

Ecología microbiana

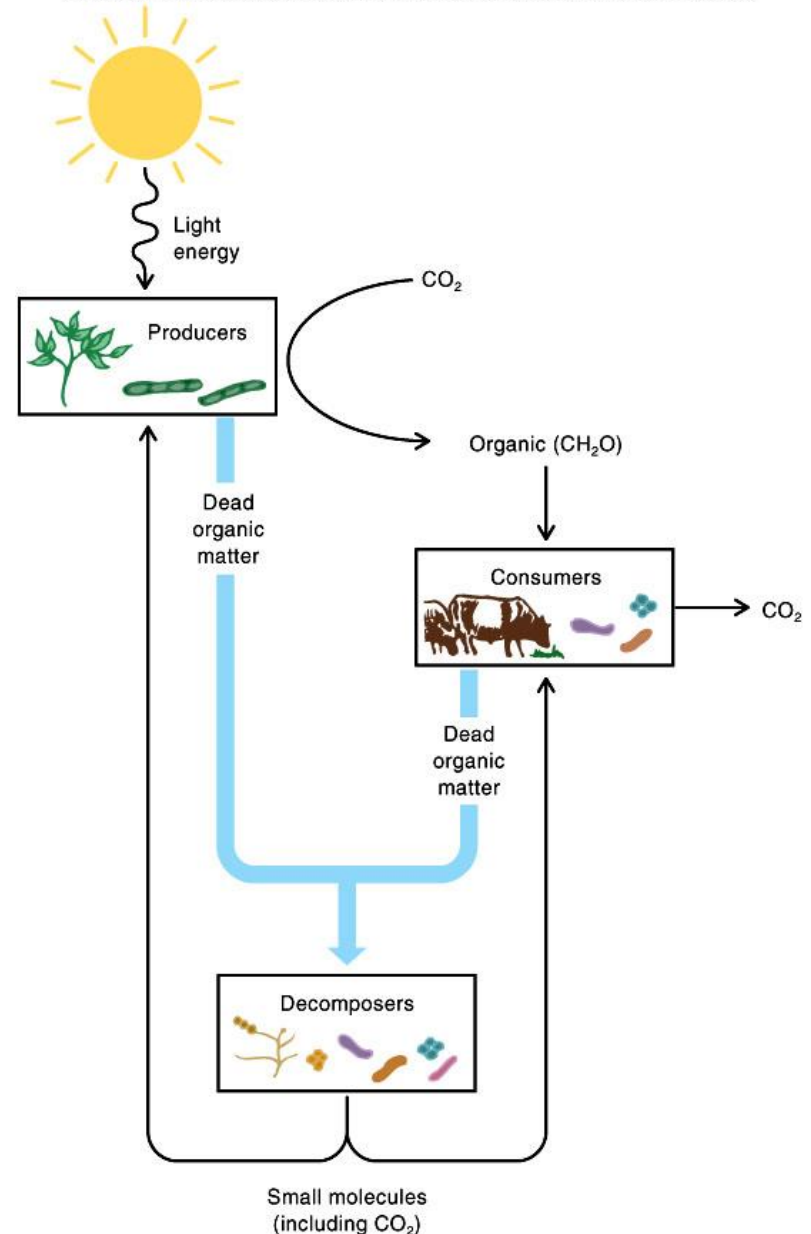
¿Qué lugar ocupan los microorganismos en los ecosistemas?

- ✓ La ecología microbiana estudia las relaciones de los microorganismos entre sí y con el medio que los rodea.
- ✓ Las poblaciones microbianas están en relación funcional con otros grupos de organismos: virus, protozoos, algas, animales, plantas.
- ✓ Los MOs presentan una gran diversidad metabólica y son los principales catalizadores de los **ciclos de nutrientes** de la naturaleza.
- ✓ El tipo de **actividad metabólica** registrada en un ambiente dependerá de las especies presentes, tamaño de las poblaciones y del estado fisiológico.
- ✓ La existencia de MOs no implica que los mismos sean activos. Sólo los MOs activos tienen impacto ecológico.
- ✓ La velocidad de la actividad dependerá de la disponibilidad de los nutrientes.

Relaciones entre organismos y ecosistemas

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

- ✓ Los microorganismos se hallan en todos los niveles tróficos
- ✓ La mayoría de los descomponedores son microorganismos
- ✓ Los descomponedores transforman los desechos en otras formas aprovechables

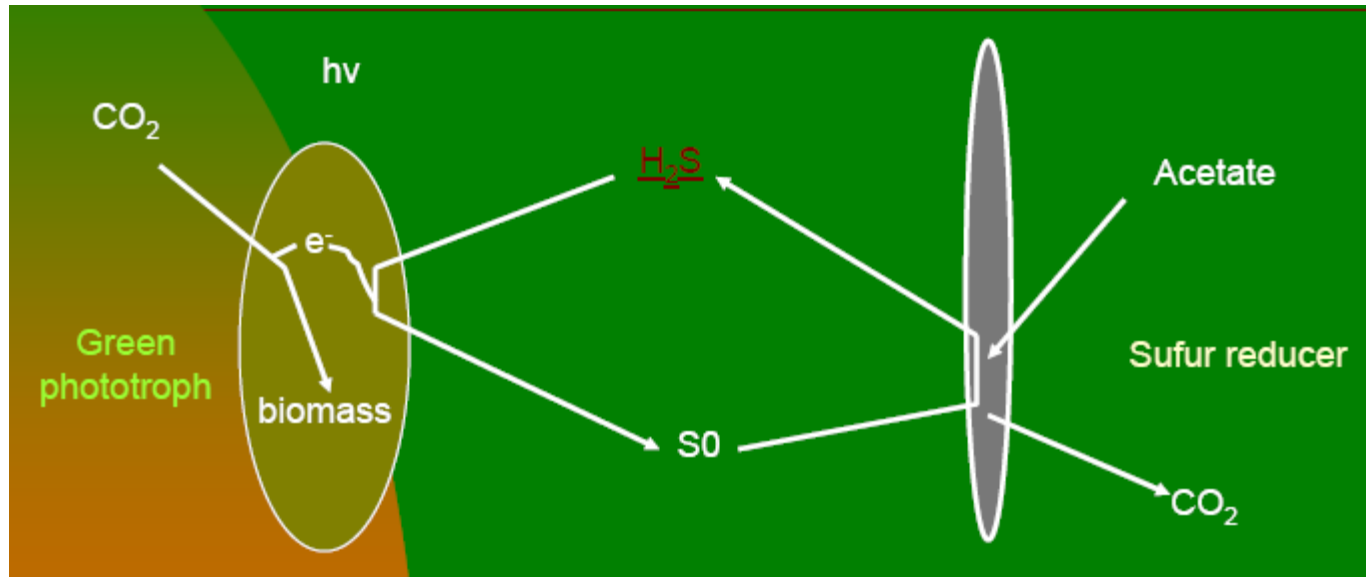


Principio de Allee: incluso en una misma población pueden tener lugar interacciones positivas y negativas.

Estas interacciones dependen de la densidad de población.

- Las interacciones **positivas** (cooperación) aumentan la tasa de crecimiento de una población \longrightarrow predominan cuando la densidad de población es **baja**.
- Las interacciones **negativas** (competencia) disminuyen la velocidad de crecimiento de una población \longrightarrow predominan cuando la densidad de población es **alta**.

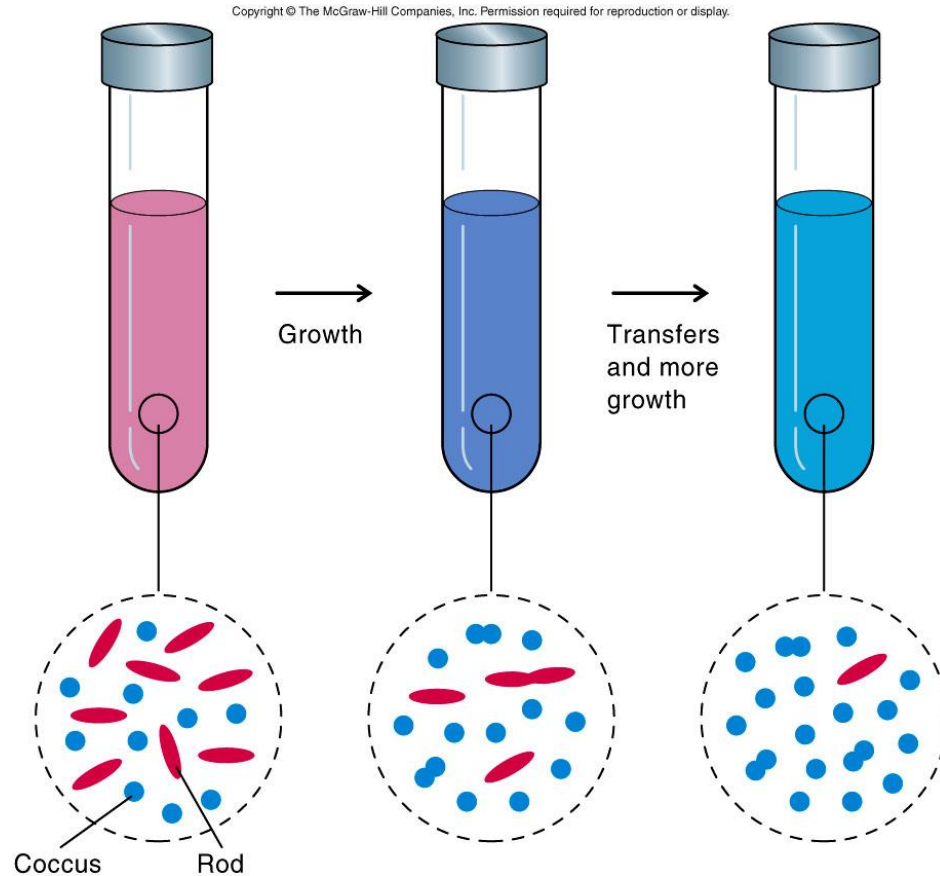
Interacción positiva: cooperación



**Bacterias verdes fotoautótrofas,
reducen el CO_2 a compuestos
orgánicos mientras oxidan H_2S a S^0**

**Bacterias reductoras de azufre,
reducen S^0 a H_2S y oxidan el
acetato a CO_2 .**

Interacción negativa: competencia



De los organismos que se multiplican gana el que se reproduce más rápido.

Algunos organismos producen sustancias que inhiben a otros (por ej. Antibióticos).

Interacciones positivas:

- ✓ Utilización de sustratos insolubles (lignina, celulosa): solubilización corporativa de sustratos.
- ✓ Protección frente ante agresiones ambientales (biofilms)
- ✓ Intercambio de material genético (T.H.G.)
- ✓ Utilización de productos metabólicos generados por otros microorganismos.
- ✓ Relaciones simbióticas (endosimbiontes)
- ✓ Sintrofía

Interacciones negativas:

- Dos poblaciones que utilizan el mismo sustrato y el mismo nicho ecológico.
- Acumulación de productos metabólicos
- Generación de sustancias que inhiban a otros microorganismos (*Penicillium* vs estreptococo)

Relaciones simbióticas

- Micorrizas: hongos que crecen simbióticos con plantas.

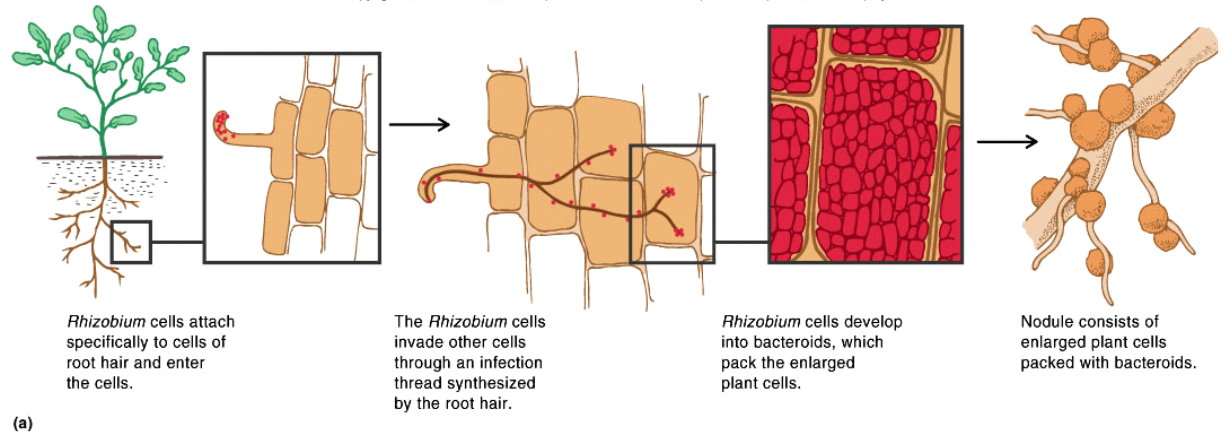
90- 95% DE LAS PLANTAS TERRESTRES POSEEN MICRORRIZAS



(b)

- Rizobios: bacterias fijadoras de nitrógeno convierten el nitrógeno gaseoso en amonio asimilable por la planta.
(*Rhizobium*)

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



(a)



Relaciones simbióticas II

Líquén = hongo + cianobacteria o alga

- Hongo. Se beneficia del aporte fototrófico
- Cianobacteria/alga. Obtiene agua y nutrientes.



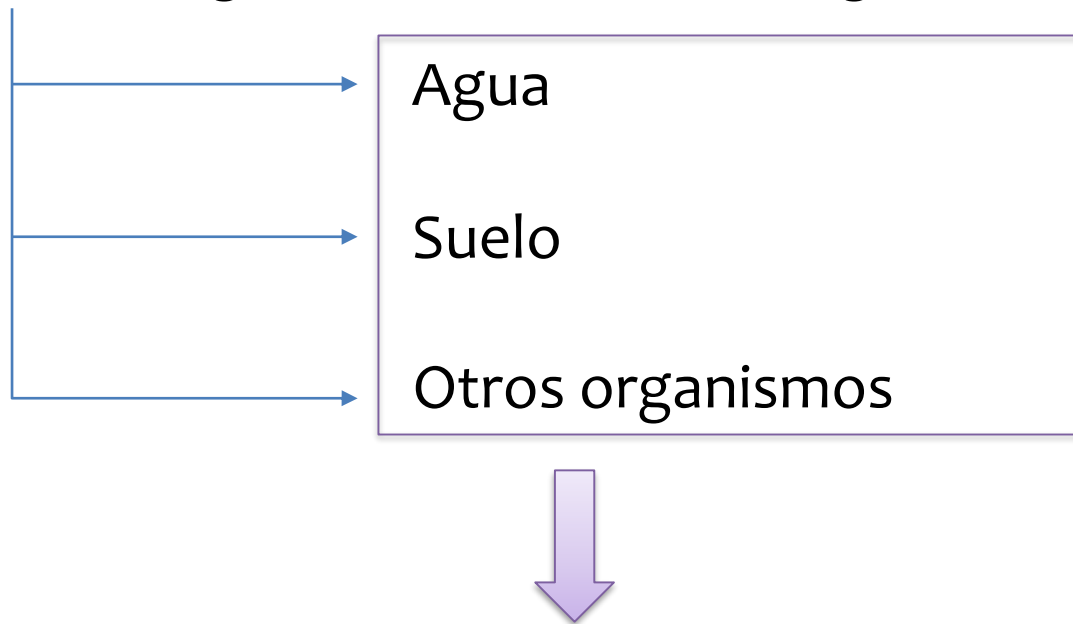
Conceptos importantes

- ✓ Los microorganismos no existen aislados en el ambiente.
- ✓ Existe gran diversidad de ecosistemas con organismos adaptados a ellos.
- ✓ Si el ecosistema cambia, se seleccionan organismos capaces de aprovechar las nuevas condiciones.
- ✓ Los microorganismos son las formas mas adaptables, dada su diversidad y capacidad de transferencia horizontal de genes.

Población: conjunto de organismos de la misma especie en un mismo hábitat en un tiempo determinado.

Comunidad: conjunto de poblaciones en un mismo espacio-tiempo.

Hábitat: lugar donde conviven un grupo de especies.



Alguno de estos ambientes son *extremos*

Nicho ecológico: función que desempeña un organismo en el ecosistema. (El nicho ecológico no es un espacio demarcado físicamente).

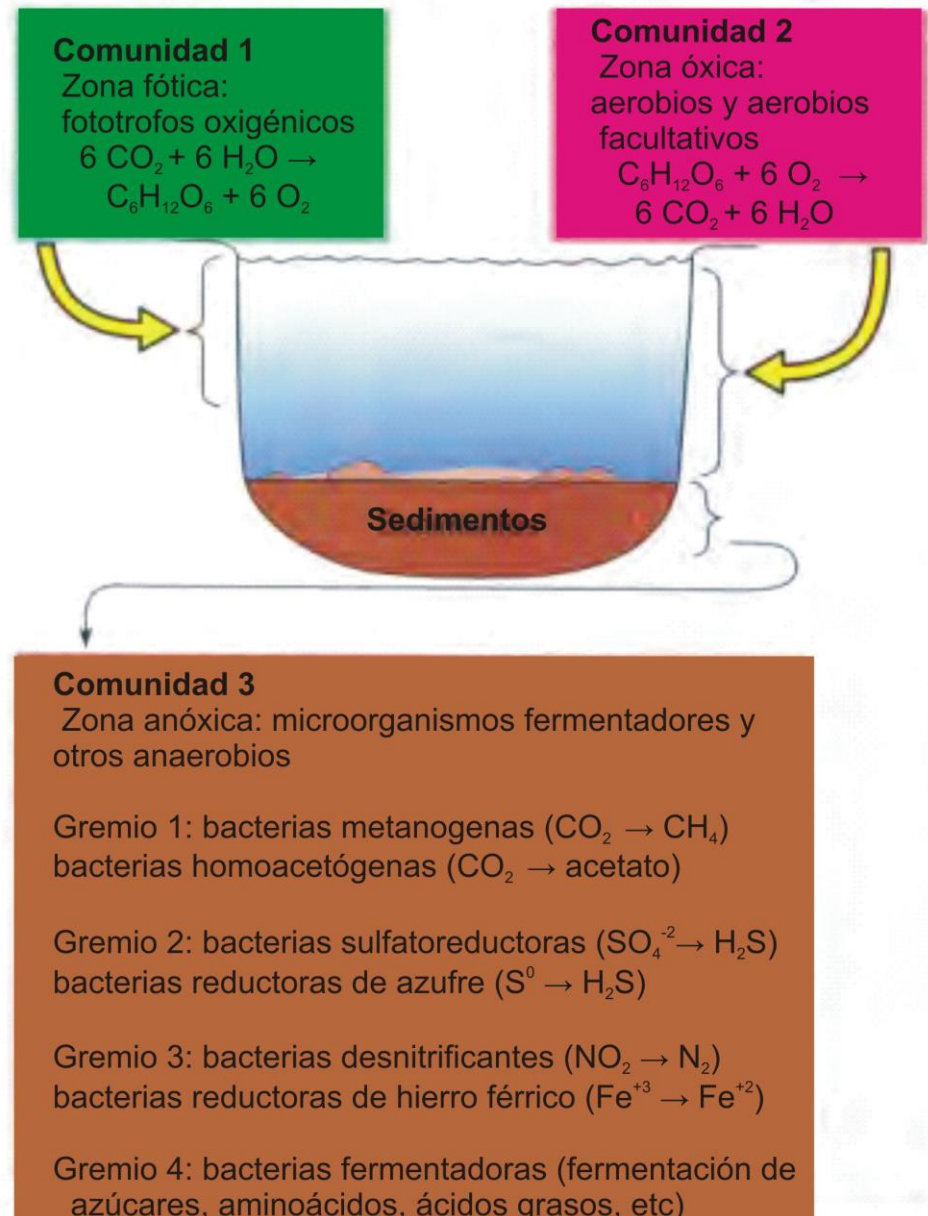
Dos especies que conviven en un mismo espacio no pueden ocupar el mismo nicho ecológico (competencia).

Relaciones de distintas comunidades en un ecosistema

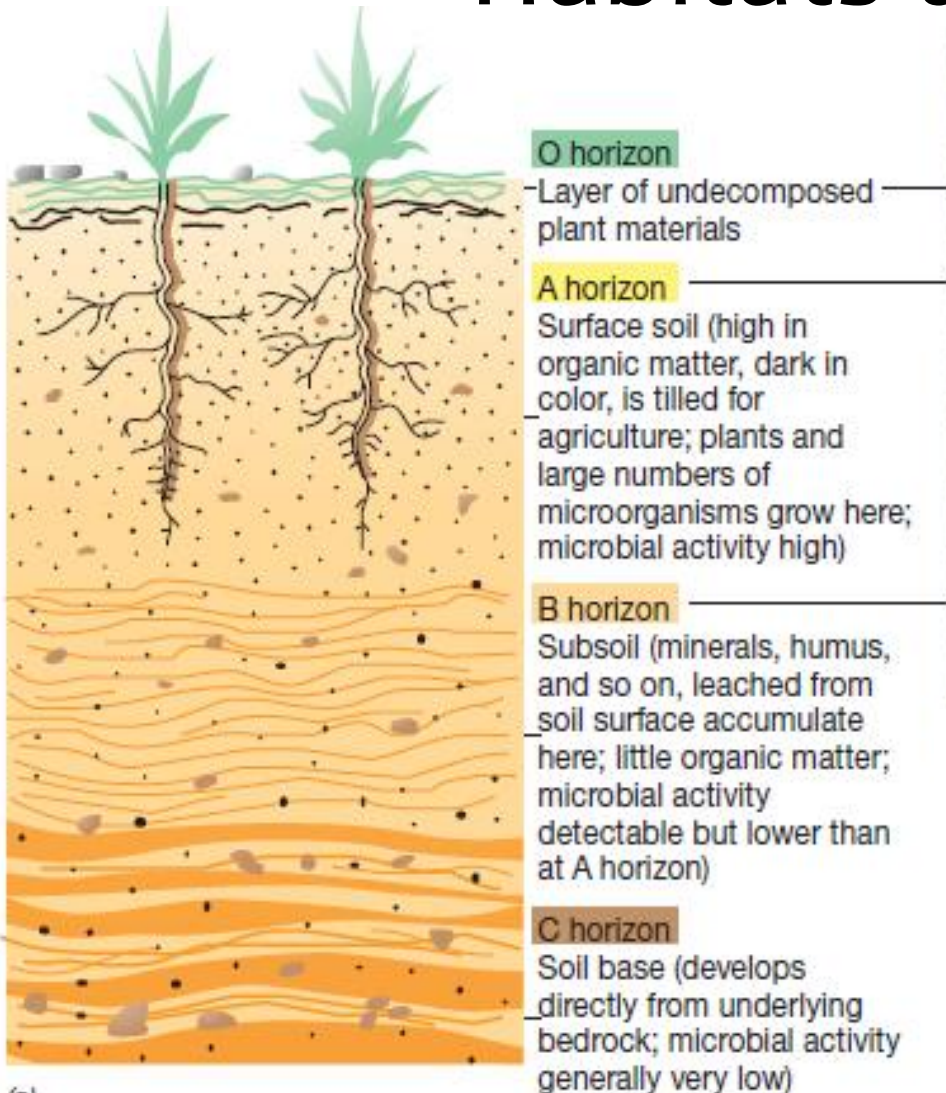
Gremios: agrupaciones de microorganismos metabólicamente relacionadas

Comunidad: conjunto de poblaciones en un lugar-tiempo

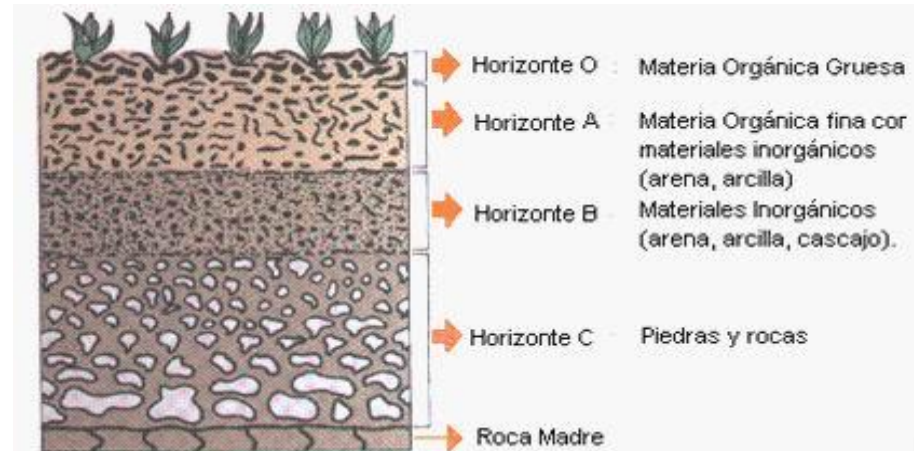
Ecosistema: comunidades de microorganismos que interactúan con el ambiente.



Hábitats terrestres



Los suelos varían en la composición de limo, arcilla, arena y tierra



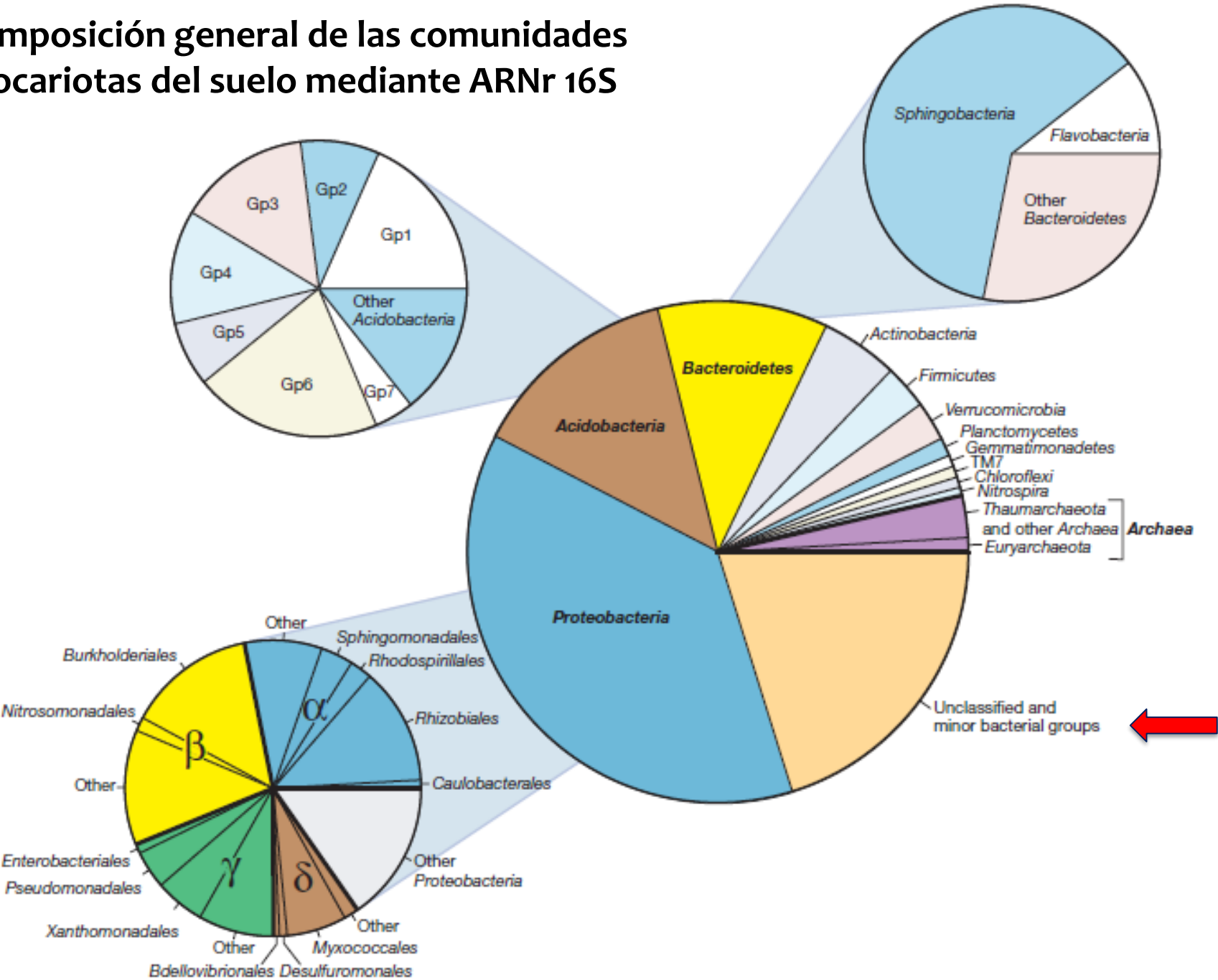
La mayor actividad se produce en las capas superficiales y alrededor de las raíces (rizósfera).

La actividad microbiana se ve afectada por

- Los nutrientes limitantes son *principalmente* el P y N
- Disponibilidad de agua

Alta diversidad según el tipo de suelo y la localización geográfica.

Composición general de las comunidades procariotas del suelo mediante ARNr 16S





Ambientes acuáticos

Ambientes de agua dulce

Recursos y condiciones muy variables

Fotótrofos oxigénicos: algas y cianobacterias

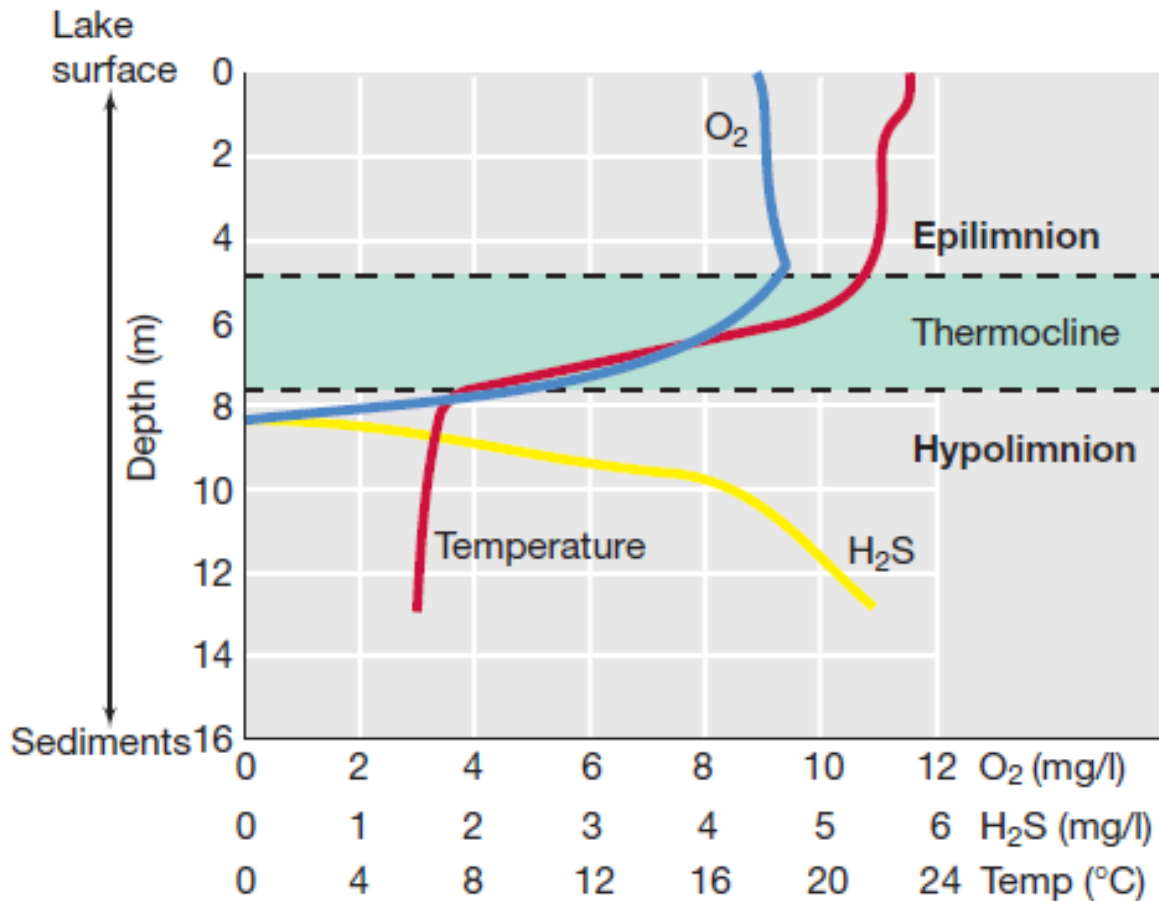


Quimiorganótrofos: su actividad y diversidad depende de la producción primaria.

Lagos templados

En verano la columna de agua se estratifica. Difusión de nutrientes.

En invierno se mezclan las aguas y los nutrientes



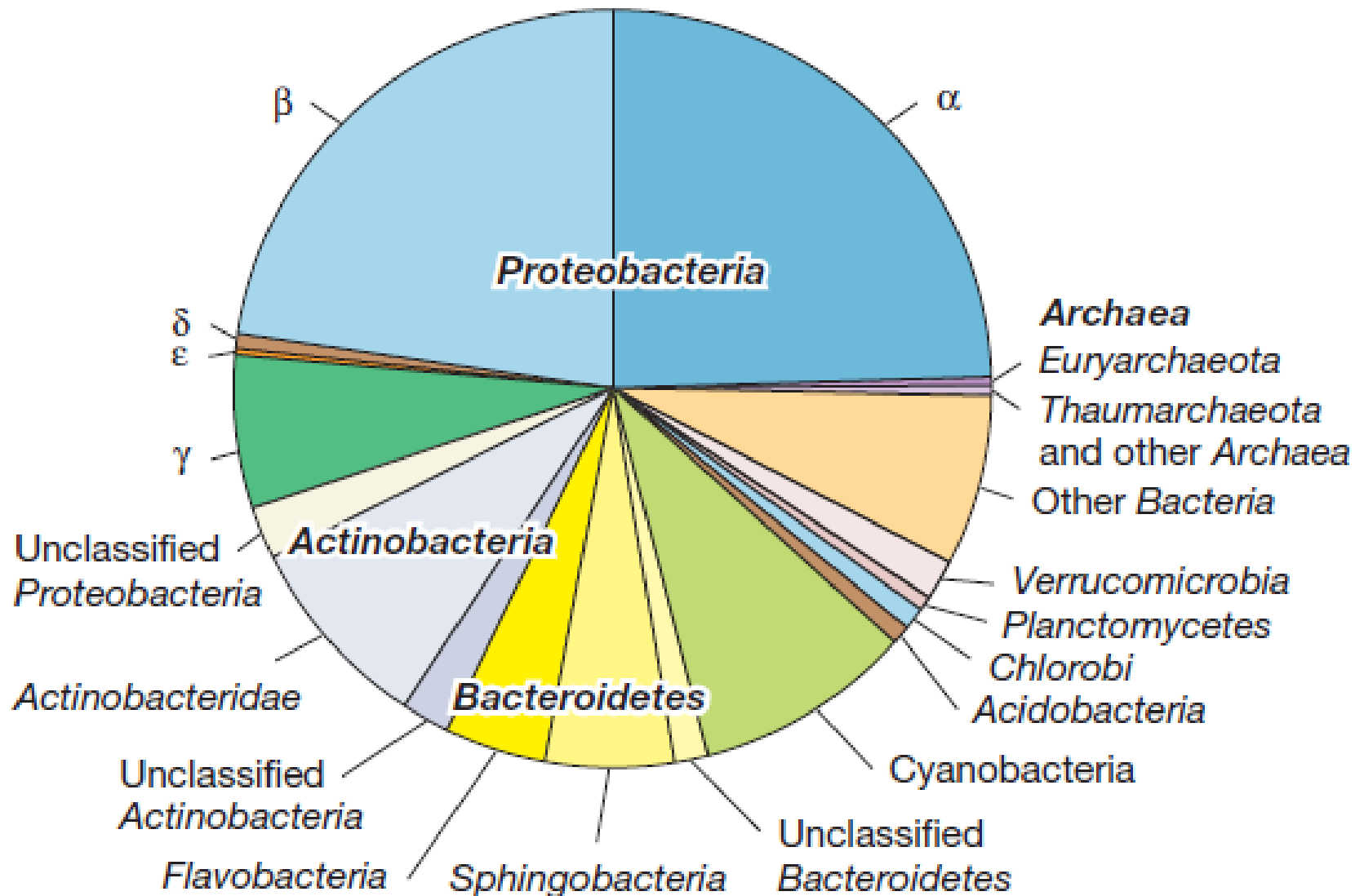
Agua superficial

Zona intermedia

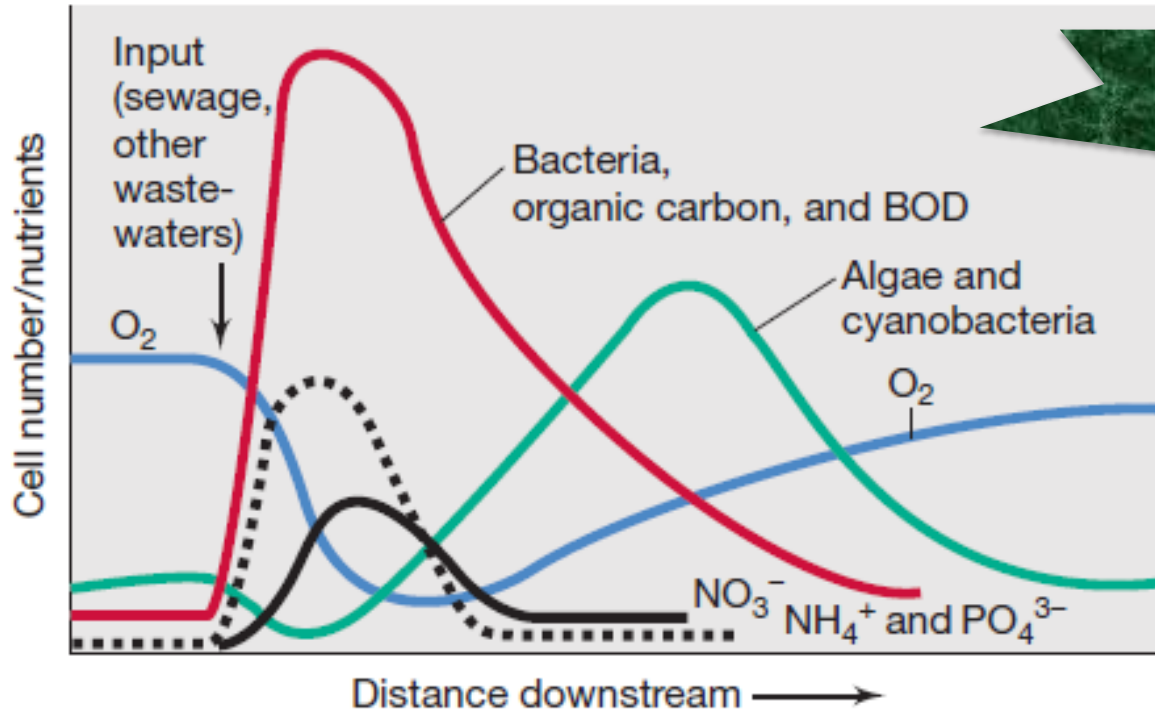
Aguas profundas

Diversidad procariótica en los lagos de agua dulce. Análisis del ARNr 16S.

10⁷ cel/ml



Efecto de la entrada de aguas residuales ricas en materia orgánica



EUTROFIZACION



Proliferación de algas y cianobacterias.

Aumento de la DBO (Demanda Biológica de O_2 : consumo de O_2 microbiano en una muestra de agua)

Aumento de la DQO (Demanda Química de O_2)

Ambiente marino

La concentración de nutrientes es muy baja.

La temperatura es fría y poca variación estacional.

Zonas bien diferenciadas:

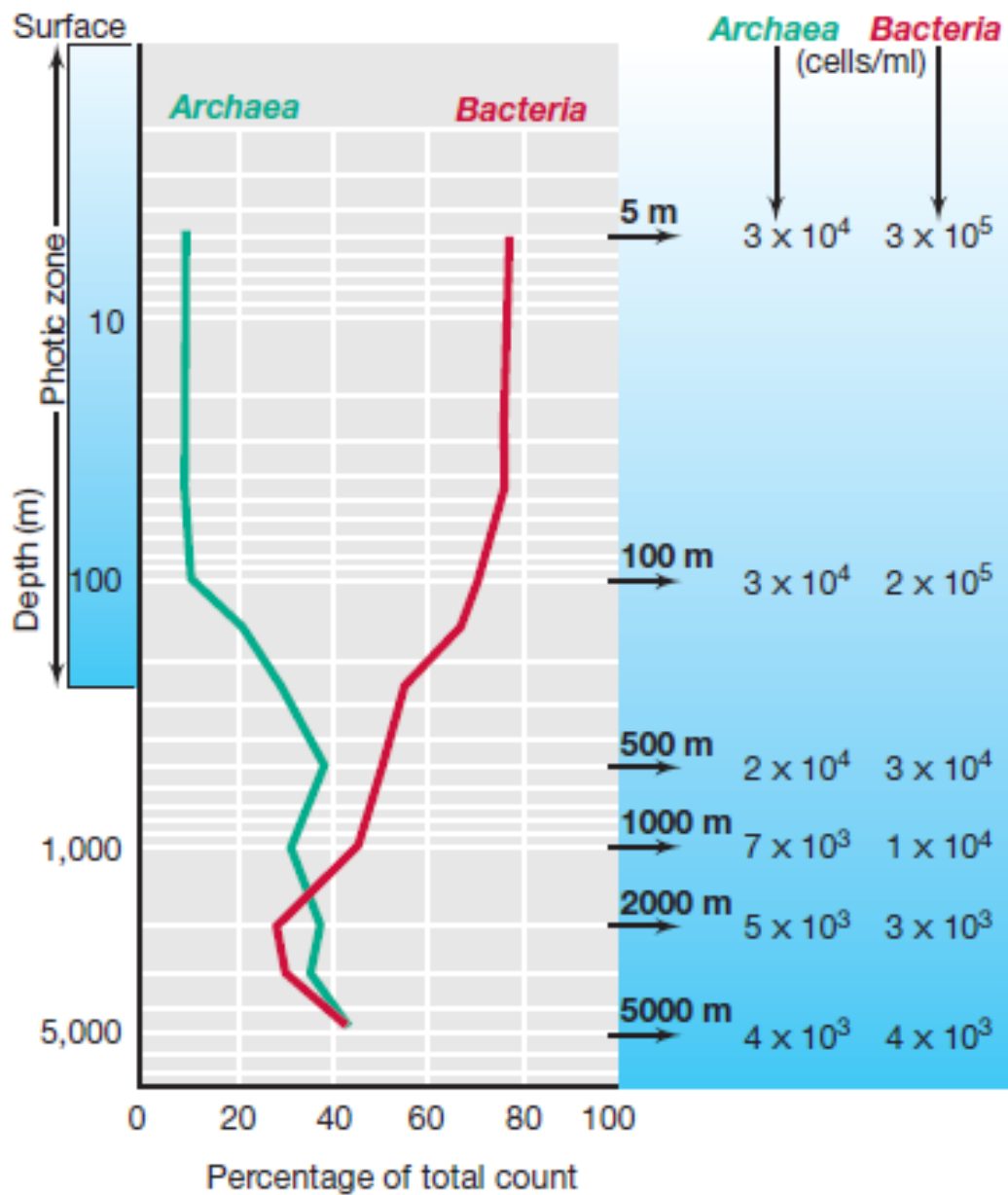
- Superficial: estratificación
- Profundidades
- Desembocadura de ríos: aporte materia orgánica, salinidad
- Costas: condiciones fisicoquímicas variables

Los organismos son más pequeños → adaptación a [nutrientes]

Menor productividad primaria/vol

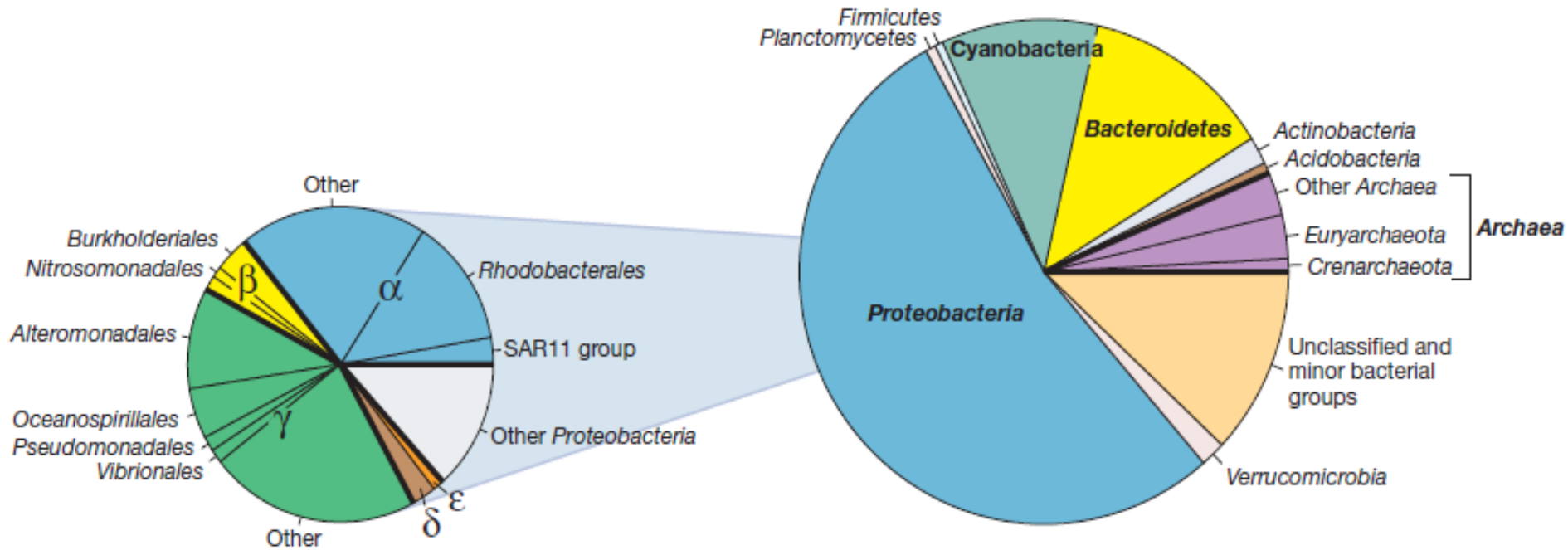
Zona costera más productiva. Base de la cadena trófica.

Recuento de procariotas en el Pacífico Norte



Diversidad procariótica en los océanos. Análisis del ARNr 16S.

10⁷ cel/ml



Los microorganismos suelen crecer adheridos a superficies

¿A qué llamamos superficie?

Un elemento inerte, ej una roca, una partícula orgánica

Otro organismo, ej raíces de plantas, mucosa intestinal

Un elemento artificial, ej una tubería

¿Por qué es más favorable adherirse a superficies?

- Mayor acceso a nutrientes
- Protección a los depredadores o sustancias tóxicas
- Protección a cambios físico-químicos
- Establecen relaciones con otras bacterias, intercambian material genético

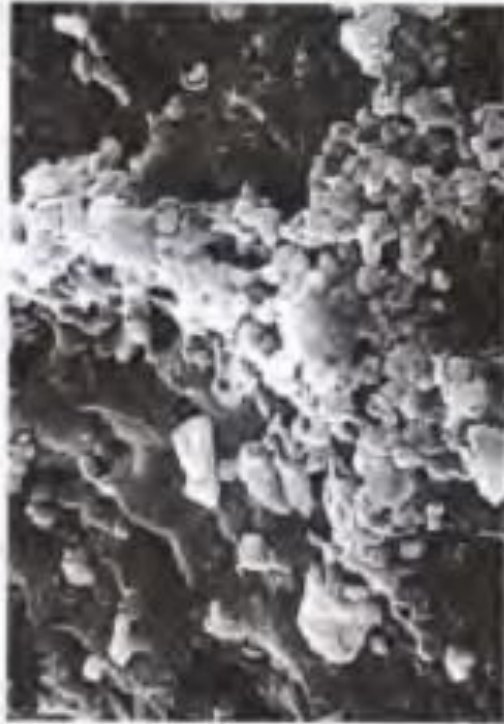


Creación de un nicho favorable

Los microorganismos suelen crecer adheridos a superficies



(a) Bacilos cortos



(b) Esporas de hongo

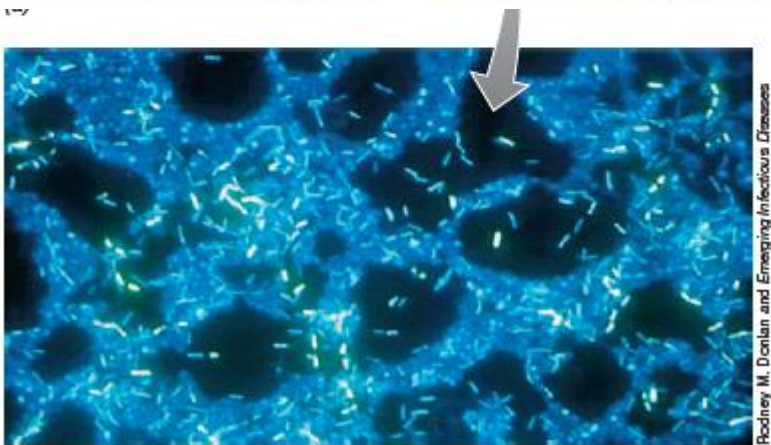
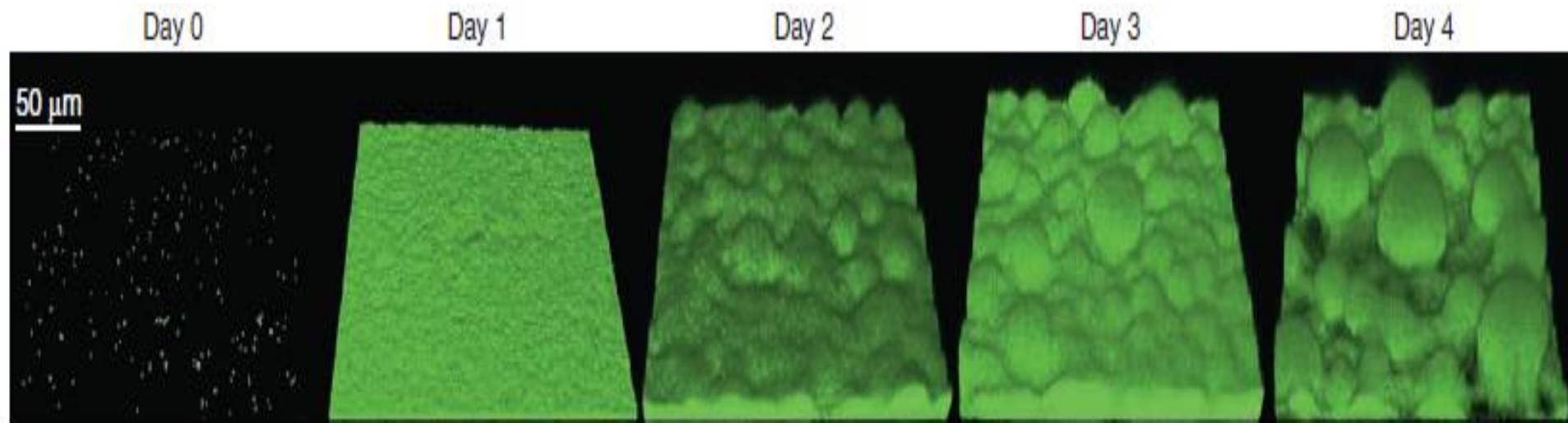


(c) Hifas de hongo



Creación de un nicho favorable

A medida que las células crecen en la superficie forman una biopelícula



Rodney M. Donlan and Emerging Infectious Diseases

Biopelícula teñida con DAPI en tubería de acero inoxidable

La actividad del agua afecta el desarrollo de los microorganismos:

La A_w está afectada por dos factores:

- la concentración de solutos en la solución, conocido como efecto osmótico
- la adsorción a superficies, denominado efecto matricial

Los valores mínimos de A_w para ciertos microorganismos varían:

Organismos	Especie	A_w
Bacterias	<i>Escherichia coli</i>	0,935 a 0,960
	<i>Staphilococcus aureus</i>	0,900
	<i>Halobacterium halococcus</i>	0,75
Hongos	<i>Xeromyces bisporus</i>	0,60 (el de menor actividad)
Levaduras	<i>Sacharomyces rouxii</i>	0,60 (el de menor actividad)

Demanda Biológica de Oxígeno

Se define como **DBO** de un líquido a la cantidad de oxígeno que los **microorganismos**, especialmente bacterias (aeróbicas o anaerobias facultativas: *Pseudomonas*, *Escherichia*, *Aerobacter*, *Bacillus*), hongos y plancton, **consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra**. Se expresa en mg/L (ppm).

- Cuanto mayor cantidad de materia orgánica contiene la muestra, más oxígeno necesitan sus microorganismos para oxidarla (degradarla).
- Como el proceso de descomposición varía según la temperatura, su medición se realiza en forma estándar durante cinco días a 20 °C; esto se indica como DBO₅.
- Según las reglamentaciones, se fijan valores de DBO máximo que pueden tener las aguas residuales, para poder verterlas a los ríos y otros cursos de agua.

Biorremediación

Eliminación de compuestos químicos tóxicos del ambiente a través de la actividad de microorganismos.



- ✓ Tratamiento de aguas residuales
 - ✓ Digestión de biosólidos
 - ✓ Rellenos sanitarios
 - ✓ Land farming

Para que un compuesto pueda ser biodegradado, es necesaria la presencia de todas las **enzimas** involucradas en el proceso de biodegradación: la falta de alguna de ellas detiene el proceso.

Bioestimulación

La bioestimulación consiste en modificar el medio, mediante el aporte de nutrientes, aireación y otros procesos para favorecer el crecimiento de microorganismos autóctonos.

Bioaumentación

Consiste en la introducción de microorganismos aclimatados o incluso modificados genéticamente en el medio, con el fin de mejorar la biodegradación.

Los compuestos orgánicos pueden ser clasificados según el tiempo que tardarán en biodegradarse:

- **biodegradables:** se degradan rápidamente (aprox 28 días).
- **persistentes:** no sufren degradación en un medio ambiente particular, pero si pueden ser degradados en condiciones experimentales específicas: selección de cepas de microorganismos, adición de nutrientes para favorecer el proceso de biodegradación (hasta 3 meses). Ej: clorofenoles
- **recalcitrantes:** intrínsecamente no biodegradables. Ej: asfaltos.

Biorremediación de ambientes contaminados con U^{+6}

U^{+6} es soluble \longrightarrow contaminación de napa freática

↓
transformación bacteriana
Schewanella y *Geobacter*

U^{+4} es insoluble \longrightarrow deposición

Proyecto en desarrollo por oxidarse el U en presencia de O_2

Biodegradación de metales pesados: genes de resistencia

Toxicidad del mercurio

- Producto industrial
- Plaguicidas
- Fabricación de pilas
- Tratamiento de residuos urbanos

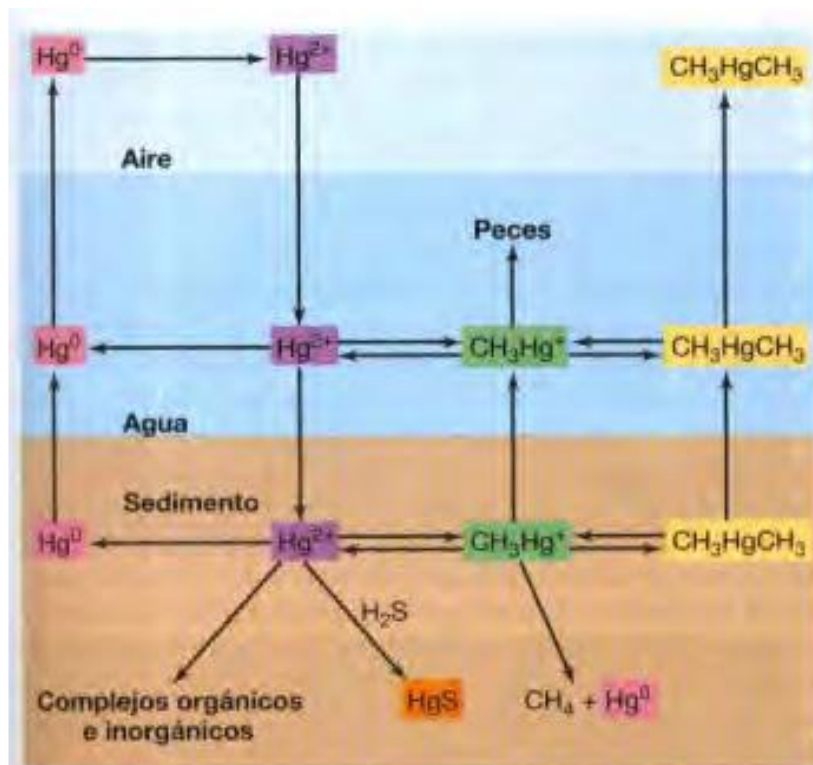


Figura 19.43 Ciclo biogeoquímico del mercurio. Los principales reservorios de mercurio son el agua y los sedimentos, a partir de donde pueden concentrarse en los tejidos animales o precipitarse en forma de HgS . Las diversas formas de mercurio que se encuentran normalmente en los medios acuáticos se indican con diferente color.

El metil mercurio es aún muchísimo más tóxico que el Hg^{+2}

Biotransformación del Hg a formas no tóxicas

Reductasa mercúrica

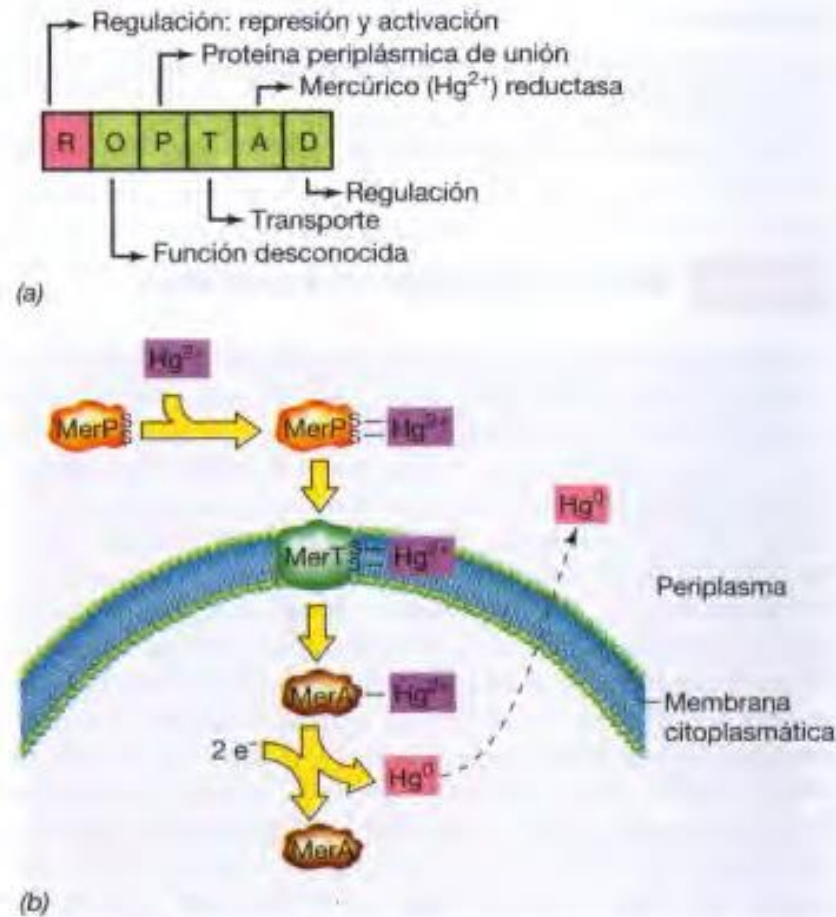


Figura 19.44 Mecanismo de reducción de Hg^{2+} a Hg^0 por *Pseudomonas aeruginosa*. (a) El operón *mer*. MerR puede funcionar bien como represor (en ausencia de Hg^{2+}), bien como activador transcripcional (en presencia de Hg^{2+}). (b) Transporte y reducción de Hg^{2+} . El Hg^{2+} se une a los residuos de cisteína en ambas proteínas MerP y MerT.

Biorremediación de hidrocarburos (HC)

La contaminación a pequeña escala con HC es frecuente en ecosistemas acuáticos y suelos debido a actividades humanas.

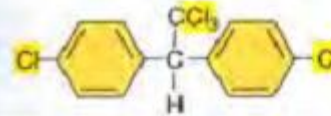
Los HC contienen una fracción volátil (alifáticos y aromáticos), una fracción no volátil biodegradable y una fracción persistente (HC policíclicos y ramificados).

Las bacterias, los hongos y algunas algas verdes son los principales agentes de la descomposición del petróleo y sus derivados, oxidándolos hasta CO_2 .

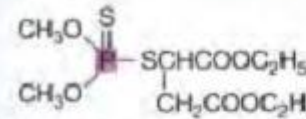
La oxidación de los HC es más intensa en presencia de P, N y a T° óptima.

Biodegradación de petróleo

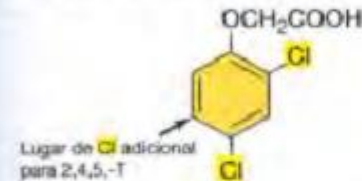
Degradación de xenobióticos (productos químicos que no existen de forma natural) principalmente plaguicidas y plásticos



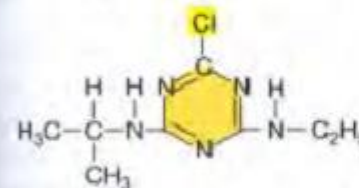
DDT; diclorodifeniltricloroetano (compuesto organoclorado)



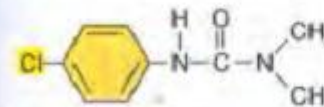
Malatión; éster dietilo del ácido mercaptosuccínico (compuesto organofosforado)



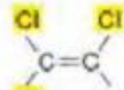
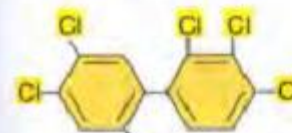
2,4-D; ácido 2,4-diclorofenoxiacético (derivado del ácido diclorofenoxiacético)

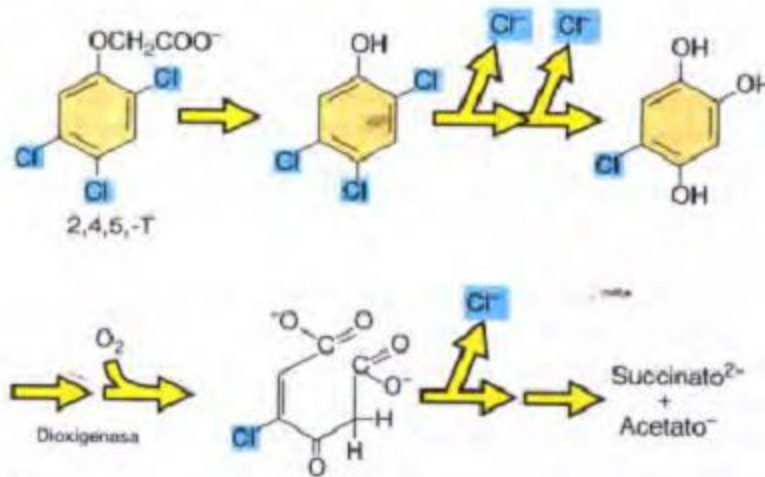


Atracina, 2-cloro-4-etilamino-6-isopropilaminotracina (derivado de triacina)



Monurón; 3-(4-clorofenil)-1,1-dimetilurea (urea sustituida)





(b)

Figura 19.50 Biodegradación del herbicida 2,4,5-T. (a) Crecimiento de *Burkholderia* (antes *Pseudomonas*) *cepacia* sobre 2,4,5-T como única fuente de carbono y energía. La cepa se enriqueció usando un quimiostato para mantener baja la concentración de herbicida. El crecimiento aquí es aeróbico sobre 1,5 g/l de 2,4,5-T. La liberación de cloro de la molécula indica biodegradación. (b) Vía de la degradación aeróbica de 2,4,5-T. Nótese los pasos en la liberación de Cl⁻. Los productos finales, succinato y acetato, son catabolizados en el ciclo del ácido cítrico (véase Figura 5.22). El mecanismo de acción de una dióxigenasa se trata en el Capítulo 17 (véase Figura 17.56c)

Plásticos sintéticos

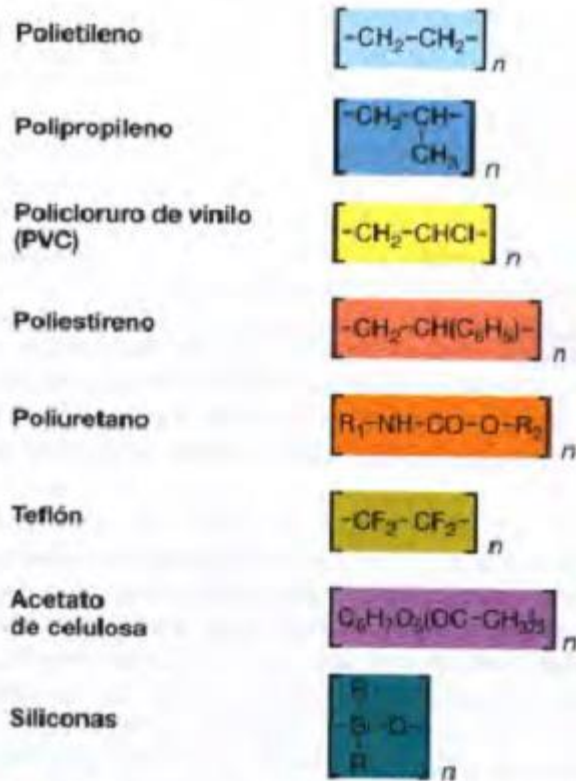


Figura 19.51 Química de polímeros sintéticos. Estructura del monómero de algunos polímeros sintéticos comunes.

Muy difícil de degradar

Plásticos naturales



(a)



(b)

Figura 19.52 (a) Copolímero PVH/PHB. (b) Una marca de champú comercializado en Europa y envasado en una botella de «plástico bacteriano». La botella se compone de un copolímero de poli-β-hidroxibutirato (PHB) y poli-β-hidroxivalerato (PHV). Al tratarse de un producto natural, la botella se degrada tanto aeróbica como anaeróbicamente.

Tratamiento de aguas residuales

Las **aguas residuales** son las aguas negras domésticas y los residuos líquidos industriales que no pueden ser eliminados sin tratamiento previo en lagos o ríos.

Su tratamiento implica métodos físicos, químicos y biológicos (microorganismos). Posteriormente, el **agua afluyente**, puede ser vertida al medio ambiente o tratada en plantas potabilizadoras.

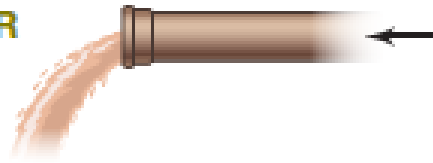
Según las reglamentaciones, se fijan valores de DBO máximo que pueden tener las aguas residuales, para poder verterlas a los ríos y otros cursos de agua.



Agua potable	0.75 a 1.5 ppm
Agua poco contaminada	5 a 50 ppm
Agua potable negra municipal	100 a 400 ppm
Residuos industriales	500 a 10000 ppm



WASTEWATER



Used water from industrial and residential sources

Cribado

PRIMARY treatment

Sedimentation

Anaerobic digestion

Aerobic oxidation

Activated sludge/aeration
Trickling filter

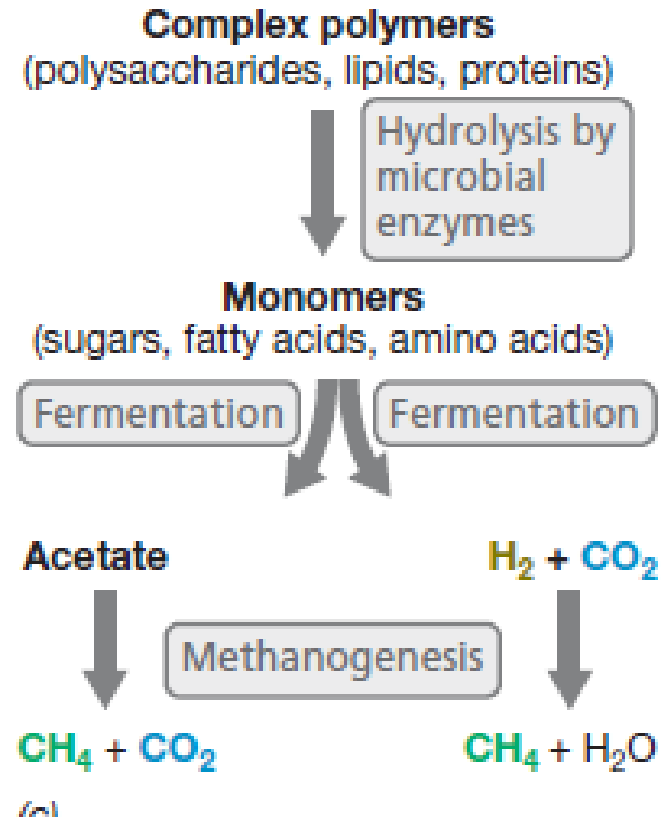
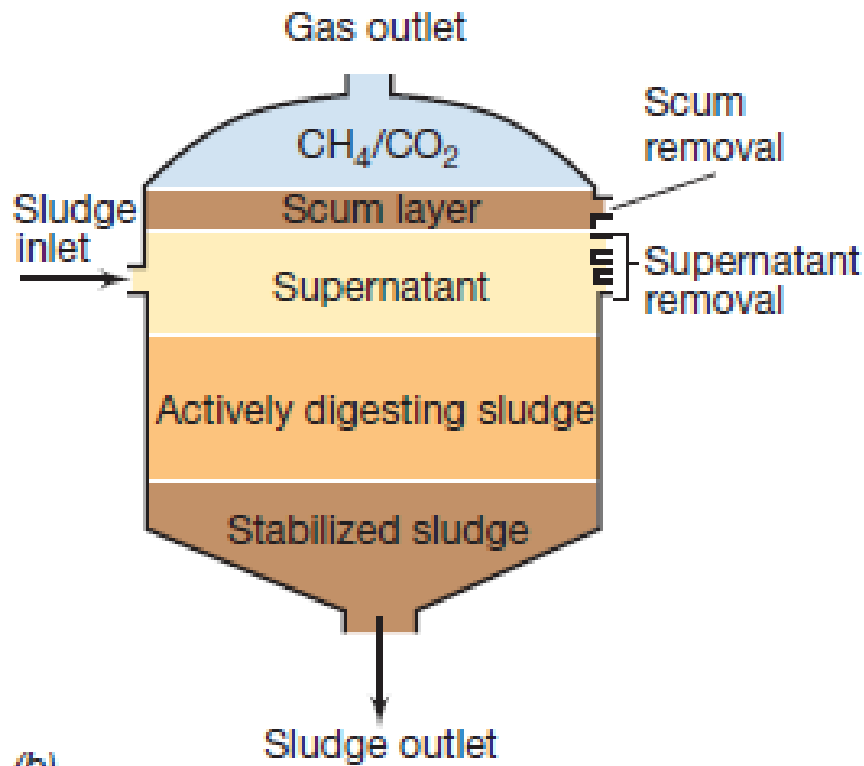
SECONDARY treatment

Digested sludge:
drying; incineration;
use as fertilizer, or
burial

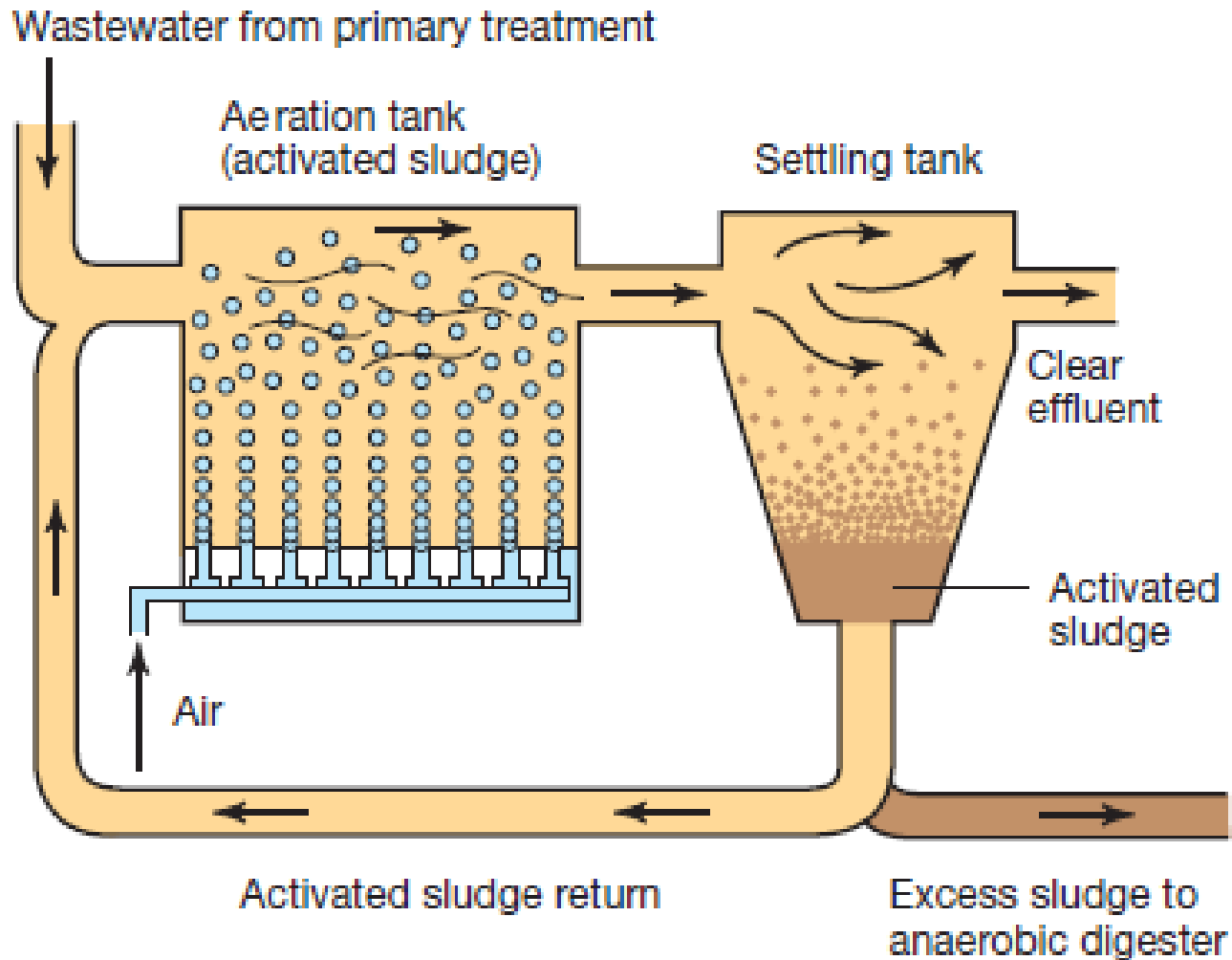
Disinfection → Treated effluent to discharge



Tratamiento secundario anaerobio: digestor anaerobio



Tratamiento secundario aerobio : tanque de aireación y sedimentación



La Demanda de Oxígeno de las aguas residuales se debe a:

- Materia orgánica usada como fuente de C por los microorganismos aerobios.
- Nitrógeno oxidable derivado de nitritos, amoníaco y compuestos de nitrógeno orgánico, que sirven de sustrato para bacterias específicas del género *Nitrosomomas* y *Nitrobacter*, que oxidan el Nitrógeno amoniacal en nitritos y nitratos.
- Compuestos reductores químicos, como sulfitos, sulfuros y el ión ferroso que son oxidados por Oxígeno disuelto.