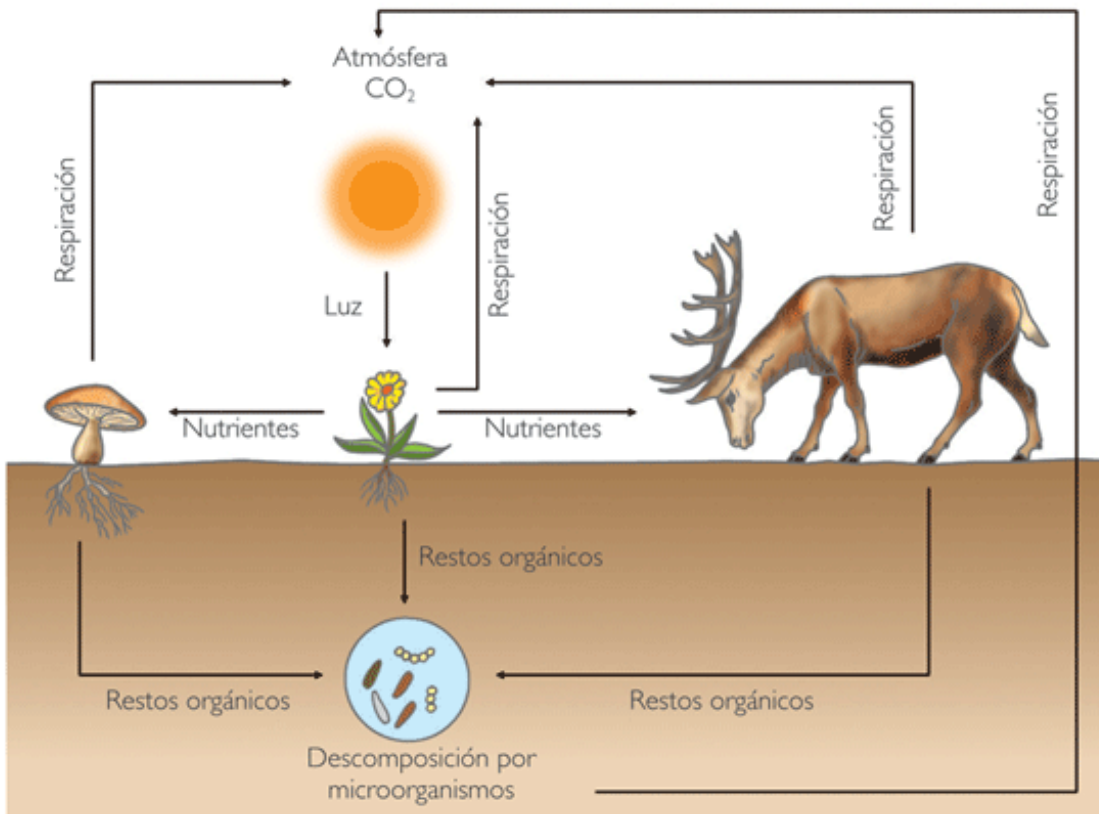
## 4.1. CICLO DEL AGUA

- **Intervención antrópica** → las actividades humanas alteran el ciclo natural del agua de múltiples formas:
  - Consumo → sobreexplotación (agua superficial y subterránea)
  - Almacenamiento
  - Alteración del régimen hídrico
  - Impermeabilización de superficies → infiltración
  - Contaminación
  - Cambio climático
  - Deforestación → escorrentía
  - ...



## 4.2. CICLO DEL CARBONO

- **Carbono (C)**: elemento fundamental para la vida, **biógeno**
  - Constituye el esqueleto de las moléculas biológicas, formando cadenas largas
  - Ciclo **gaseoso** con depósito atmosférico principalmente (también en la biomasa y en rocas carbonatadas)

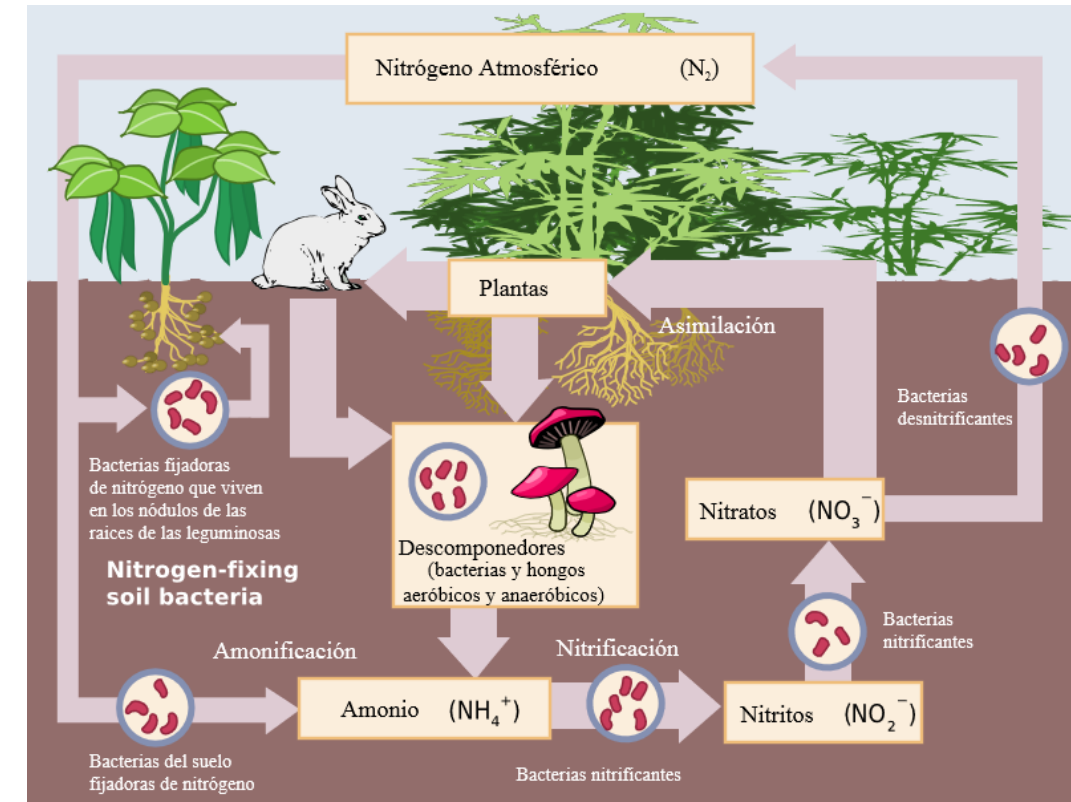
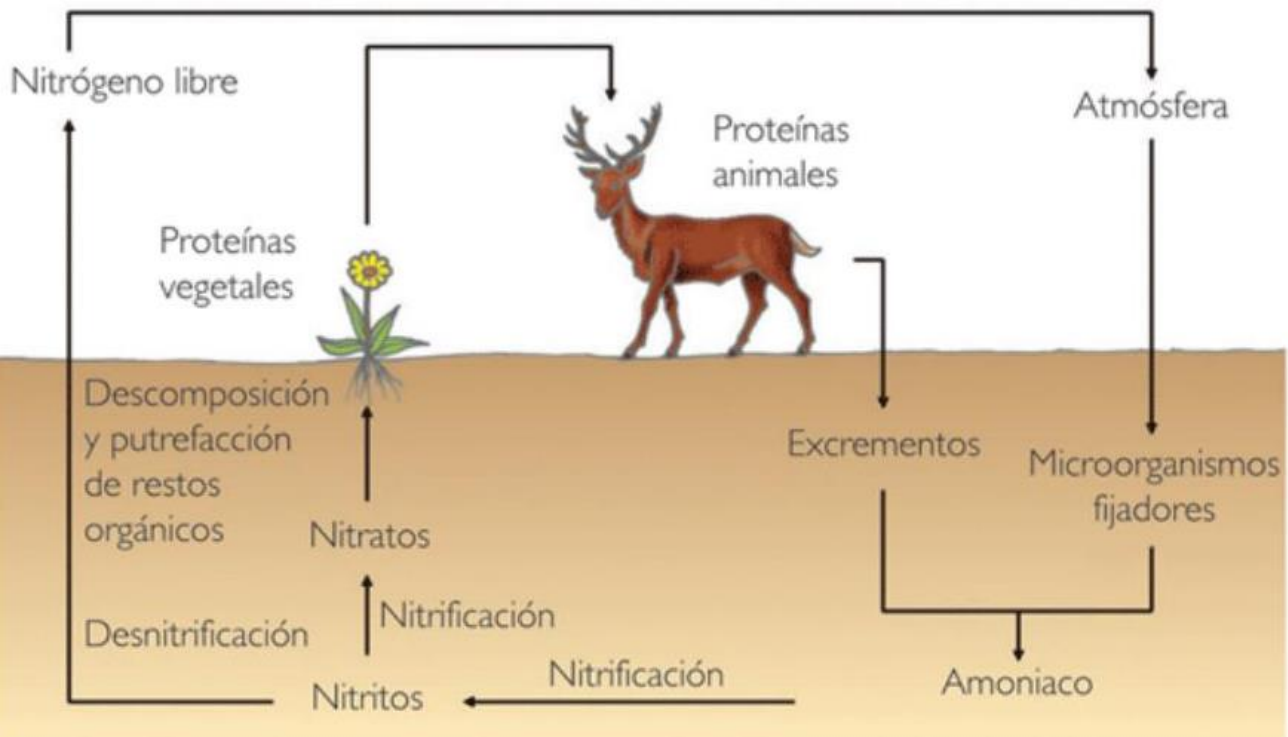


- **Fase orgánica** sencilla → buen ajuste entre fotosíntesis y respiración
- Intercambios de  $\text{CO}_2$  entre la atmósfera y los océanos, según la abundancia en cada uno



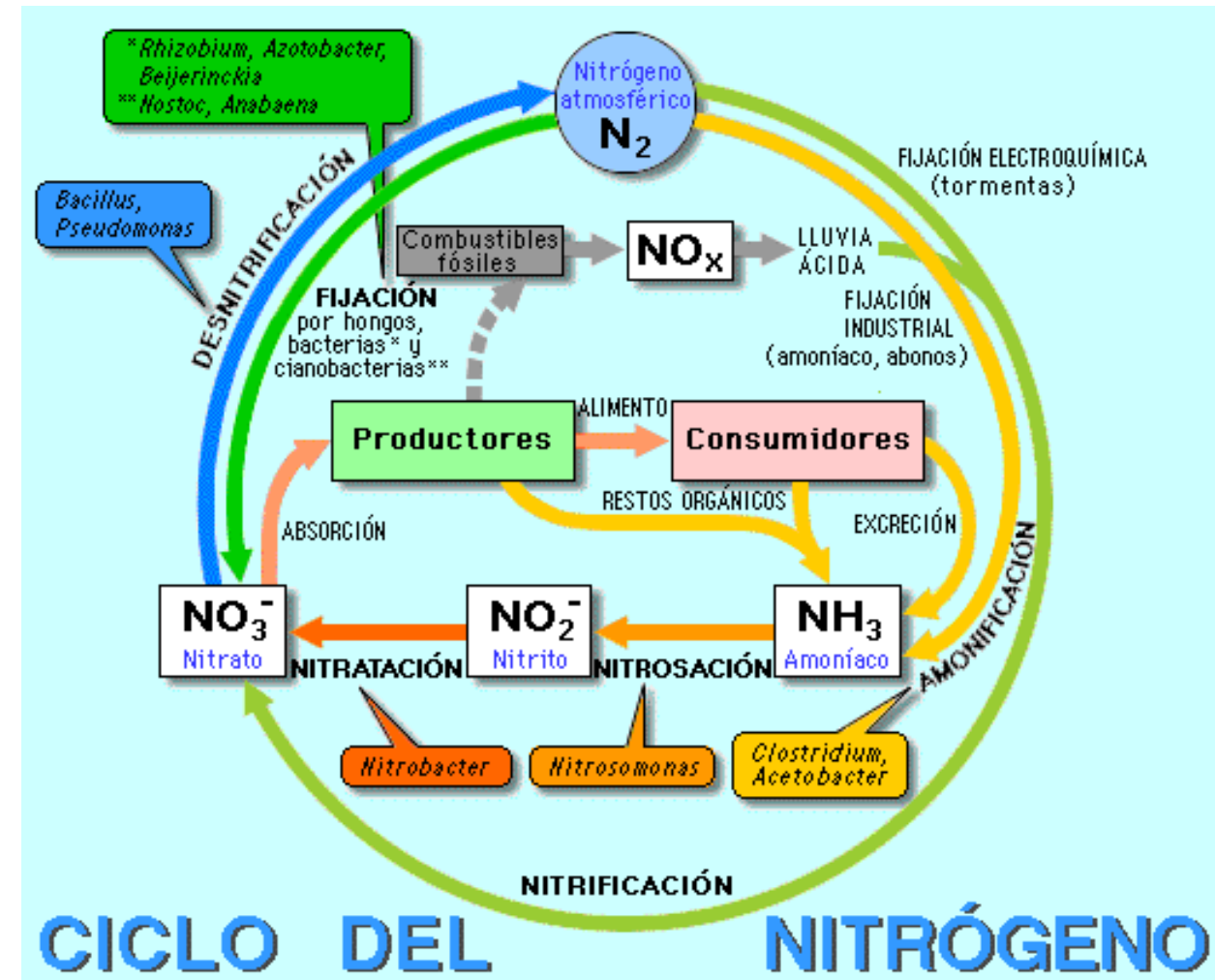
## 4.3. CICLO DEL NITRÓGENO

- Nitrógeno (N): elemento fundamental para la vida, **biógeno**
  - Principal constituyente de las proteínas
  - Ciclo **gaseoso** con depósito atmosférico principalmente
  - Ciclo **complejo**, con intervención biológica intensa



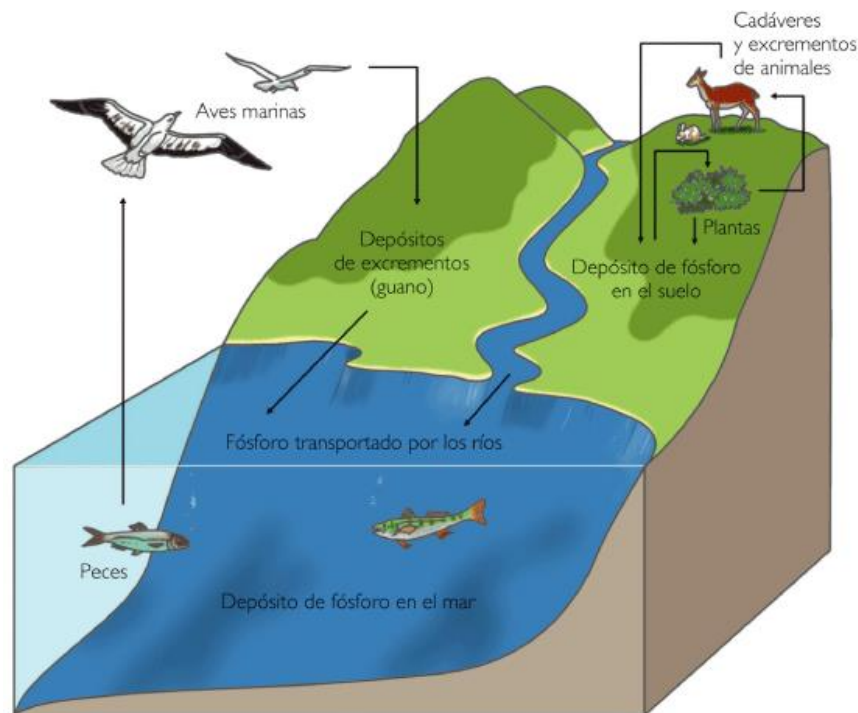
## 4.3. CICLO DEL NITRÓGENO

- Procesos:
  - **Fijación** del  $N_2$ : atmosférica (minoritaria) o biológica → microorganismos transforman el  $N_2$  en  $NO_2$  y  $NO_3$
  - **Amonificación**: el N orgánico (restos) se convierte en amoniaco ( $NH_3$ )
  - **Nitrificación**: oxidación del  $NH_3$  a  $NO_3$  con liberación de energía, en dos fases:
    - Nitrosación:  $NH_3 \rightarrow NO_2$
    - Nitratación:  $NO_2 \rightarrow NO_3$
  - **Desnitrificación**: reducción del  $NO_3$  a  $N_2$  (vuelta a la atmósfera)



## 4.4. CICLO DEL FÓSFORO

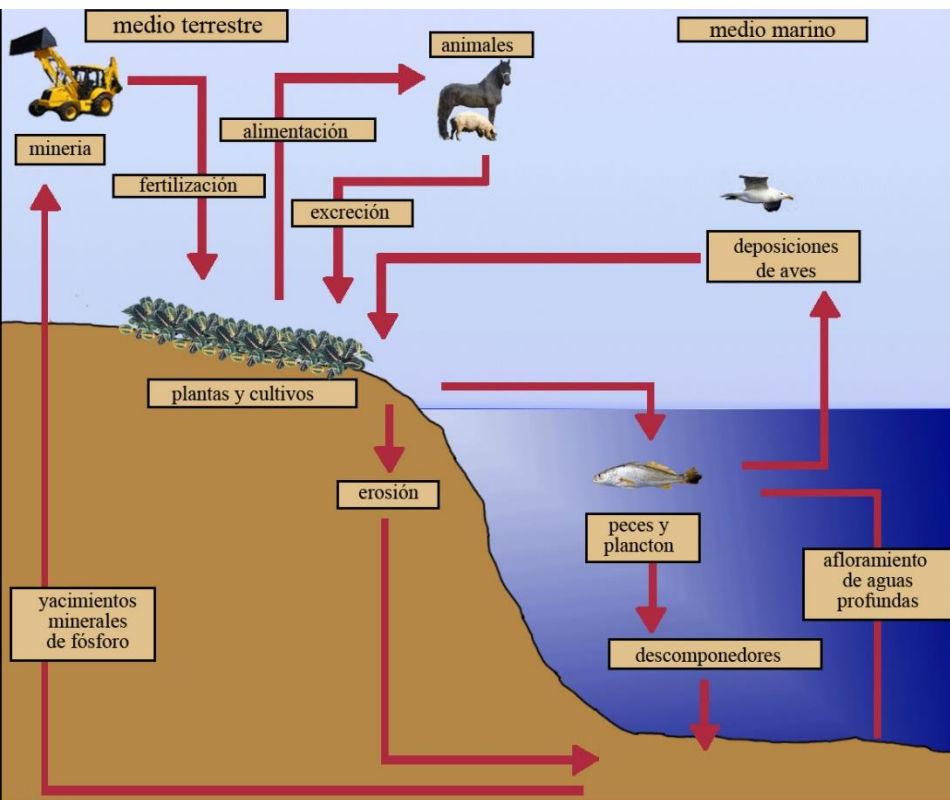
- Fósforo (P): elemento fundamental para la vida, **biógeno**
  - Forma parte de las proteínas y los ácidos nucleicos; factor **limitante** en los ecosistemas (menos abundante o disponible que el resto)
  - Una baja concentración de P no supone necesariamente un ecosistema de baja productividad → está relacionada con la velocidad de asimilación



- La **energía** de los seres vivos y su capacidad para producir un trabajo proviene de la transformación del ATP en ADP, con liberación de P
- Ciclo **sedimentario** con depósito principal en **rocas fosfatadas**; también en depósitos de guano (excrementos de aves marinas) y en huesos fósiles y dientes
- Ciclo menos complejo que el del N, con intervención biológica escasa

## 4.4. CICLO DEL FÓSFORO

- Ciclo con **desajustes** → el flujo circula con velocidades muy distintas por las distintas vías
  - P es poco soluble → precipita rápidamente captando iones metálicos, uniéndose con óxidos e hidróxidos de hierro o con partículas de arcilla



- Acumulación en **sedimentos** profundos → solo retorna mediante procesos de vulcanismo (o extracción humana)
- Materia orgánica rica en P → se acumula en el fondo de los océanos
  - $\approx 14 \cdot 10^6$  T/año acaban en el mar
  - $\approx 70 \cdot 10^3$  T/año vuelven a ecosistemas terrestres (0,5%)
- Formas habituales: fosfato **orgánico** particulado (asociado a materia orgánica o arcillas) ( $\approx 75\%$ ) o soluble (asociado a materia orgánica) ( $\approx 20\%$ ), fosfato **inorgánico** ( $\text{PO}_4^-$ ) soluble o insoluble ( $\approx 5\%$ )