



INGENIERÍA AMBIENTAL

Conceptos Generales

Tema 3. Conceptos básicos de Microbiología y Ecología



Escuela de Ingenieros
de Caminos, Canales y Puertos
de Ciudad Real
UNIVERSIDAD DE CASTILLA-LA MANCHA

David Sánchez Ramos
david.sanchezramos@uclm.es



INGENIERÍA AMBIENTAL

- a) **Conceptos generales**
 - 1. **Ingeniería Ambiental y Sanitaria: Origen, evolución y concepto**
 - 2. **Salud pública y demografía humana**
 - 3. **Conceptos básicos de microbiología y ecología**
 - 4. **Conceptos básicos de química ambiental**
- b) **Residuos Sólidos y contaminación atmosférica**
- c) **Calidad de las aguas**
- d) **Potabilización de aguas**
- e) **Tratamiento de aguas residuales**

CONCEPTOS BÁSICOS DE MICROBIOLOGÍA Y ECOLOGÍA

1. Conceptos generales
2. Ecología
 1. Materia y energía
 2. Interacciones biológicas
3. Microbiología
 1. Tipos de microorganismos
4. Ciclos biogeoquímicos
 1. Agua
 2. Carbono
 3. Nitrógeno
 4. Fósforo

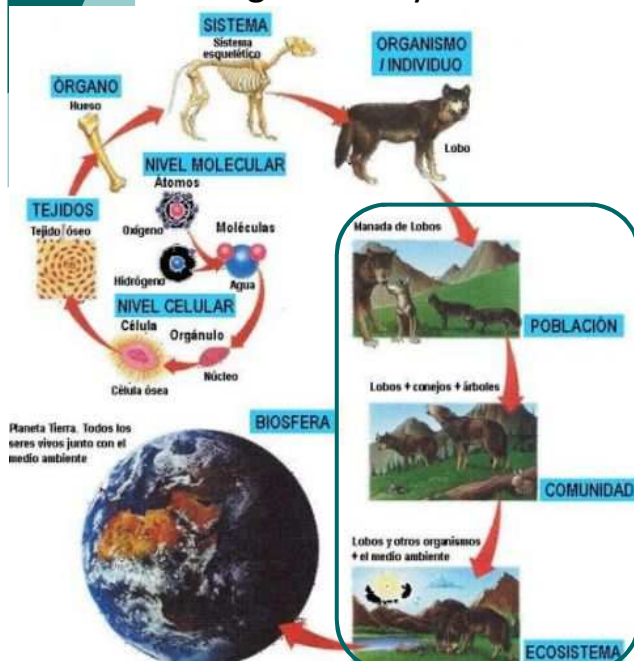
Bibliografía principal utilizada:

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

3. Conceptos básicos de microbiología y ecología

1. CONCEPTOS GENERALES

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



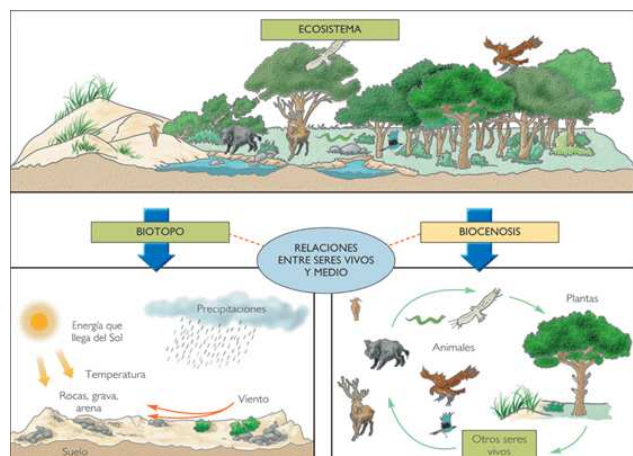
- A diferencia de otras ciencias biológicas (bioquímica, anatomía, fisiología...), la ecología comprende los niveles de **población**, **comunidad** y **ecosistema**
- Ambiente: tanto los factores **abióticos** (medio físico) como los **bióticos** (seres vivos)
- La ecología interpreta la naturaleza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

1. CONCEPTOS GENERALES

- **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 (que no se incluyen 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 → **microscopia**
 - **Subdisciplinas** de la microbiología:
 - M. médica
 - M. de los alimentos
 - M. industrial
 - M. ambiental
 - M. agrícola

2. ECOLOGÍA

- **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:
 - **Abióticos**:
 - Régimen climático
 - Sustancias orgánicas
 - Sustancias inorgánicas
 - **Bióticos**:
 - Productores
 - Consumidores
 - Descomponedores





2. ECOLOGÍA

- 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...), si bien 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



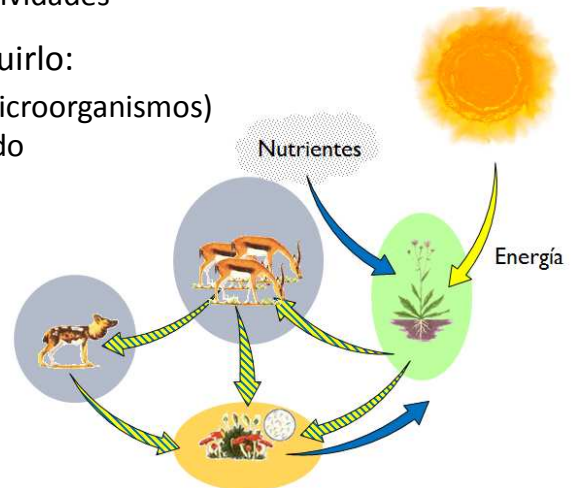
2. ECOLOGÍA

- **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 y definidas para su supervivencia (*masiega, lince ibérico*)
 - Especies **generalistas** → pueden sobrevivir en medios más variados, incluidos los más transformados por el hombre, al tener mayor capacidad de adaptación (*palomas, ratas, gaviotas*)

2. ECOLOGÍA

○ Materia y energía en los ecosistemas

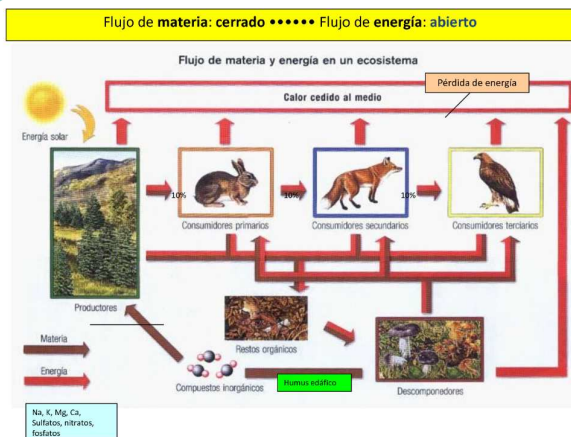
- Todos los organismos necesitan conseguir materia y energía del entorno para seguir con vida
 - **Materia** → desarrollo de la biomasa
 - **Energía** → realizar trabajos y actividades
- Distintas estrategias para conseguirlo:
 - **Autótrofos** (plantas y algunos microorganismos) → materia y energía por separado
 - **Heterótrofos** (animales y otros microorganismos) → materia y energía de manera conjunta al alimentarse



2. ECOLOGÍA

○ Teoría de sistemas

- **Sistema:** conjunto de partes que interactúan y que puede ser descrito mediante formulaciones matemáticas
- **Tipos de sistemas:**
 - **Abiertos:** dependen del ambiente exterior, procesan entradas para generar salidas
 - **Cerrados:** no dependen del ambiente exterior, son autónomos
 - **Cibernéticos:** sistemas abiertos con capacidad de autorregulación → parte de la salida sirve para controlar la entrada

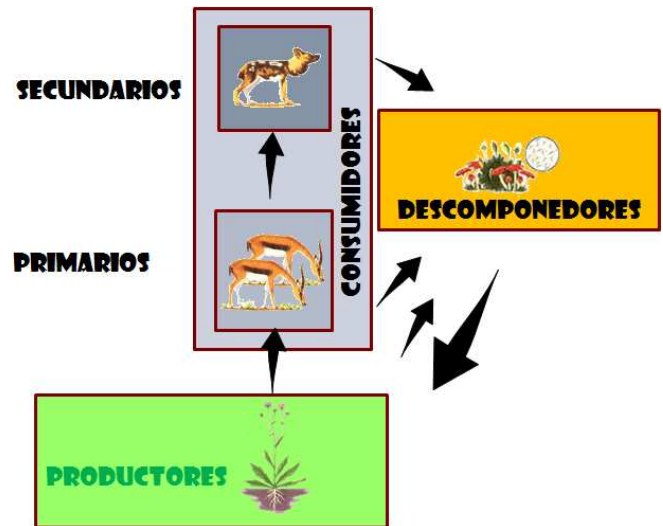


Ecosistema → funciona como un sistema **abierto** cuyos componentes son los factores abióticos y los bióticos

2.1. MATERIA Y ENERGÍA

○ Materia en los ecosistemas

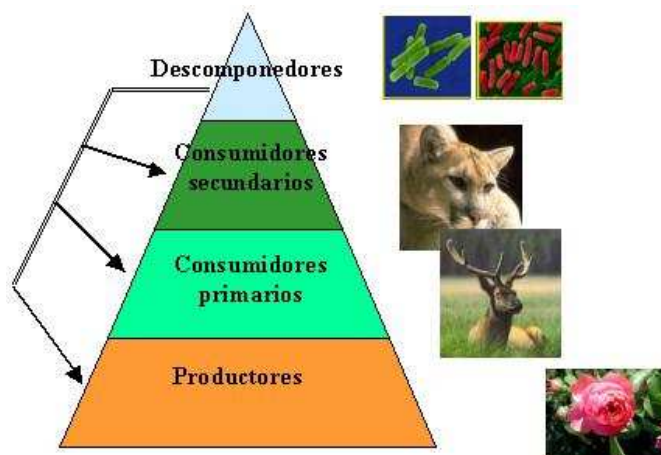
- **Productores** → producen materia orgánica (a partir de inorgánica) que otros organismos pueden aprovechar (**Autótrofos**)
- **Consumidores** → se alimentan de esta materia orgánica (**Heterótrofos**)
- **Descomponedores** → utilizan la materia orgánica transformándola de nuevo en materia inorgánica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



2.1. MATERIA Y ENERGÍA

○ Cadenas tróficas

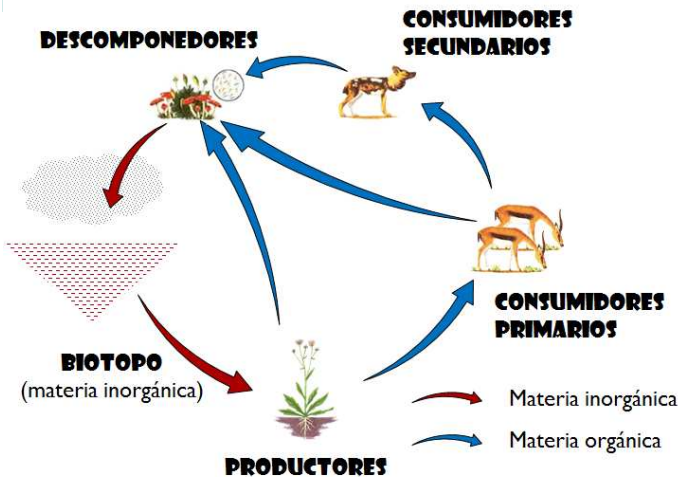
- **Nivel trófico** → conjunto de organismos que se nutren del mismo modo
- **Estructura trófica** de un ecosistema → conjunto de relaciones de intercambio de materia entre los diferentes niveles tróficos (se alimentan los unos de los otros)



2.1. MATERIA Y ENERGÍA

○ 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



Materia inorgánica (agua, CO₂, nutrientes)

→ absorción por **Productores**

→ la convierten en materia orgánica (tejidos vegetales, biomasa)

→ es aprovechada por herbívoros (**consumidores primarios**) que se alimentan de plantas

→ es aprovechada por carnívoros (**consumidores secundarios**) que se alimentan de herbívoros

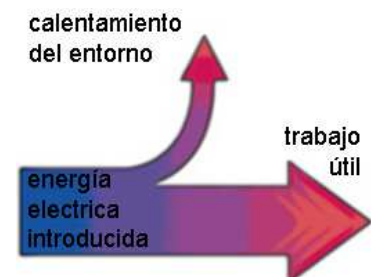
→ los restos orgánicos de todos los organismos son aprovechados por **descomponedores** (bacterias y hongos)

→ transforman la materia orgánica en inorgánica (mineralización), que vuelve al medio físico

2.1. MATERIA Y ENERGÍA

○ **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 Tª del entorno

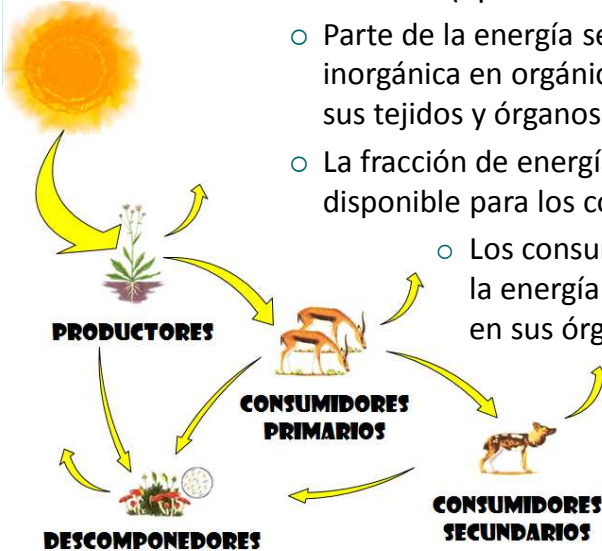


Para mantener el funcionamiento de un sistema (*ecosistema*) hay que proporcionarle energía desde el exterior → esa energía acabará disipándose al pasar al ambiente en forma de calor

2.1. MATERIA Y ENERGÍA

○ Energía en los ecosistemas

- Fuente de energía → **Sol**
- La energía solar es aprovechada por las plantas mediante la **fotosíntesis** (aprovechamiento ≈ 1-6%)
 - Parte de la energía se aprovecha para la transformación de materia inorgánica en orgánica (se incorpora a la planta acumulándose en sus tejidos y órganos), otra parte se desprende al exterior
 - La fracción de energía incorporada en la biomasa es la que queda disponible para los consumidores primarios
 - Los consumidores primarios aprovechan una fracción de la energía disponible en la biomasa vegetal (la acumulan en sus órganos), otra fracción se desprende al exterior
 - Se repite el esquema con los consumidores secundarios y con los descomponedores, hasta que toda la energía disponible acaba desprendiéndose al exterior



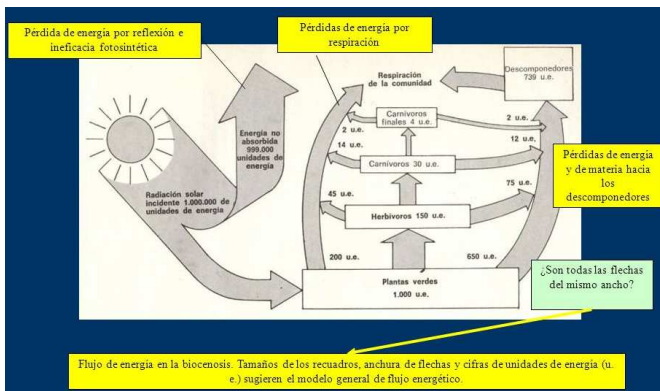
2.1. MATERIA Y ENERGÍA

○ Transformación de energía en materia

- **Fotosíntesis:** permite almacenar la energía radiante del Sol como materiales químicos orgánicos, principalmente como azúcares
$$6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{energía solar} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$$
- **Respiración:** es el proceso complementario a la fotosíntesis → la materia de los alimentos se desdobra y se libera la energía química que poseen (se almacena en forma de ATP en las células)
$$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{energía}$$
- Dependencia entre organismos **autótrofos** y **heterótrofos** → los heterótrofos necesitan la energía y el O_2 (la mayoría) producidos por los autótrofos, y estos necesitan el CO_2 que producen los heterótrofos al respirar (**mecanismos recíprocos**)

2.1. MATERIA Y ENERGÍA

- 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
 - *Respiración aerobia* → eficiencia ≈50% de conversión de la energía a moléculas ATP
 - 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 que se transmite de un nivel a otro se aprovecha, el resto se pierde como calor
- 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

2.1. MATERIA Y ENERGÍA

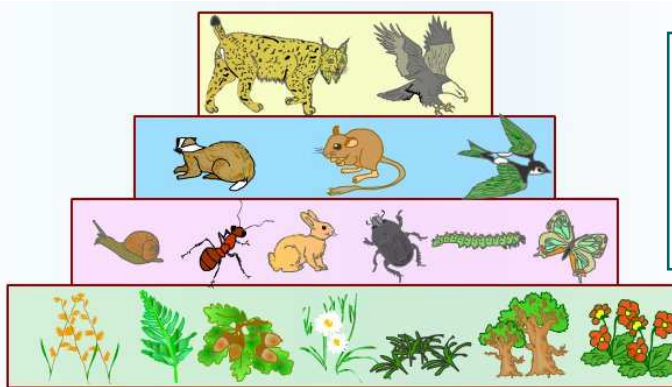
- Aprovechamiento de energía y productividad de un ecosistema
 - La materia orgánica también se pierde en su paso entre niveles tróficos → solo una fracción de la biomasa ingerida se convierte en nueva biomasa en el organismo consumidor
 - **Producción:** velocidad de formación de biomasa por unidad 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...)

2.1. MATERIA Y ENERGÍA

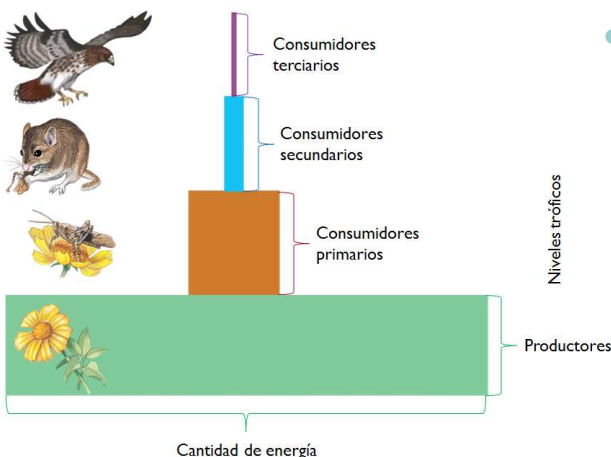
- Aprovechamiento de energía y productividad de un ecosistema
 - La biomasa que puede ser mantenida por una corriente continua de energía depende del **tamaño** de los organismos
 - Los organismos pequeños respiran más rápido → desaprovechan más energía (“quemar” más)
 - Los organismos grandes respiran 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; en los niveles altos, menor nº de individuos de mayor tamaño

2.1. MATERIA Y ENERGÍA

- **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)

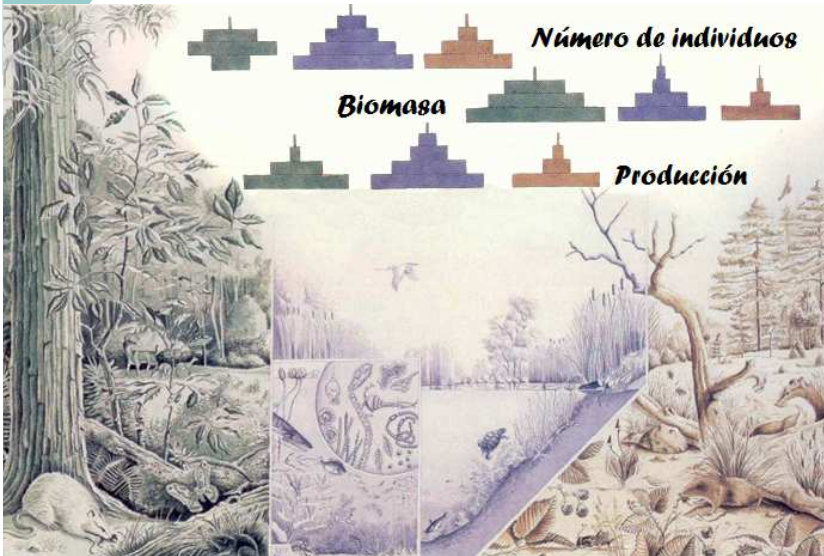


- Pirámide **trófica:** cantidad de materia orgánica (biomasa) o de energía contenida en cada nivel trófico
 - Ecosistemas terrestres y de aguas someras → pirámide normal (base amplia de productores)
 - Ecosistemas acuáticos (aguas profundas) → pirámide invertida (autótrofos microscópicos, poca biomasa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

2.1. MATERIA Y ENERGÍA

○ Pirámides ecológicas

- **Pirámide de individuos:** nº de individuos de cada especie en los niveles tróficos (no suelen utilizarse por no ser muy indicativo al existir tanta variedad de tamaños entre especies)

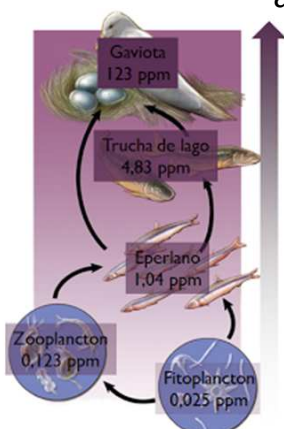


- **Pirámide de producción:** cantidad de materia orgánica generada en cada nivel trófico en un tiempo determinado → permiten conocer lo rápido que funciona el ecosistema: los ecosistemas jóvenes aumentan su biomasa mucho más rápido que los maduros

2.1. MATERIA Y ENERGÍA

○ Acumulación de **tóxicos** ambientales

- Algunas sustancias liberadas por el hombre en el medio ambiente son **productos químicos** que resultan tóxicos para muchos organismos
- Cuando los seres vivos ingieren estas sustancias, intentan eliminarlas de su organismo; si no lo consiguen, 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 comen 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 ellos 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

2.2. 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...*)

2.2. INTERACCIONES BIOLÓGICAS

- Tipos de interacciones biológicas
 - **Neutralismo:** inexistencia de interacción entre dos poblaciones
 - Los individuos de una especie no se ven afectados por ninguno de los individuos de otra determinada, 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)

Denominación	Efecto	
	Población A	Población B
Neutralismo	0	0
Comensalismo	+	0
Sinergismo	+	+
Mutualismo	+	+
Competencia	-	-
Amensalismo	0 (+)	-
Depredación	+	-
Parasitismo	+	-

2.2. INTERACCIONES BIOLÓGICAS

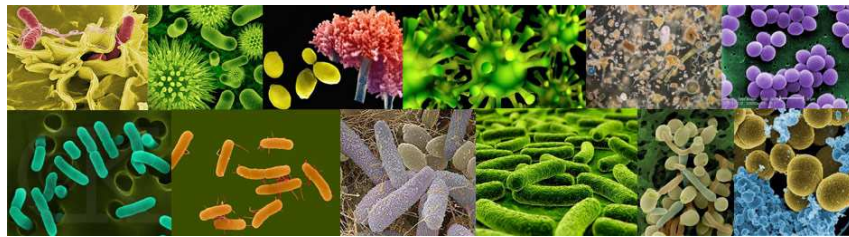
- Tipos de interacciones biológicas
 - **Competencia:** cuando varias especies requieren recursos similares del ecosistema (alimento, nutrientes, agua, espacio...) que son insuficientes y por tanto compiten por ellos
 - Cuando el nicho ecológico de dos especies en un ecosistema es muy parecido, se desencadena 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

2.2. INTERACCIONES BIOLÓGICAS

- Tipos de interacciones biológicas
 - **Mutualismo:** asociación de organismos de especies diferentes para beneficiarse mutuamente en su desarrollo vital
 - Esta asociación de especies 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

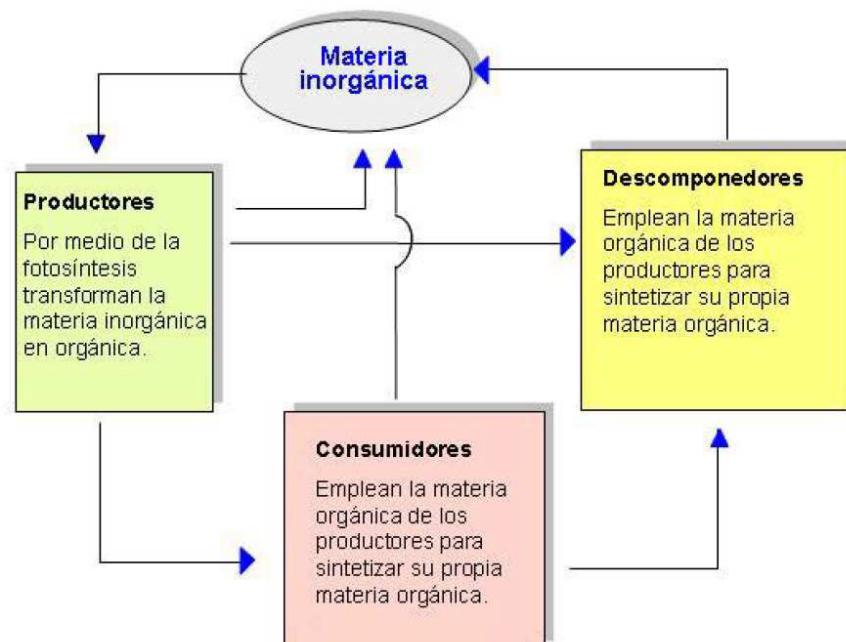
3. MICROBIOLOGÍA

- **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



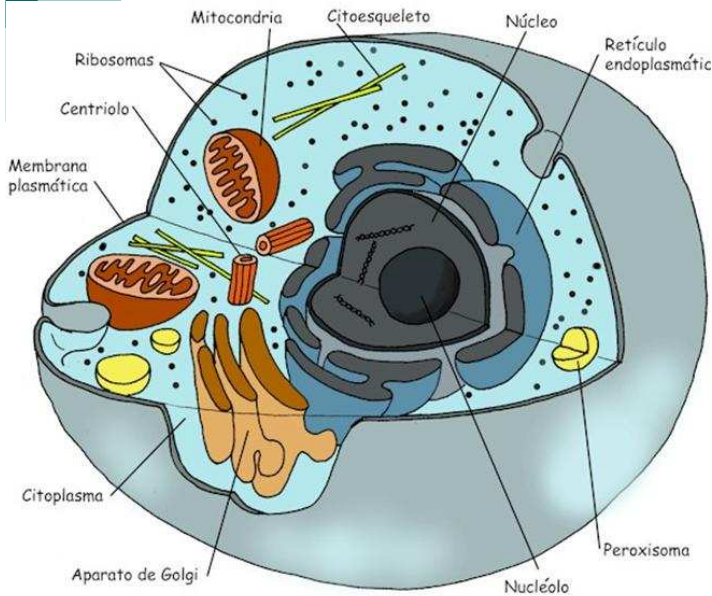
3. MICROBIOLOGÍA

- Intervención de los microorganismos en los **ciclos biogeoquímicos**



3. MICROBIOLOGÍA

- **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...)

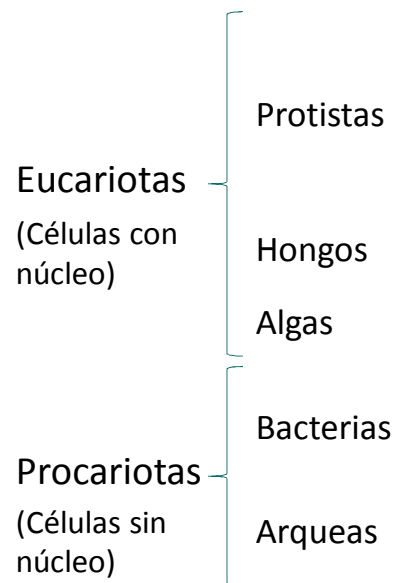


- **Ácidos nucleicos** → producto hereditario necesario para la reproducción

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

3.1. TIPOS DE MICROORGANISMOS

Linneo (1758)	Ernst Haeckel (1866)	Edouard Chaton (1938)	Robert Whittaker (1959)	Carl R. Woese (1977)	Carl R. Woese (1990)	Varios Autores (2005)
2 reinos	3 reinos	2 imperios con 3 reinos	5 reinos	6 reinos	3 dominios con 6 reinos	Muchos reinos
Animalia (incluyendo protozoos y metazoos)	Animalia (Metazoos) Protista (incluyendo protozoos, distintos tipos de algas y otros de adscripción dudosa)	Animalia (incluyendo protozoos y metazoos)	Animalia (Metazoos) Protista (Todos los eucariotas unicelulares)	Animalia (Metazoos) Protista (Todos los eucariotas unicelulares)	Eukarya Protista (Todos los eucariotas unicelulares)	Animalia (Metazoos) Entamoebae Myxomycota Ciliophora Flagellata Trichomonadae Microsporidia
Plantae (incluyendo hongos, algas, bacterias)	Plantae (incluyendo hongos y algas) Plantae (incluyendo algas, bacterias)	Plantae (incluyendo hongos y algas)	Fungi (Hongos pluricelulares) Plantae (incluyendo algas pluricelulares)	Fungi (Hongos pluricelulares) Plantae (incluyendo algas pluricelulares)	Fungi (Hongos pluricelulares) Plantae (incluyendo algas pluricelulares)	Fungi (Hongos pluricelulares) Plantae (incluyendo algas pluricelulares)
	Imperio Eucariota		Imperio Procarionota (Bacterias)		Bacteria	Bacteria
			Moneras (Bacterias)	Eubacterias	Archaea	Archaea
				Arqueo-bacterias		

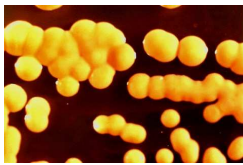


3.1. TIPOS DE MICROORGANISMOS

○ 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



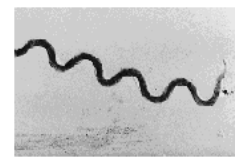
Coco



Bacilo



Vibrión

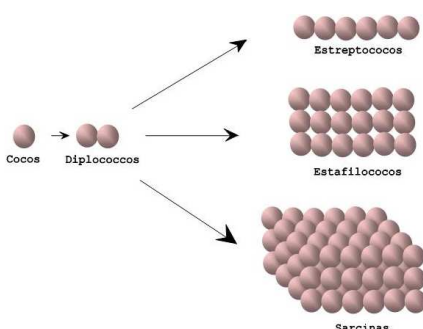


Espirilo

3.1. TIPOS DE MICROORGANISMOS

○ Bacterias

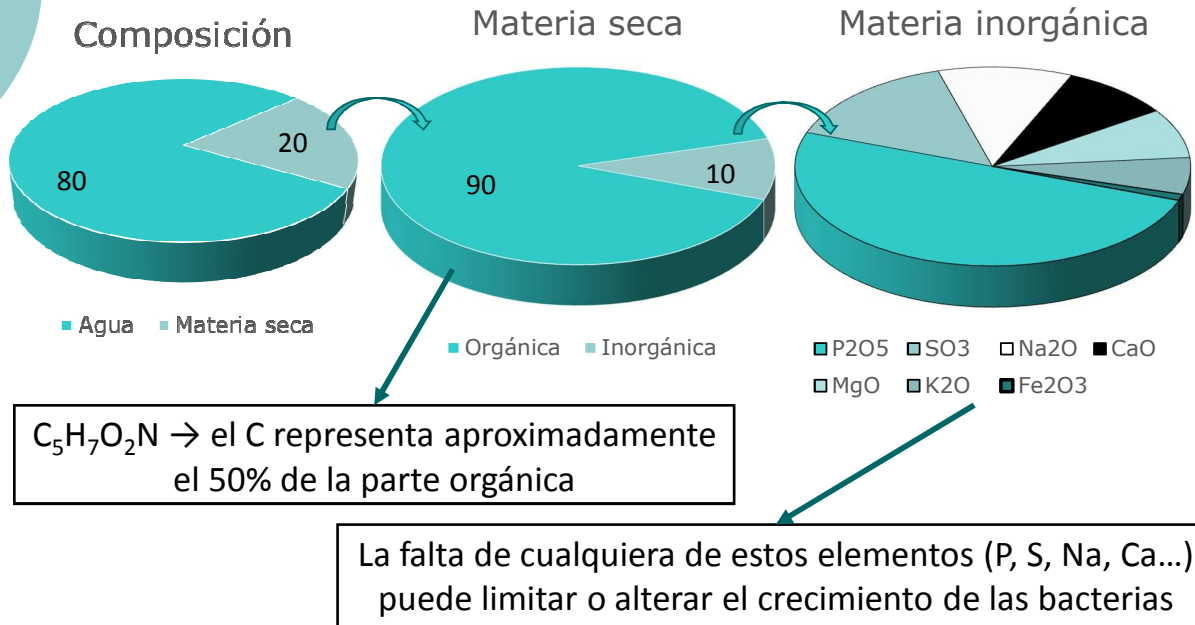
- Consumen alimentos solubles → se encuentran donde haya alimento (materia) y humedad
- **Tamaño** muy variable según especie:
 - Esféricas (*coco*): 0,5-1 μm
 - Cilíndricas (*bacilo*): anchura 0,5-1 μm , longitud 1,5-3 μm
 - Helicoidales (*espirilo*): anchura 0,5-5 μm , longitud 6-15 μm
- Pueden encontrarse 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



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)

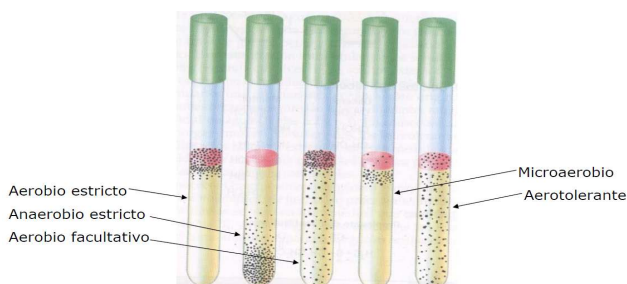
FUENTE DE CARBONO	ENERGÍA UTILIZADA
Autótrofos: la fuente de carbono es inorgánica (CO ₂).	Fotolitotrofos: la energía utilizada es la luz . (Ejemplo: bacterias púrpuras del azufre).
	Quimiolitotrofos: la energía utilizada es la liberada en reacciones químicas . (Ejemplo: bacterias incoloras del azufre).
Heterótrofos: la fuente de carbono es orgánica	Fotoorganotrofos: la energía utilizada es la luz .
	Quimioorganotrofos: la energía utilizada es la liberada en reacciones químicas . 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 O₂ para su metabolismo, realizan la respiración celular → oxidación de la materia orgánica en presencia de O₂
 - **Anaerobias:** no usan O₂ en su actividad biológica, obtienen la energía mediante respiración anaerobia o por fermentación
 - **Facultativas:** pueden vivir en ambientes con o sin O₂



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

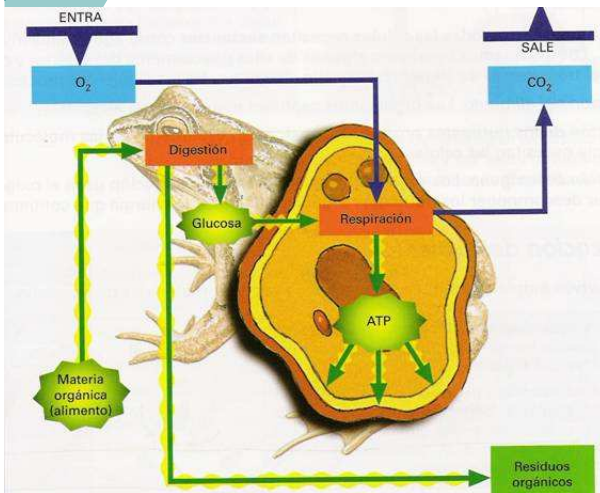
Tratamiento de aguas residuales → aerobios / anaerobios (las bacterias que se desarrollen serán distintas y también los procesos de transformación de la materia orgánica)

3.1. TIPOS DE MICROORGANISMOS

○ Tipos de bacterias según consumo de oxígeno

- **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 CO_2 y H_2O , que salen de la célula (y del ser vivo)

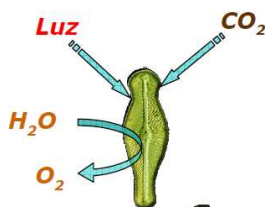
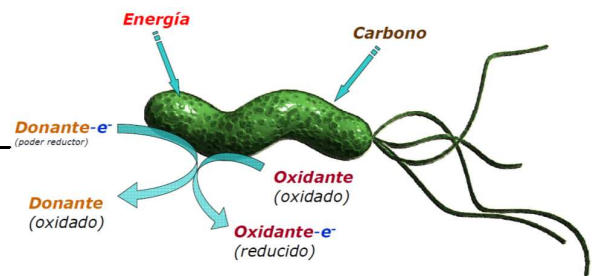


- **Respiración anaeróbica:** en lugar de O_2 , se utiliza como "aceptor de electrones" otra molécula inorgánica (NO_3 , SO_4 , etc.)

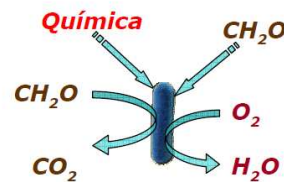
- **Fermentación:** proceso catabólico de oxidación incompleta que no requiere O_2 , cuyo producto final es un compuesto orgánico

3.1. TIPOS DE MICROORGANISMOS

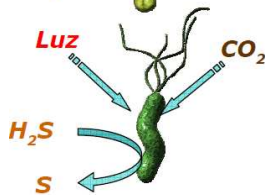
○ Métodos de producción de energía por organismos vivos



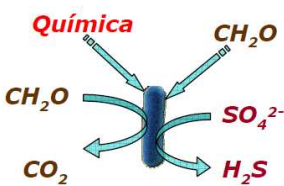
Fotosíntesis oxigénica



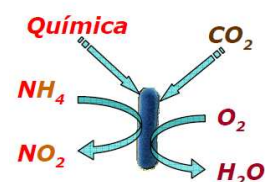
Respiración aeróbica



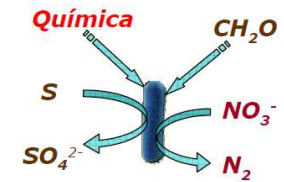
Fotosíntesis anoxigénica



Respiración anaeróbica



Quimiosíntesis aeróbica



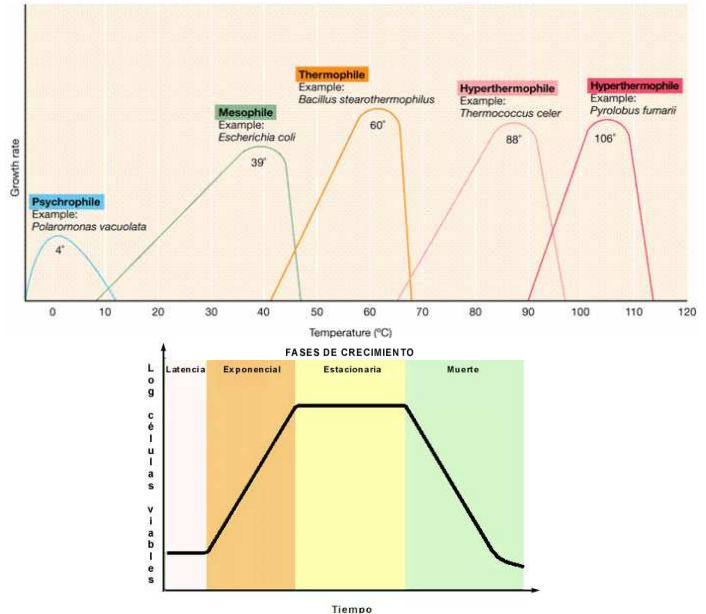
Quimiosíntesis anaeróbica

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 – 30	12 – 18
Mesófilas	20 – 45	25 – 40
Termófilas	45 – 75	55 – 65
Hipertermófilas	90 – 113	100 – 106



3.1. TIPOS DE MICROORGANISMOS

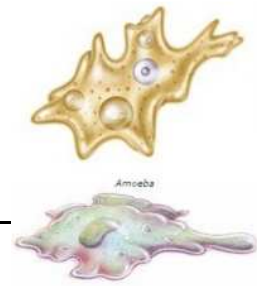
- **Factores ambientales** que influyen en el desarrollo y muerte de las bacterias:

- **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



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

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

3.1. TIPOS DE MICROORGANISMOS



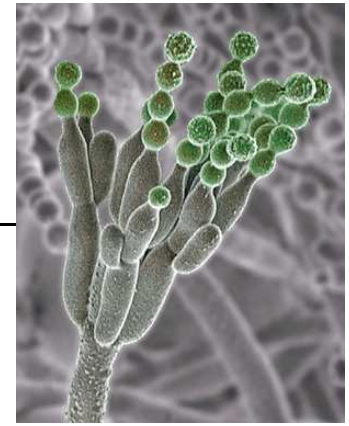
○ Algas

- 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_2 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**: euglenofitas, crisofitas, dinoflagelados, clorofitas

Tratamiento de aguas residuales → existen tratamientos extensivos basados en la capacidad de las algas de absorber materia orgánica y nutrientes



3.1. TIPOS DE MICROORGANISMOS

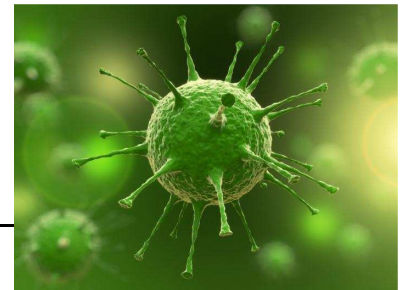


○ Hongos

- 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 de aguas residuales → importancia de los hongos por su capacidad de desarrollo con pH bajo y poca demanda de O₂, útil en el tratamiento de **aguas residuales 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 μm)
- **Reproducción**: se fijan a células y se multiplican hasta que estallan, dispersando los virus para que se fijen 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

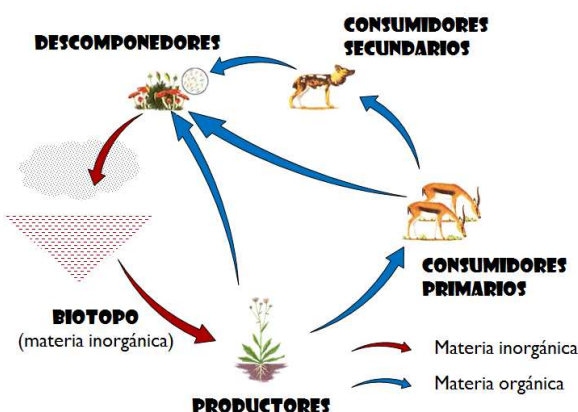
Tratamiento de aguas residuales → control de la presencia de virus (**patógenos**), eliminación antes de vertido a cauce receptor

4. CICLOS BIOGEOQUÍMICOS

- Ciclos biogeoquímicos: circulación de materia en un ecosistema → va pasando 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
 - Pozo de **intercambio**: materia en la fase orgánica
- Fase **inorgánica** (o geológica) del ciclo: flujo por la parte abiótica
 - Pozo de **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

4. CICLOS BIOGEOQUÍMICOS

- **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*)
- Los ciclos gaseosos son más rápidos y regulares que los sedimentarios → 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...*)

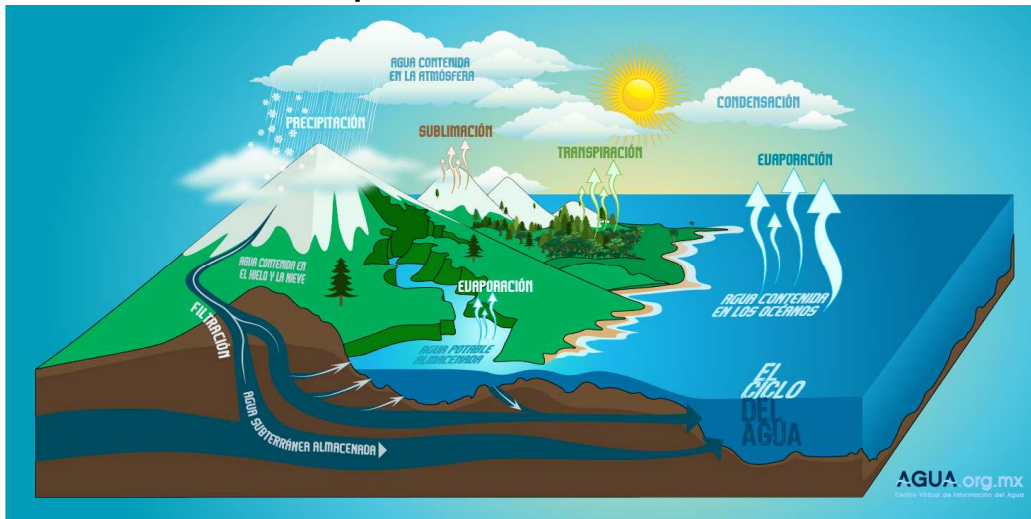
4.1. CICLO DEL AGUA

- Agua (H₂O) → 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
 - **Estados físicos**: líquido, sólido y gaseoso → presente en la atmósfera, hidrosfera y litosfera



4.1. CICLO DEL AGUA

- 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



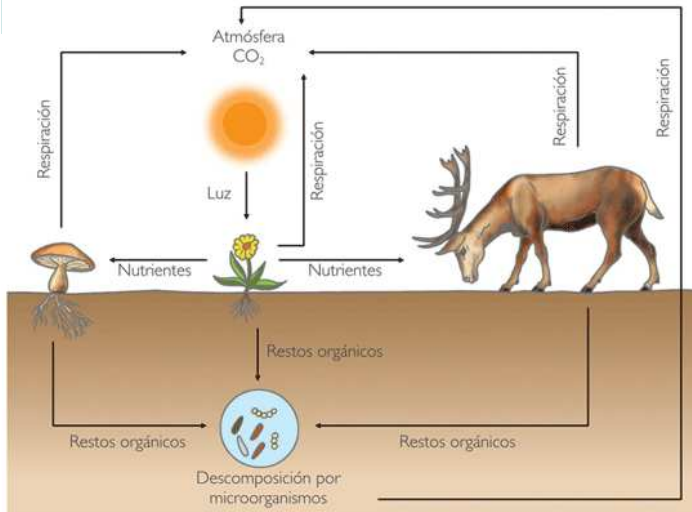
4.1. CICLO DEL AGUA

- **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

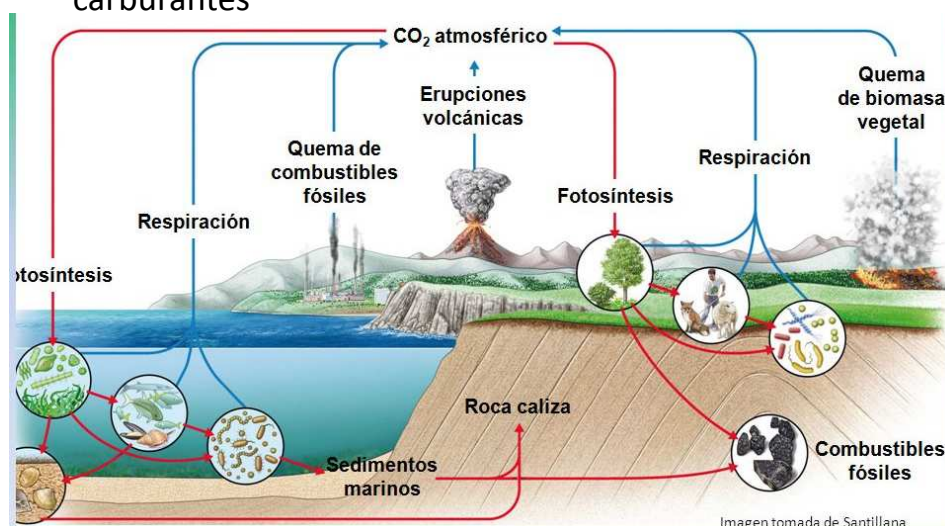
- **Carbono (C):** elemento fundamental para la vida, biógeno
 - Constituye el esqueleto de las moléculas biológicas, formando cadenas largas
 - Ciclo **gaseoso** con depósito atmosférico principalmente (también en la biomasa y en rocas carbonatadas)



- **Fase orgánica** sencilla → buen ajuste entre fotosíntesis y respiración
- Intercambios de CO₂ entre la atmósfera y los océanos, según la abundancia en cada uno

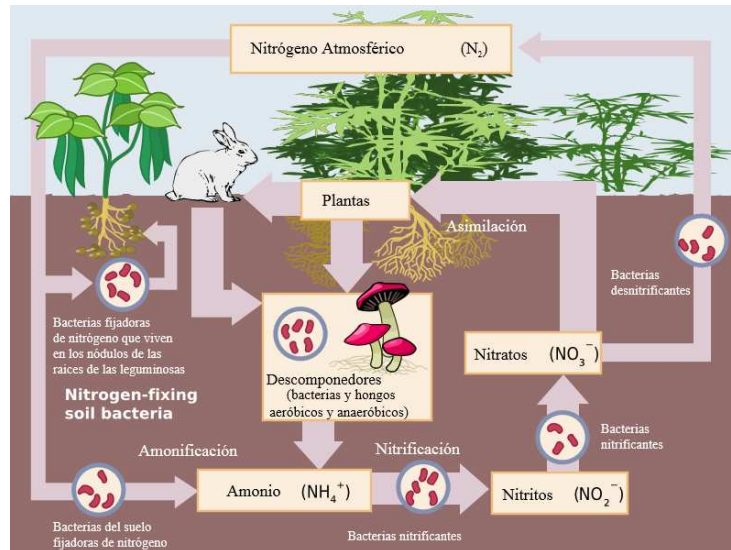
4.2. CICLO DEL CARBONO

- **Fase inorgánica:**
 - Deposición del carbono vegetal del pozo de intercambio y formación de carburantes fósiles y caliza
 - Vuelta al ciclo del C por disolución de la caliza y combustión de carburantes

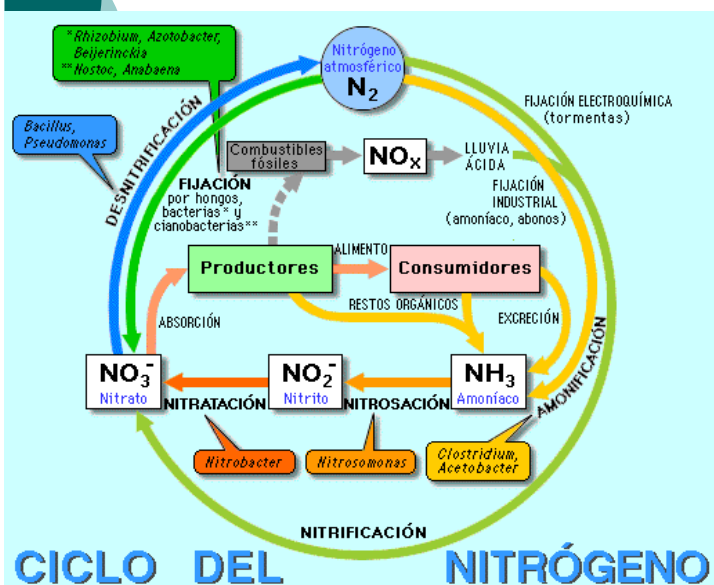


4.3. CICLO DEL NITRÓGENO

- **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

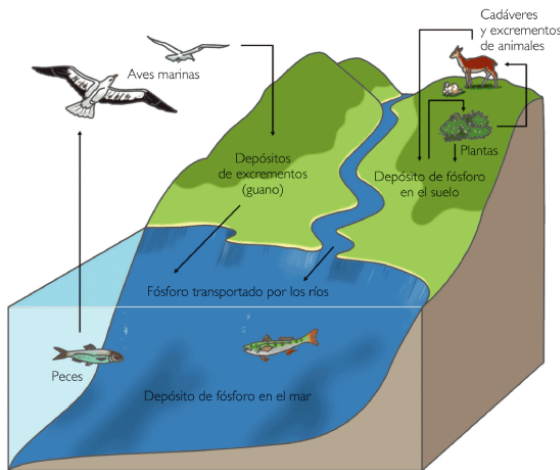


● **Procesos:**

- **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 amoníaco (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

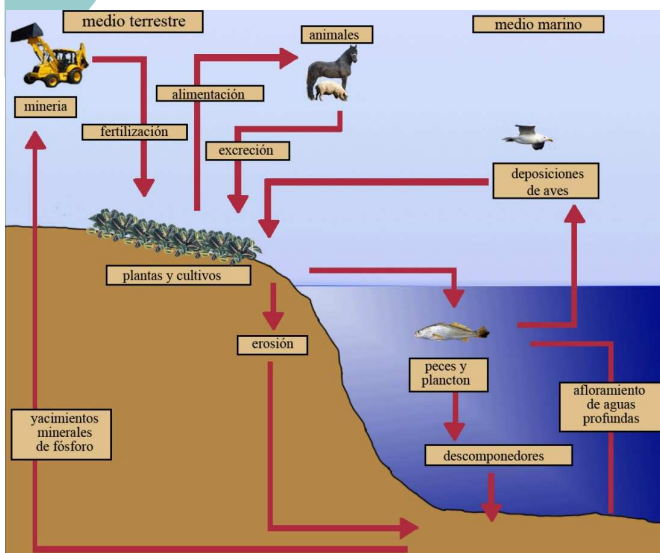
- **Fósforo (P):** elemento fundamental para la vida, biógeno
 - Forma parte de las proteínas y los ácidos nucleicos; factor **limitante** en los ecosistemas (menos abundante o disponible que el resto)
 - Una baja concentración de P no supone necesariamente un ecosistema de baja productividad → está 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 a 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 (PO_4^-) soluble o insoluble ($\approx 5\%$)