

**Titulo: BACTERIAS DEL SUELO**  
**Unidad de Aprendizaje: Microbiología Agrícola**  
**Programa Educativo: Ingeniero Agrónomo Fitotecnista**

**Autor: Dra. Salgado Siclán M**



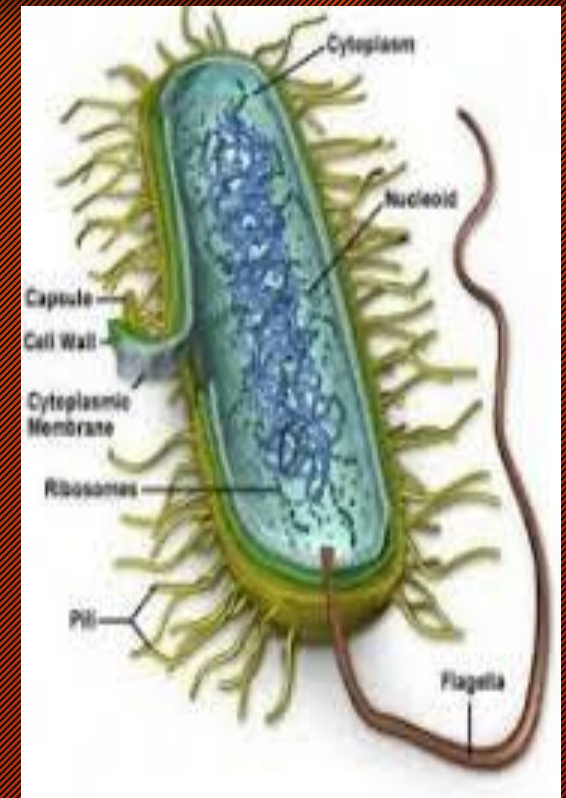
# Presentación

- El tema de “Bacterias del suelo” contempla las características de las bacterias del suelo como su morfología, fisiología interacciones e importancia agrícola. El tema se imparte en la Unidad II, de la Unidad de Aprendizaje de Microbiología Agrícola, en el tercer semestre de la Carrera de Ingeniero Agrónomo Fitotecnista.
- En esta unidad el alumno aprende la importancia de las bacterias en el suelo como organismos que mediante sus interacciones y metabolismo quimiolitotrófico y quimiorganotrofo participan en una serie de transformaciones agrícolas como la degradación de la materia orgánica, la fijación del Nitrógeno, antibiosis, entre otras.



# Introducción

Las bacterias, son organismo unicelulares procariontes que habitan el suelo. Su importancia radica en que son el grupo mas abundante en la naturaleza y sin ellas no existiría la vida en la tierra debido a la participación que tienen en los flujos de energía, transformación de la materia orgánica, producción de metabolitos, interacciones biológicas y ciclos bio-geo-químicos.



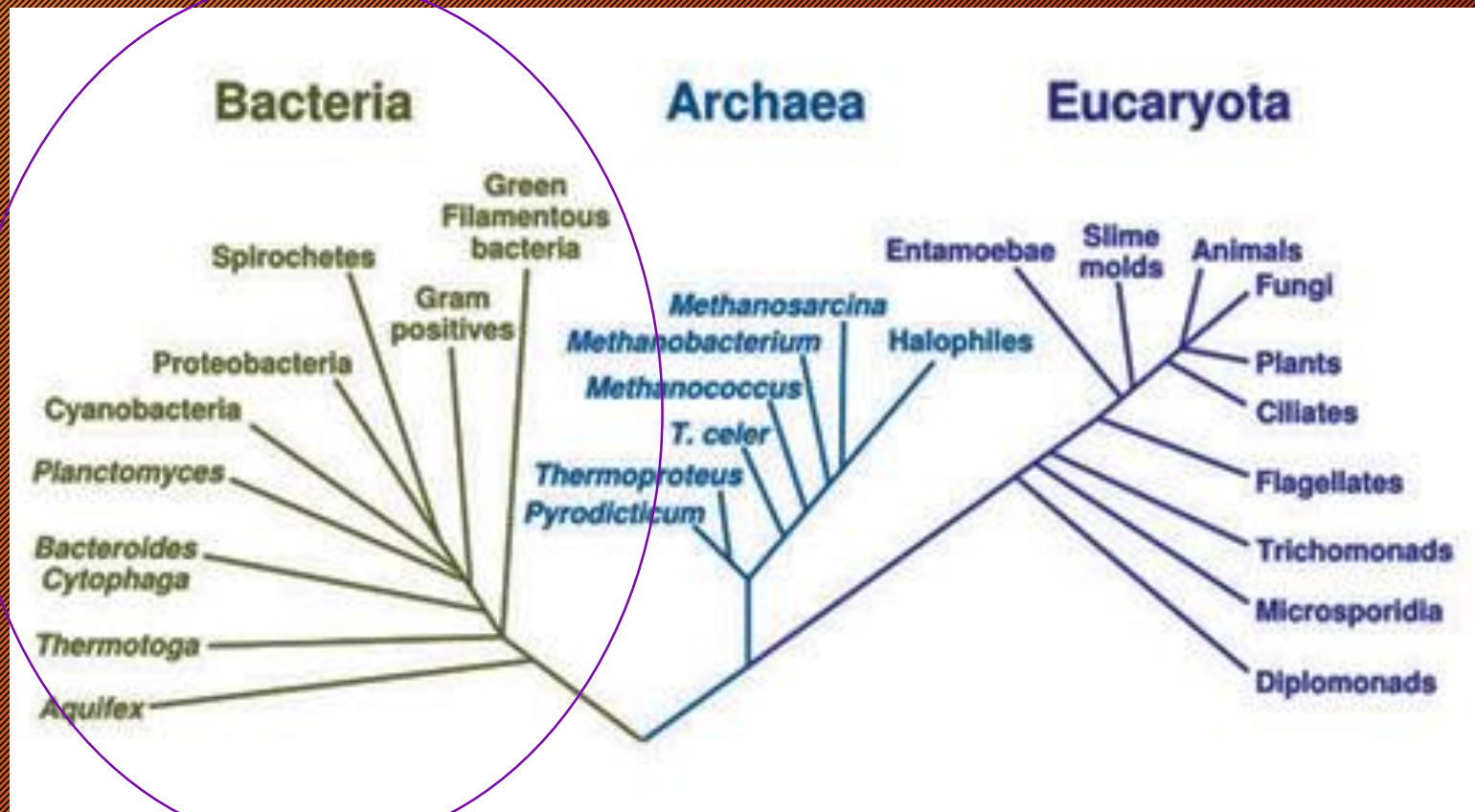


# Actividad bacteriana en el suelo





# UBICACIÓN TAXONOMICA DE LAS BACTERIAS



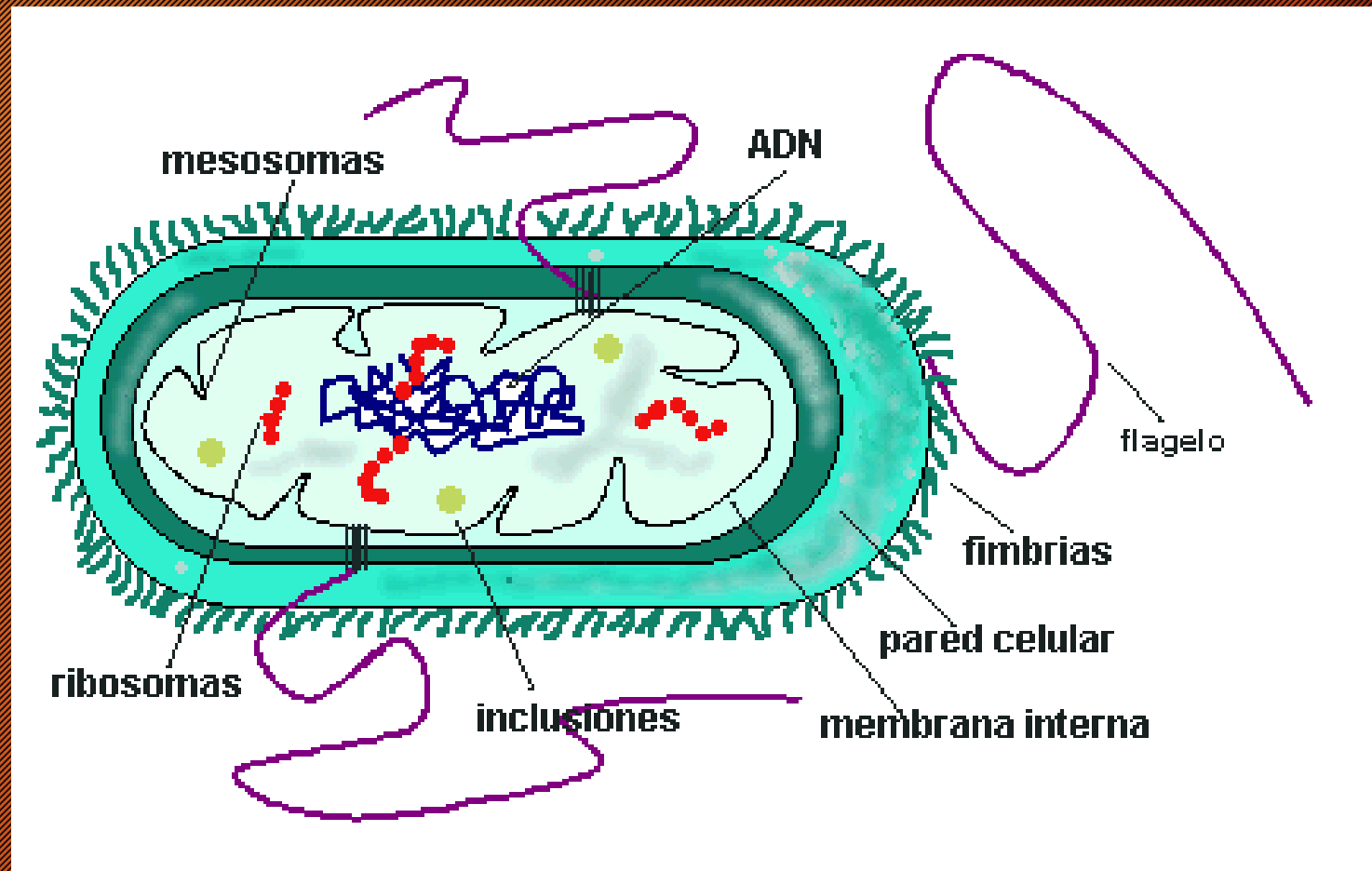


# Definición de las bacterias del suelo

- Organismo unicelulares
- Procariontes
- Tamaño 0.6-3.5 micras y diámetro 0.5-1 micra
- Aerobias y anaerobias
- Forma de bastón, esféricas, elipsoidales
- espirales, de coma
- Pared celular (Glucanos)
- Capsula (capa mucilaginosa)
- Pilis/ fimbrias (quimiotactiles)
- Algunas presentan flagelos o no
- Algunas presentan espora
- Reproducción asexual por fisión binaria
- Quimiolitotróficaso quimiorganotrófas
- Saprofitos, patógenos

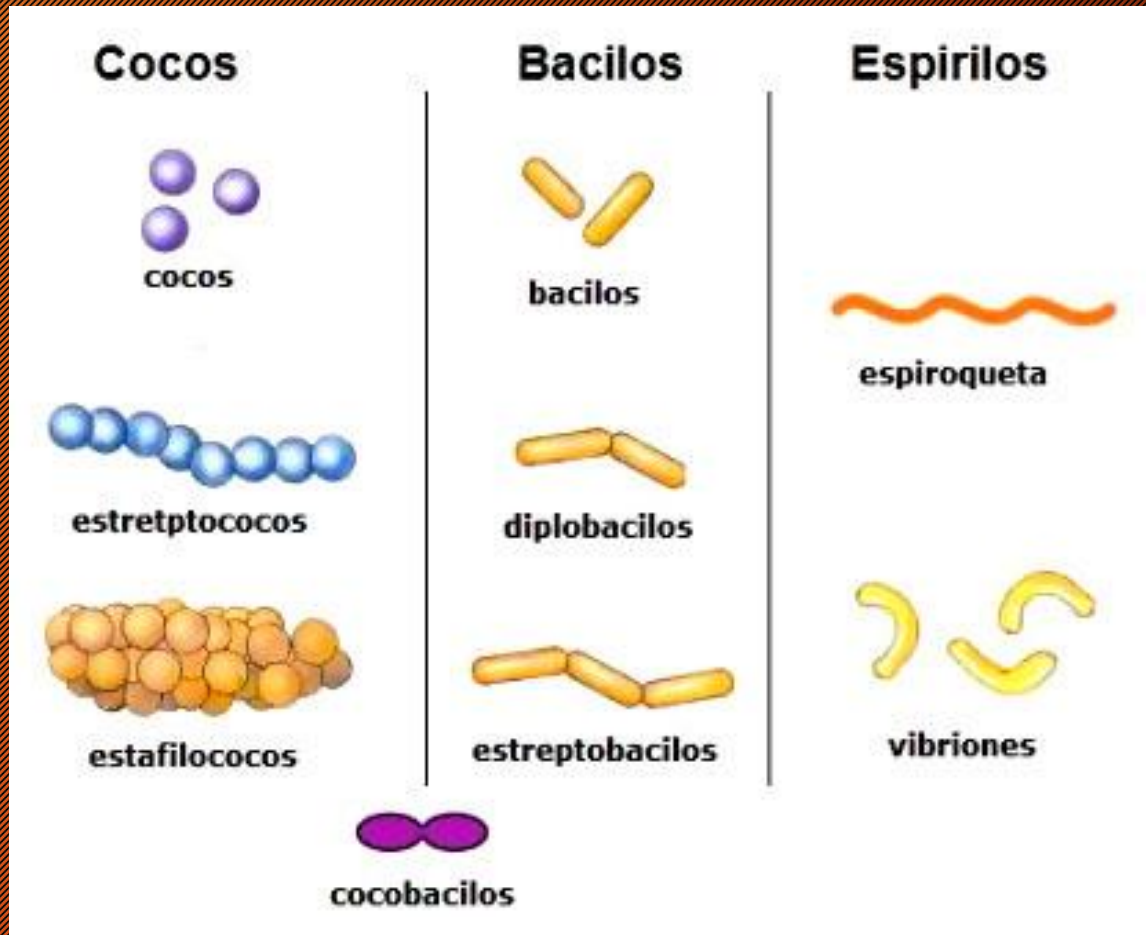


# Morfología de la célula bacteriana



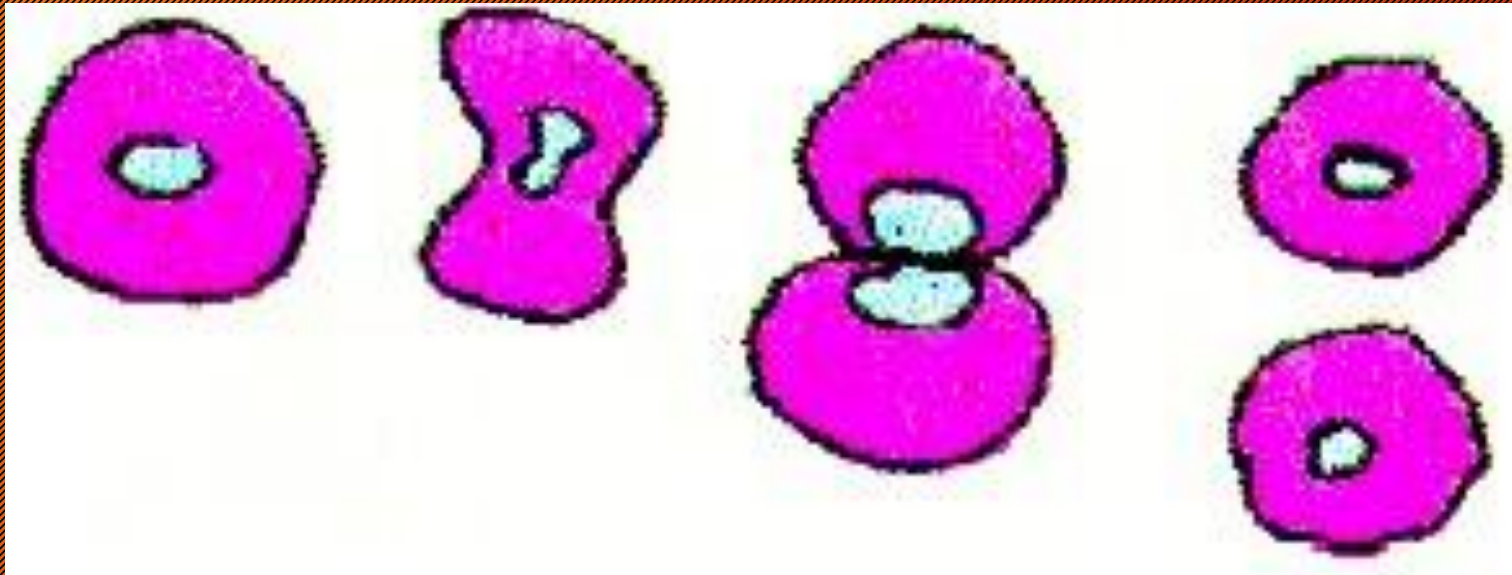


# Morfología de la célula bacteriana



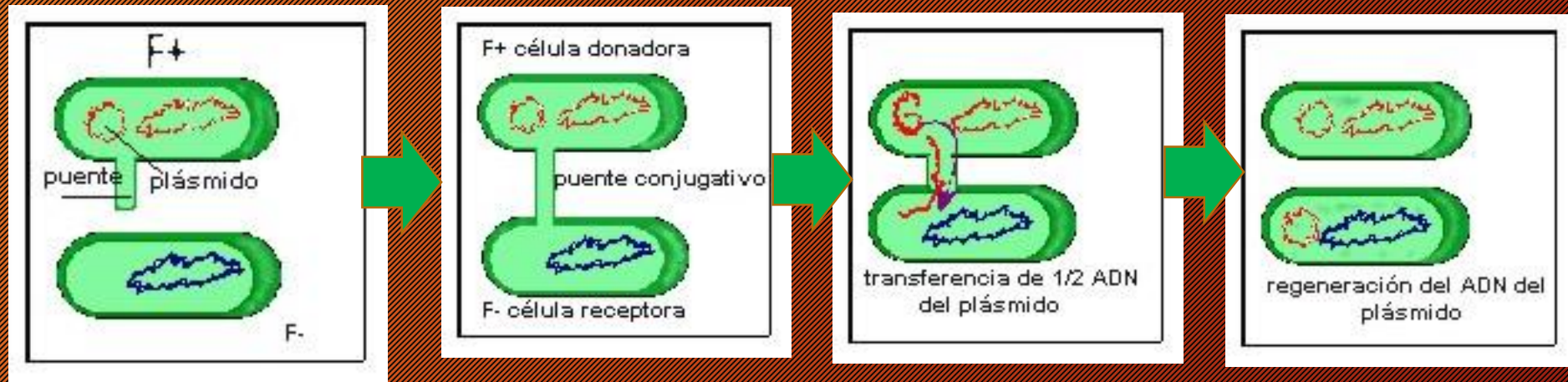


# Reproducción bacteriana por Fisión binaria



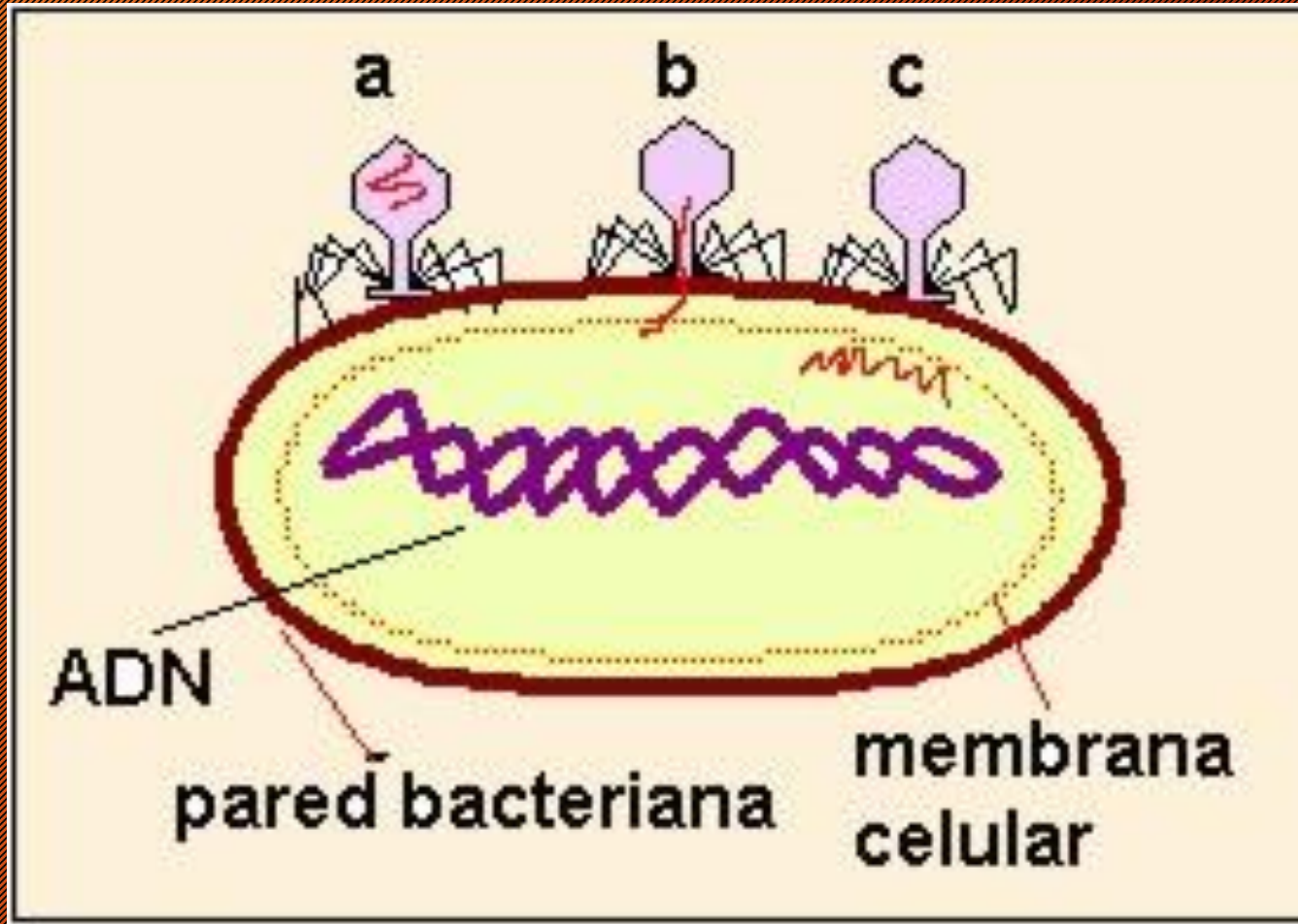


# Conjugación bacteriana (Transferencia de ADN del Plásmido)





# Transducción bacteriana: Transferencia de ADN del virus (bacteriófago)





# Formación de endospora



Forma y localización de la endospora bacteriana



# Nutrición bacteriana





# Factores de crecimiento: Macronutrientes

ELEMENTO	COMPUESTOS DONDE INTERVIENENE
Carbono	Compuestos Orgánicos: Glucosa, Aminoácidos
Hidrógeno	Agua, Compuestos orgánicos,
Oxígeno	Agua, peróxido, Compuestos orgánicos,
Nitrógeno	Compuestos orgánicos nitrogenados: $\text{NO}_3$ , $\text{NH}_3$ , $\text{N}_2$
Fosforos	Fosfatos sales: $\text{PO}_4$ , $\text{KHPO}_4$
Azufre	Compuestos azufrados: Cisteina,
Potasio	Sales de Potasio: $\text{KCl}$ , $\text{KH}_2\text{PO}_4$



# Factores de crecimiento: micronutrientes

ELEMENTO	COMPUESTOS
Cobre (Cu)	En la respiración : citocromo oxidasa
Manganeso	Activador de muchas enzimas: Superoxido dismutasa
Molibdeno	Algunas enzimas como Flavinas, Nitrogenasa
Níquel	Algunas hidrogenasas
Hierro	Catalasas, peroxidasas
Zinc	Proteinas que se unen al DNA



# Factores de crecimiento: Vitaminas

VITMINAS	FUNCION
Biotina	Síntesis de Ácidos Grasos
Cobalamina	Síntesis de desoxirribosa
Niacina	Precursor del NAD*
Acido Pantoteico	Precursor de la CoenzimaA
Roboflavina	Precursor del FAD
Vitamina B6	Transformaciones de aminoácidos
Hidroxamatos	Transporta y solubiliza Hierro a la célula

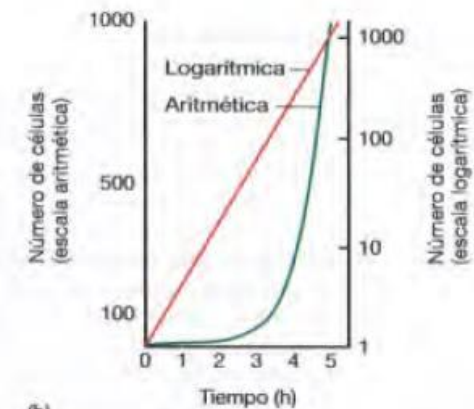


# Crecimiento de Poblaciones bacterianas

- **Crecimiento:** Es el aumento en el número de células microbianas de una población. También puede medirse como un incremento en la masa celular.
- **Velocidad de crecimiento:** es el cambio en el número de células o en la masa celular experimentado por unidad de tiempo.
- **Tiempo de generación:** es el tiempo que se requiere para que la población se duplique o también llamado tiempo de duplicación

Tiempo (h)	Número total de células	Tiempo (h)	Número total de células
0	1	4	256
0,5	2	4,5	512
1	4	5	1024
1,5	8	5,5	2048
2	16	6	4096
2,5	32	·	·
3	64	·	·
3,5	128	10	1 048 576

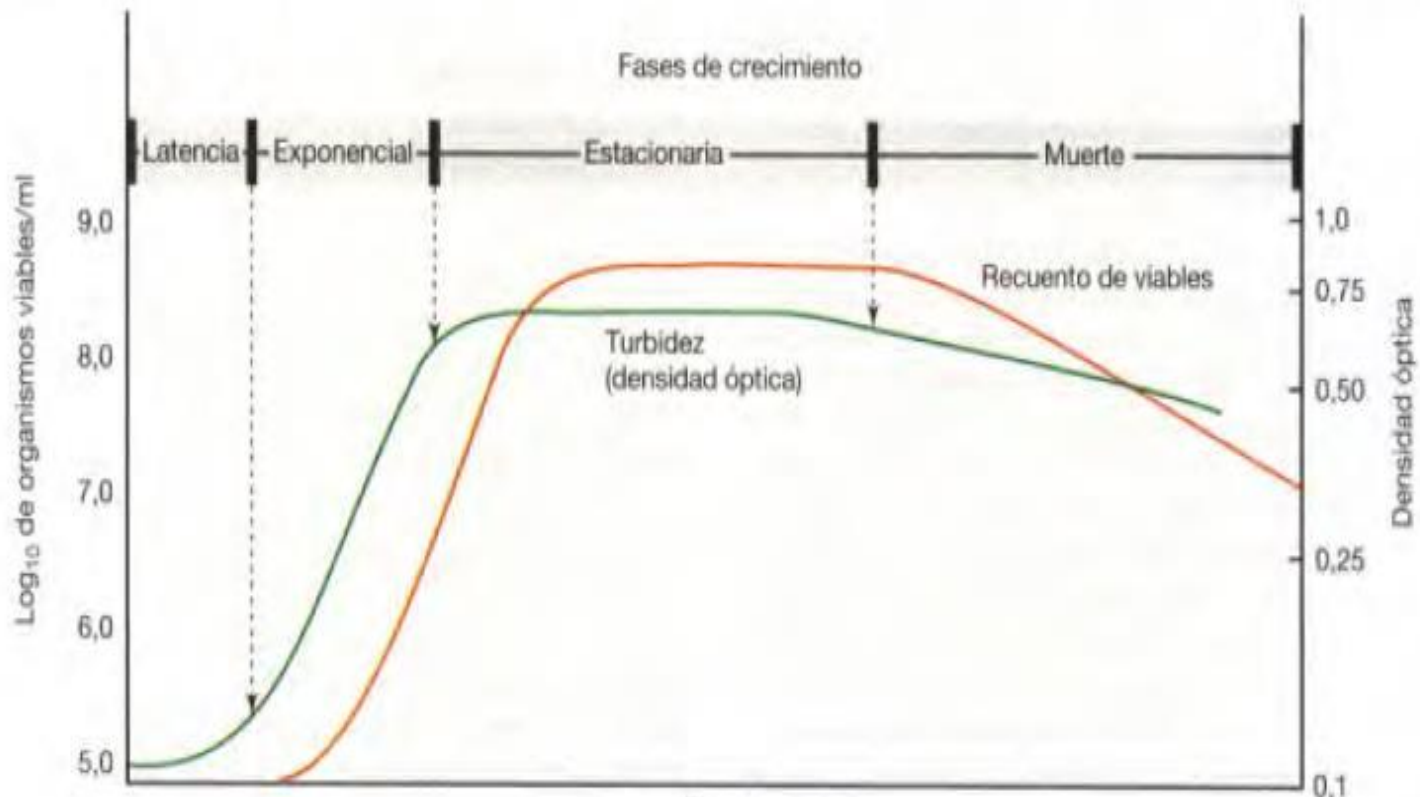
(a)



(b)



# Curva de crecimiento de una población bacteriana

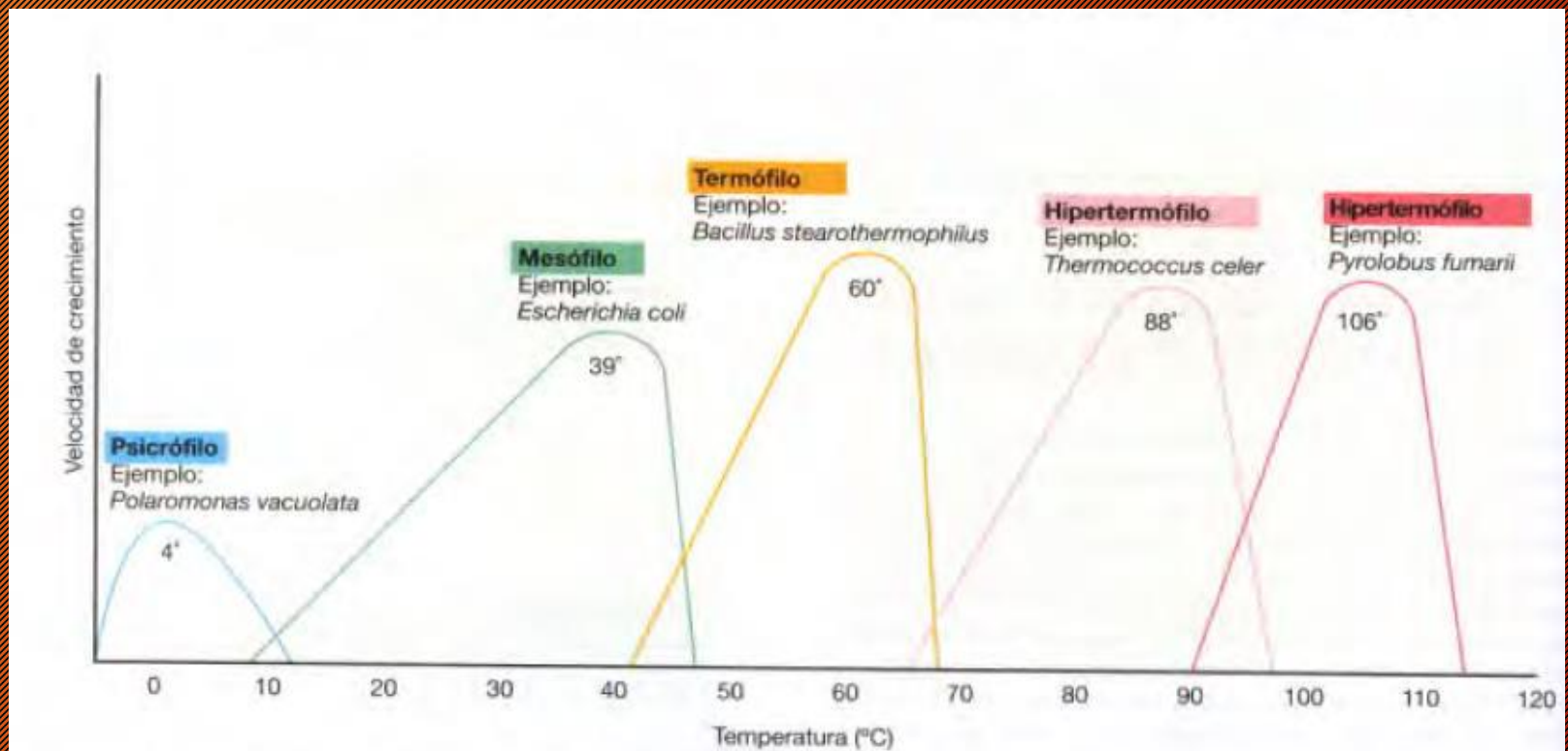


# Bacterias Extremófilas

AMBIENTE EXTREMO	TERMINO DESCRIPTIVO	DOMINIO	HABITAT	RANGO
ELEVADA TEMPERATURA	Termófilas	ARQUEA	Fuente hidrotermal caliente submarinas zonas volcánicas	90-113°C
BAJA TEMPERATURA	Psicrofilas	BACTERIA	Hielo marino, glaciares	0-12 C
pH BAJO	Acidófilas	ARQUEA	Fuentes termales ácidas	0.6 -4 pH
pH ALTO	Alcalófilos	Arquea	Lagos carbonatados	8.5-12
PRESIÓN ALTA	Barofilos	Bacteria	Sedimentos Oceánicos profundos	500 atm 1000 atm
SALINIDAD	Halófila	Arquea	Aguas /sedimentos Salinos	15%- 32%

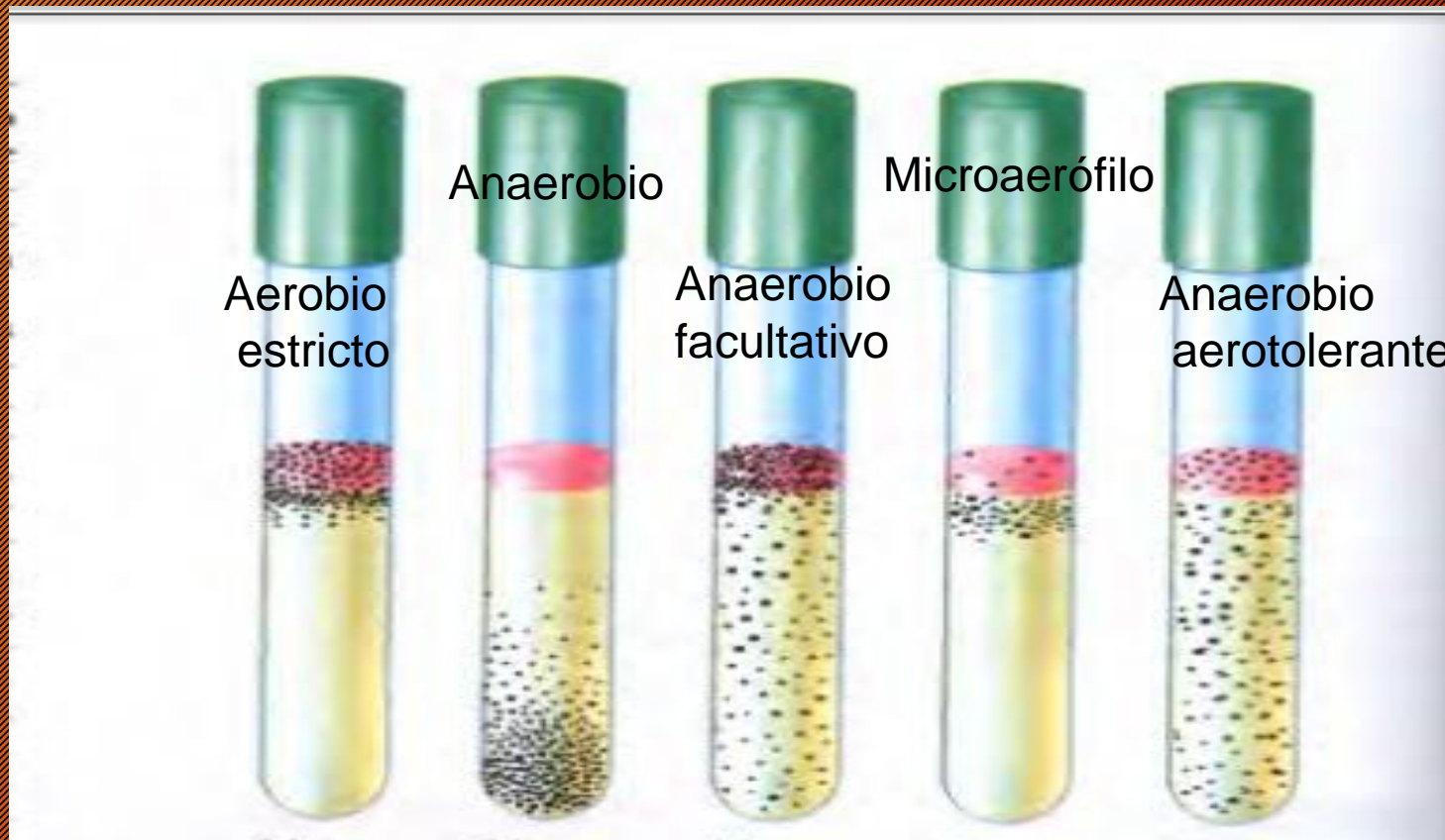


# Termófilos, psicrófilos, mesófilos



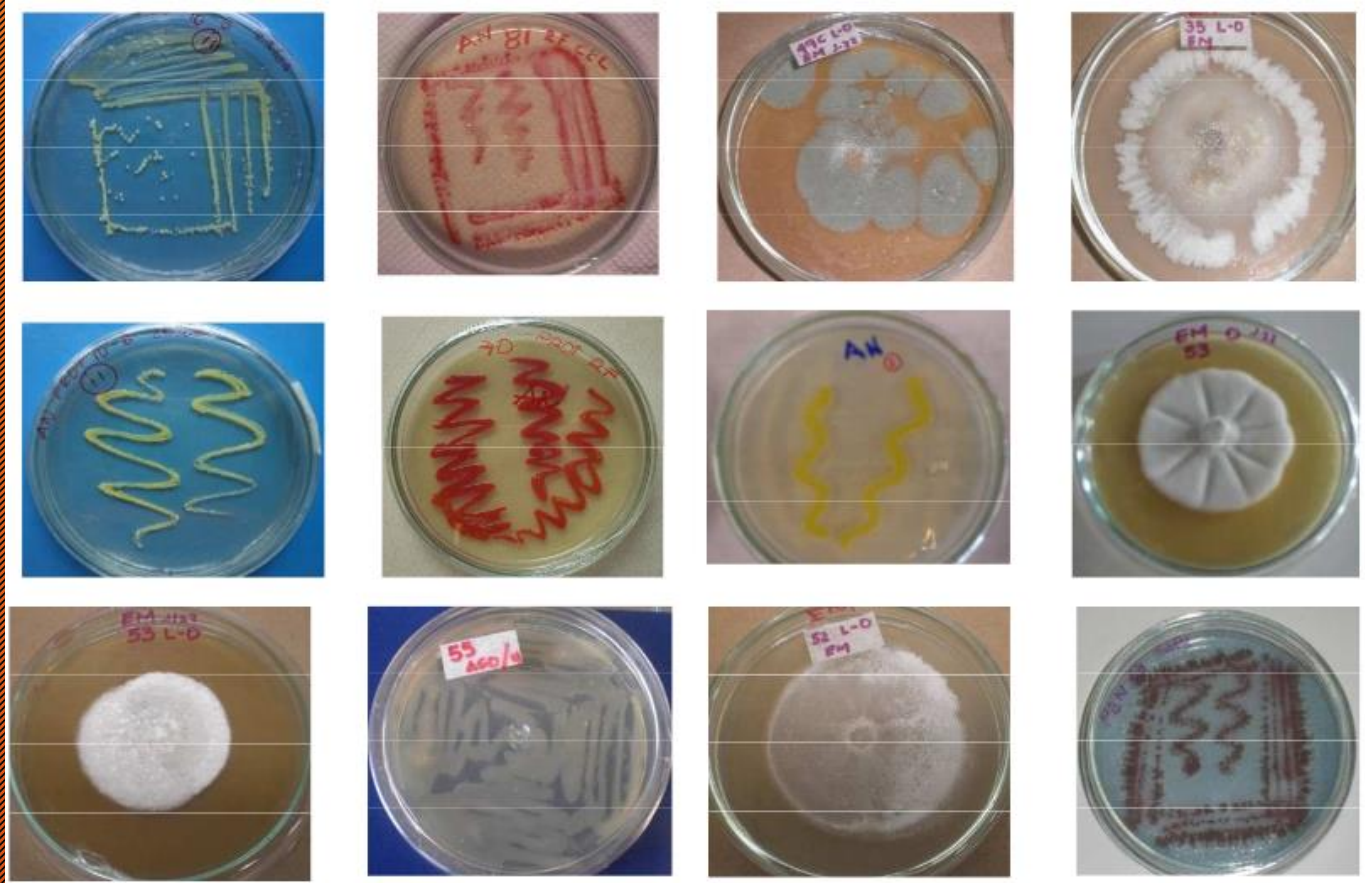
Temperaturas óptimas de crecimiento de algunas bacterias

# Crecimiento Aerobio/anaerobio



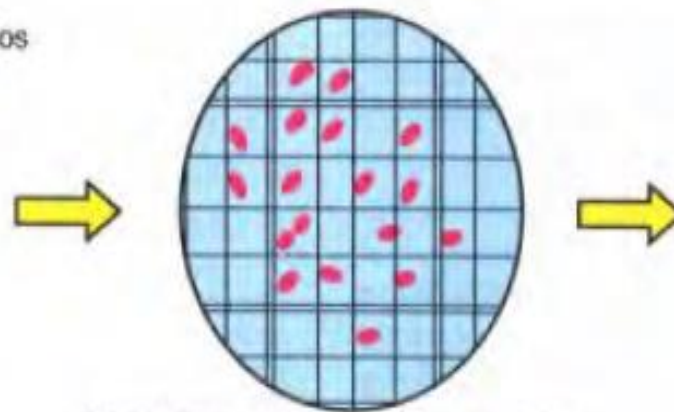


# Diversidad Bacteriana: Morfología de colonia bacteriana

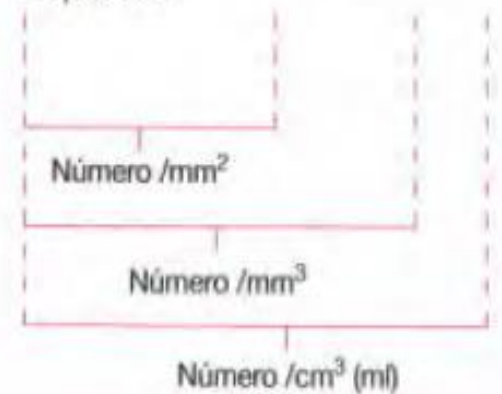




# Conteo de células: Cámara Petroff-Hausser



Para calcular el número por mililitro de muestra: 12 células x 25 cuadrados grandes x 50 x 10<sup>3</sup> = 1,5 x 10<sup>7</sup>.





# Conteo células viables

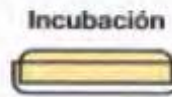
## Siembra por extensión



La muestra (0,1 ml o menos) se pipetea sobre la superficie de la placa con agar



La muestra se extiende uniformemente sobre la superficie del agar usando un asa de vidrio estéril



Incubación



Colonias de superficie

Resultado típico de la siembra por extensión

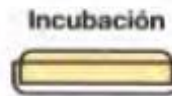
## Siembra por vertido en placa



La muestra se pipetea en la placa estéril



Se añade medio estéril y se mezcla bien con el inóculo



Incubación

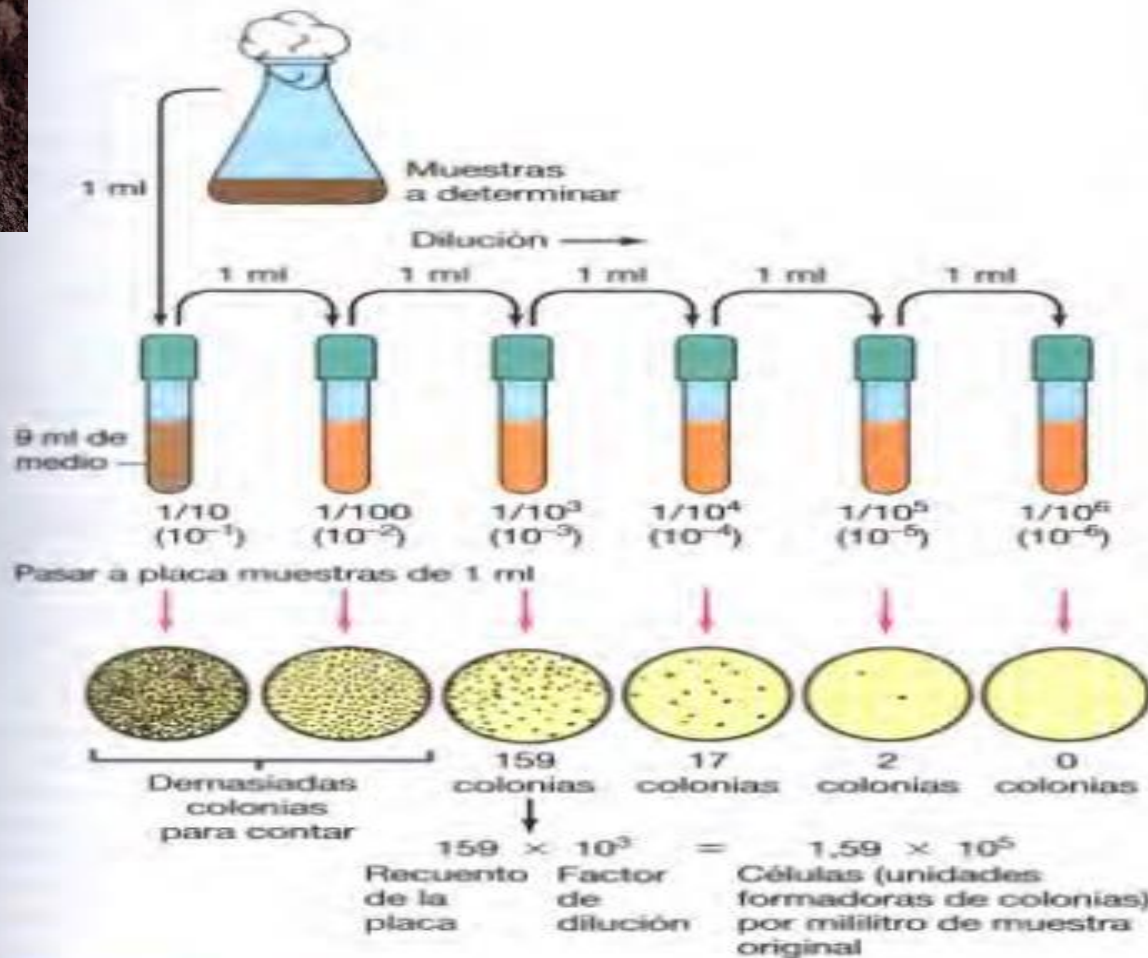


Colonias de superficie

Colonias incluidas en el medio

Resultado típico del vertido en placa

# Dilución seriada en placa de agar: para determinar diversidad y cantidad de bacterias del suelo





# Participación bacteriana en diferentes procesos biológicos del suelo

ACTIVIDAD	ESPECIES INVOLUCRADAS
Simbiosis bacteriana con Leguminosas) como fijadoras de nitrógeno	<i>Rhizobium spp.</i>
Bacterias promotoras del crecimiento	<i>Azospirillum, Pseudomonas spp, Bacillus</i>
Antagónismo microbiano	<i>Bacillus subtilis, Pseudomonas fluorescens, Agrobacterium radiobacter, Streptomyces</i>
Bacterias entomopatógenas	<i>Bacillus thuringiensis</i>
Lixiviación bacteriana “biohidrometalurgica: extracción de Cobre, oro, plata y metales radiactivos (oxidación del ion ferroso, lixiviación de pirita y $CuFeS_2$ , extracción de metales)	<i>Thiobacillus ferrooxidans, Acromatium</i>
Biorremediación (degradadoras de compuestos tóxicos contaminantes)	<i>Staphylococcus, Acinetobacter, Alcaligenes, serratia, clostridium, Micrococcus, Nocardia, Candida, Arthrobacter.</i>
Degradadoras de Petróleo	<i>Bacillus Pseudomonas</i>
Bacterias Fitopatógenas	Agrobacterium, Erwinias, Pseudomonas, Xanthomonas, Clavibacter.
Bacteria q produce sideroforos	Pseudomonas
Bacteria biofertilizantes	Pseudomonas

# Bacterias Nitrificantes

- Bacterias: *Nitrosomas* y *Nitrobacter*
- Bacterias quimiolitotróficas que oxidan el nitrógeno. La nitrificación en la naturaleza es producto de la acción secuencial de dos grupos de bacterias. las bacterias oxidantes de amoníaco o nitrosificantes y las bacterias oxidantes de nitritos o bacterias nitrificantes, productoras de nitrato

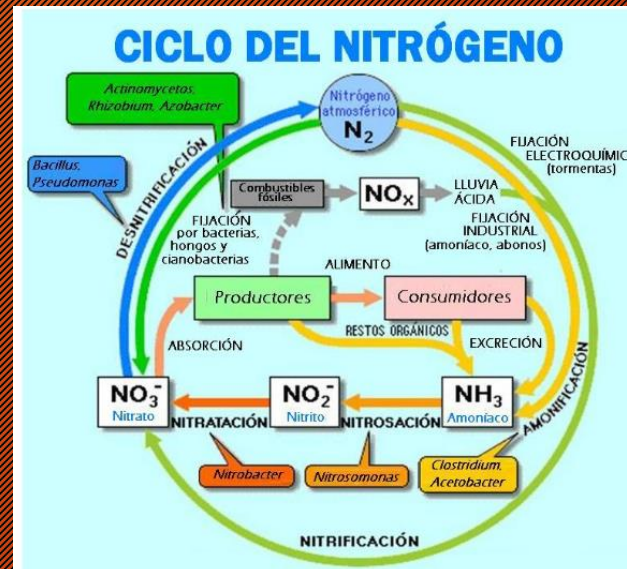
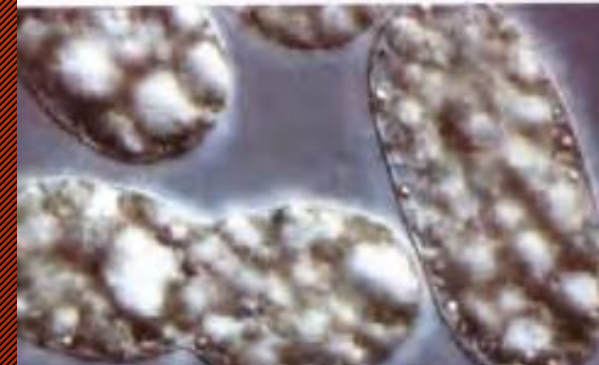


Figura 2. Ciclo biogeoquímico del Nitrógeno, (Echarri, 1998).



# Bacterias oxidantes del azufre y del hierro

- Bacterias: *Thiobacillus*, *Achromatium* *Beggiatoa*
- Bacterias quimiolitotróficas sobre compuestos reducidos de azufre.
- *Thiobacillus* es bacteria gram negativa en forma de bacilo
- Los compuestos del azufre usados comúnmente como donadores de electrones en el metabolismo quimiolitotrófico son el  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{S}^0$  y  $\text{S}_2\text{O}_3^-$
- Transforma  $\text{H}_2\text{S} + 2\text{O}_2 \text{-----} \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+$





# Bacterias aeróbicas de vida libre fijadoras de nitrógeno

- Bacterias: *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Beijerinckia* y *Zomonas*
- Son bacterias que tienen la capacidad de fijar nitrógeno aeróbicamente. El género *Azotobacter* un grupo de especies de bacilos grandes, Gram negativos, aeróbios estrictos y fijadores de Nitrógeno sin establecer simbiosis con plantas.
- La primera especie del género fue descubierta por el microbiólogo holandés M.W. Beijerinck a principios del siglo XX utilizando cultivos de enriquecimiento aeróbicos con Nitrógeno atmosférico como fuente de nitrógeno.

## Géneros de bacterias aerobias fijadoras de nitrógeno

Género	Número de especies	Grupo filogenético <sup>a</sup>	Características	DNA (GC mol %)
<i>Azotobacter</i>	9	Gamma	Bacilos grandes, producen cistos; se encuentran principalmente en suelos neutros alcalinos	63-67
<i>Azomonas</i>	3	Gamma	Bacilos grandes, sin cistos; principalmente acuáticos	52-59
<i>Azospirillum</i>	4	Alfa	Bacilos microaerofílicos; asociados con plantas	69-71
<i>Beijerinckia</i>	4	Alfa	Bacilo en forma de pera, con cuerpos lipídicos grandes en cada extremo; produce abundante material mucoide; habita en suelos ácidos	54-59
<i>Derxia</i>	1	Alfa	Bacilos, colonias rugosas	69-73

<sup>a</sup> Todas las especies son miembros de Proteobacteria (Figura 12.1).



# Biofertilizantes: Azotobacter

- Bacteria: Azotobacter
- Gram negativa
- fijadora de N
- Biofertilizante



**AZOGEEA** VOLVER

**Azotobacter Chroococcum 1\*10<sup>8</sup> UFC/gr**

AZOGEEA es una cepa nativa de *Azotobacter chroococcum* altamente activa y que realiza la fijación no simbiótica en el ciclo del nitrógeno, disminuyendo los costos de la fertilización nitrogenada y haciendo disponible este elemento para la planta.

AZOGEEA disminuye el impacto negativo que causan los fertilizantes nitrogenados de síntesis sobre el medio ambiente, reduciendo de manera efectiva la dosis y el número de aplicaciones de fertilizante y los costos por este concepto.

**DOSIS Y METODOS DE APLICACIÓN** Inculcando la semilla previa a la siembra se mezcla AZOGEEA con la semilla y una solución al 10% de agua azucarada, hasta homogeneizar. Agregar Carbonato de Calcio (CaCO<sub>3</sub>) y continuar mezclando para peletizar la semilla. La dosis a utilizar es de 1.5 a 2.0 kilogramos de AZOGEEA para inocular la semilla de una hectárea.

Cultivos	Presentación	Época de aplicación
Todos los cultivos	Sólida (Bolsa atarazada)	Inocular la semilla ó líquida. Aplicar al suelo.
Dulce de leche	Líquida (frasco plástico)	

**MICRO-AZOT**  
BIO FERTILIZANTE/FIJADOR DE NITROGENO





## *Fijadora de Nitrógeno: Rhizobium*

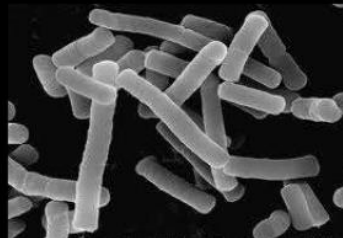
- Bacteria gram negativa
- Respiración aerobia obligada
- Fijadora de N atmosférico
- Forman nódulos en leguminosas baj asociación simbiótica mutualista





# Bacterias Degradadoras de petróleo











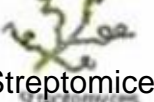

“Los principales organismos degradadores de petróleo son bacterias y levaduras, y en menor cuantía, hongos oxidantes de los hidrocarburos.”  
(Castillo y Roldán, 2005, p.440)



## Bacterias

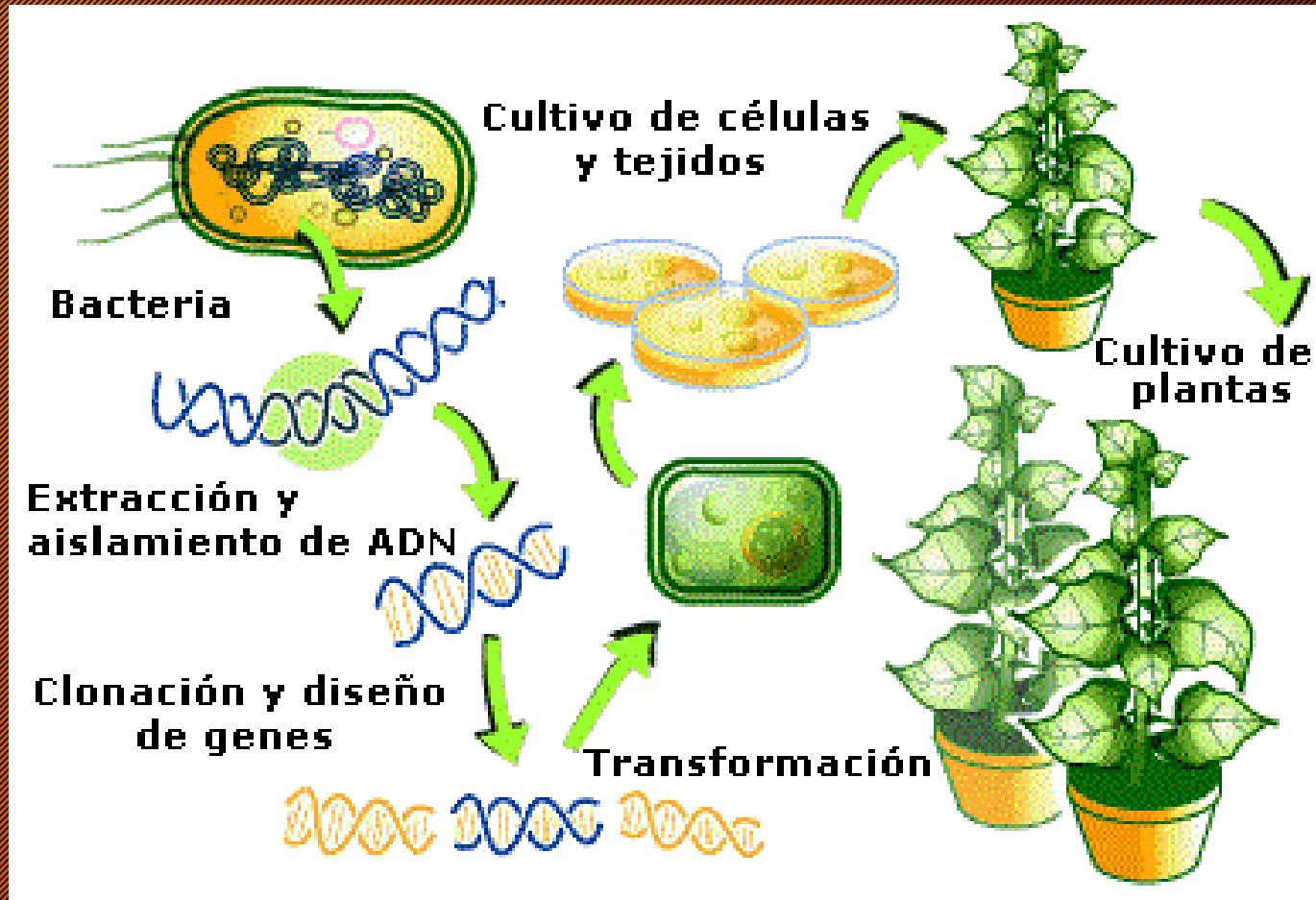
<i>Archornobacter</i>	<i>Coryneforms</i>
<i>Acinetobacter</i>	<i>Erwinia</i>
<i>Actinomices</i>	<i>Flavobacterium</i>
<i>Aeromonas</i>	<i>Klebsiella</i>
<i>Alcaligenes</i>	<i>Lactobacillus</i>
<i>Arthrobacter</i>	<i>Leumthrix</i>
<i>Bacilus</i>	<i>Moraxella</i>
<i>Beneckea</i>	<i>Nocardia</i>
<i>Brevebacterium</i>	<i>Peptococcus</i>
<i>Pseudomomas</i>	<i>Streptomyces</i>
<i>Sarcina</i>	<i>Vibrio</i>
<i>Spherotilus</i>	<i>Xanthomyces</i>
<i>Spirillum</i>	

# Bacterias Fitopatógenas

 <b>Agrobacterium</b>	 Crown gall    Twig gall    Cane gall    Hairy root
 <b>Clavibacter</b>	 Potatoring rot    Tomato canker and wilt    Fruit spot    Fasciation
 <b>Erwinia</b>	 Blight    Wilt    Soft rot
 <b>Pseudomonas</b>	 Leaf spots    Galls (olive)    Banana wilt    Blight (Bac)    Canker and bud blast
 <b>Xanthomonas</b>	 Leaf spots    Cutting rot    Black variation    Bulb rot    Citrus canker    Walnut blight
 <b>Streptomyces</b>	 Potato scab    Soil rot of sweet potato    Rhizobium    Root nodules of legumes



# Bacterias usadas en Biotecnología



# Bibliografía

- Coyne, M. Microbiología del suelo: un enfoque exploratorio. Ed. Paraninfo. 416p.
- Ferrera- Cerrato R y Alarcón A. 2007. Microbiología agrícola. Ed. Trillas- 568p.
- Ferrera C. R y Alarcón A. 2007. *La microbiología del suelo en la agricultura sostenible*. Ergo Sun 8 (2): 175-183.
- Madigan, M; Martinko J; Parker J. 2000. Brock. Biología de los microorganismos. 8<sup>a</sup> edición. Ed. Pearson. 886p.