

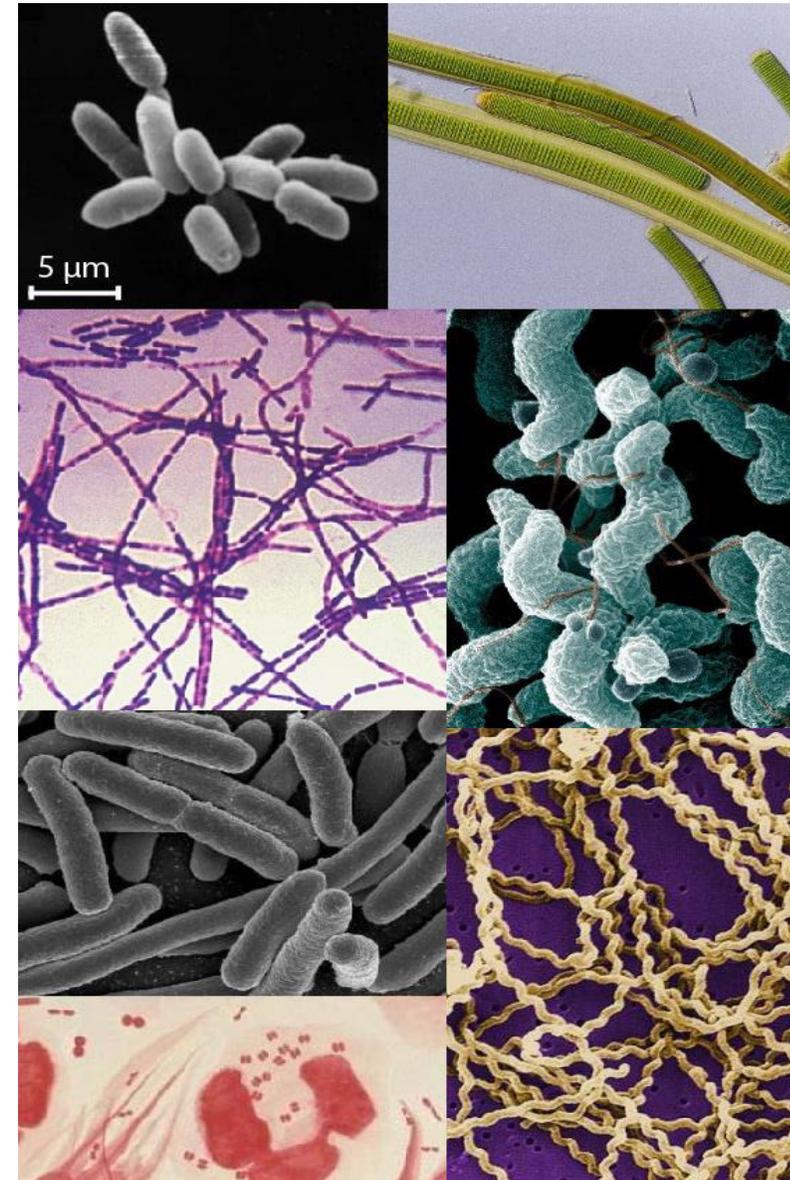
MICROBIOLOGÍA

UNIDAD XI DIVERSIDAD DE LOS MICROORGANISMOS

Bacteroides y *Fusobacterium*. Enterobacterias. Micoplasmas o Mollicutes. Estafilococos y Estreptococos. *Bacillus* y *Clostridium*. Lactobacilos y Listerias. Micobacterias y Nocardias. Bacterias fotosintéticas purpúreas. Bacterias quimiolitótrofas. Bacterias del ácido acético. Bacterias entéricas. *Vibrio* y *Photobacterium*. *Pasteurella* y *Haemophilus*. *Neisseria*. *Legionella*. *Bordetella*. *Brucella*. *Francisella*. *Rickettsias*. Bacterias con vaina. Bacterias espiraladas y curvadas, Bacterias gemantes y con apéndices. Bacterias reductoras de sulfato y azufre. Mixobacterias. *Campylobacter*. *Helicobacter*. Cianobacterias. Espiroquetas. *Deinococcus*. *Thermotoga*. *Thermodesulfobacterium*. *Aquifex*. Dominio *Archaea*. Microorganismos eucariotas.

EL MUNDO PROCARIOTA QUE PODEMOS OBSERVAR ACTUALMENTE ES EL RESULTADO DE MÁS DE 4.000 MILLONES DE AÑOS DE EVOLUCIÓN

- ❖ Se conocen ≈ 10.800 especies de bacterias y arqueas.
- ❖ Es probable que existan muchas especies más.
- ❖ Cuando dispongamos de herramientas más eficientes, tanto moleculares como de cultivo, para sacar a la luz esta diversidad, probablemente descubramos que pese al gran número de especies predicho estamos subestimando el número real.
- ❖ Una estimación precisa del número de especies procariontas está sencillamente fuera de nuestro alcance, tanto tecnológica como conceptualmente.





Nº de especies microbianas



1.000.000.000.000 = 10¹²

Aislado
Descripto
Caracterizado



Unos pocos miles



438.702 bacterias

5.436 arqueas

444. 138 procariotas

Organisms	
Organisms	<u>520.878</u>
Archaea	<u>5.436</u>
Bacteria	<u>438.702</u>
Eukarya	<u>54.362</u>
Viruses	<u>22.378</u>
Bacterial Type Strains	<u>17.774</u>
Archaeal Type Strains	<u>655</u>

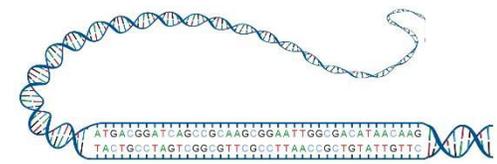


TÉCNICAS DE SECUENCIACIÓN MASIVA
secuenciación de amplicones, metagenómica y metabolómica



10.000.000 procariotas

earth
microbiome project
Proyecto Microbioma
de la Tierra
2010



200.000 muestras

Descubrir y entender el universo microbiano invisible

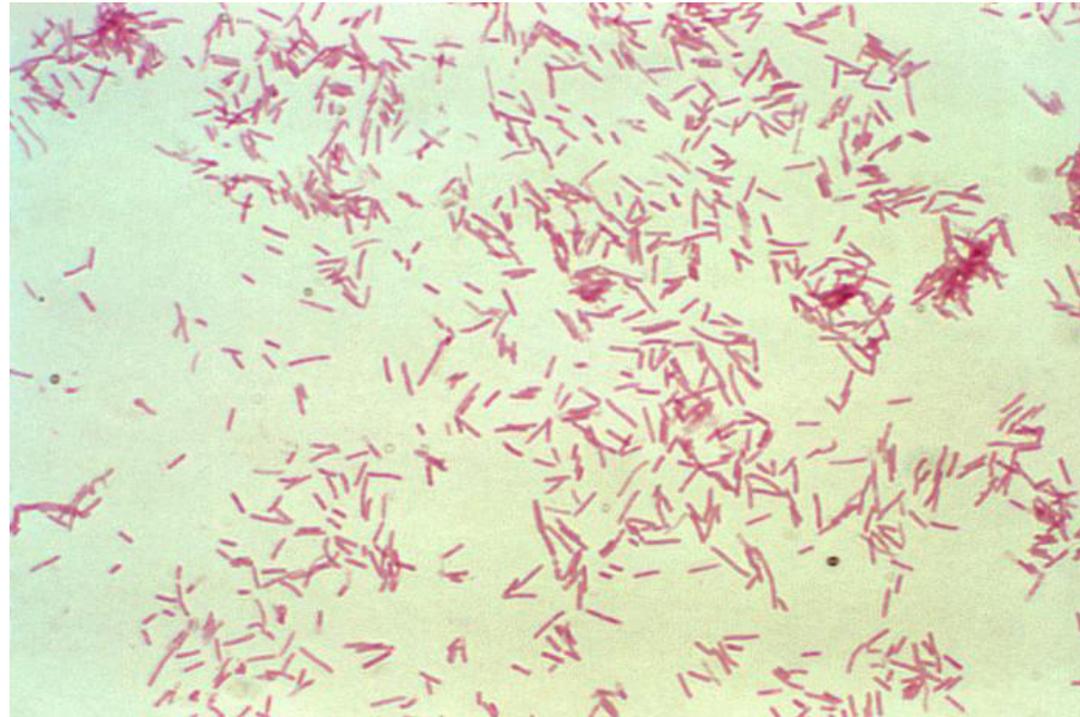
ATLAS GENÉTICO GLOBAL

¿Son esas todas las especies de bacterias y arqueas que hay en el planeta?

Bacteroides



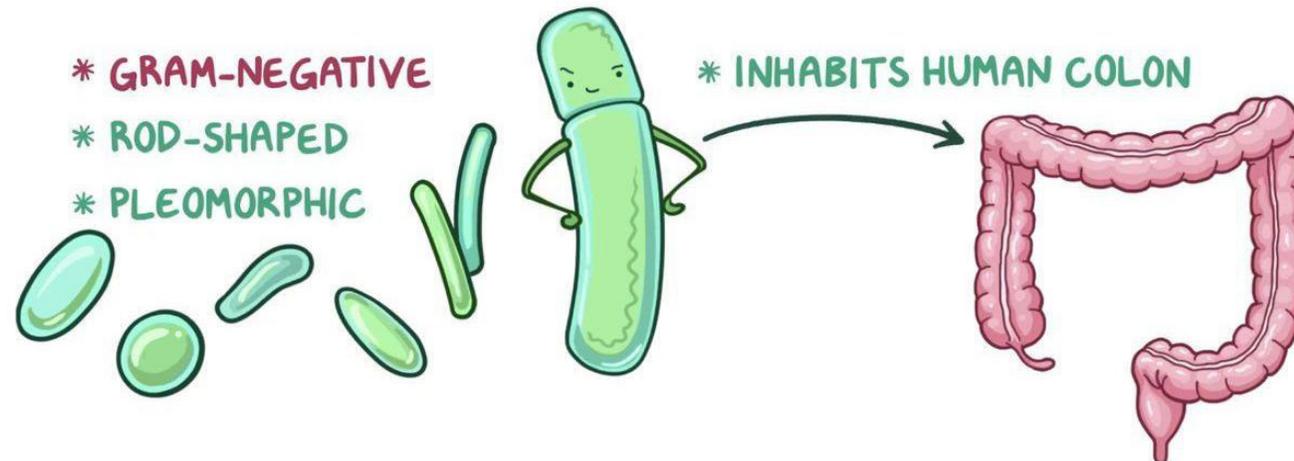
- ❖ Género Gram - con forma de bacilo.
- ❖ ANAEROBIAS (pero toleran el O₂), no forman endosporas, pueden ser móviles o inmóviles, dependiendo de la especie.
- ❖ El ADN tiene un contenido GC del 40-48%.
- ❖ Inusualmente las membranas contienen ESFINGOLÍPIDOS.
- ❖ También contienen ácido mesodiaminopimélico en su capa de peptidoglicano.
- ❖ La especie tipo es *B. fragilis*.



Bacteroides



- ❖ Son normalmente **COMENSALES**, constituyendo el principal componente de la microbiota gastrointestinal, vaginal y bucal en los mamíferos.
- ❖ En el intestino del huésped juegan un papel importante en el procesamiento de moléculas complejas en más simples y evitando que otros potenciales patógenos colonicen el tracto digestivo.
- ❖ Concentraciones altas en heces humanas: 10^{10} - 10^{11} células/gr.
- ❖ Pueden también crecer en azúcares simples cuando están disponibles, pero su principal fuente de energía son los **POLISACÁRIDOS DE ORIGEN VEGETAL**.
- ❖ Algunas especies (*B. fragilis*) son patógenos oportunistas de los humanos, causando infecciones en la cavidad peritoneal, gastrointestinal y apendicitis mediante la formación de abscesos.
- ❖ Capaces de inhibir la fagocitosis e inactivar los ATB betalactámicos.



Fusobacterium



- ❖ Bacterias Gram -, ANAEROBIAS y de aspecto filamentososo.
- ❖ Algunas producen enfermedades periodontales, síndrome de Lemierre, angina de Vincent, orofaringitis y úlcera de piel tropical.
- ❖ En humanos, constituyen uno de los principales tipos de flora del aparato digestivo, y se encuentran en muchas partes del tracto gastrointestinal.

Veillonella



Veillonella dispar

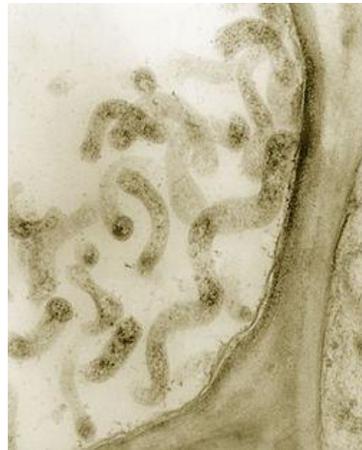
- ❖ Bacterias Gram -, ANAEROBIAS, de morfología cocácea, no móviles y no forman esporas.
- ❖ Crecen a 30-37°C.
- ❖ Forman parte de la microbiota normal del tracto gastrointestinal y mucosa oral de mamíferos
- ❖ Provocan caries dental, abscesos de dientes y encías, sinusitis, osteomielitis, endocarditis.

Micoplasmas o Mollicutes

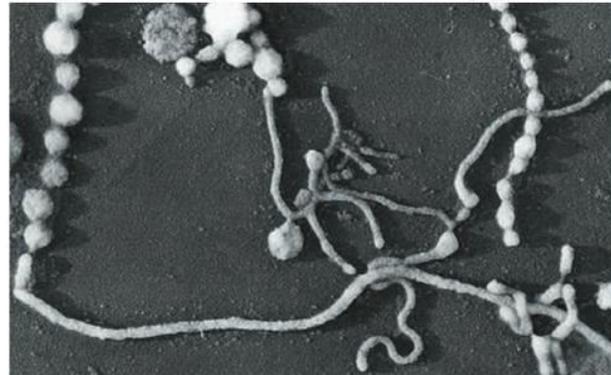


Bacterias SIN PARED

- ❖ Procariotas inusuales ya que CARECEN DE PAREDES CELULARES y están entre los más pequeños organismos capaces de crecimiento autónomo.
- ❖ NO se tiñen como Gram +, ya que no tienen pared celular debido a la AUSENCIA DEL PEPTIDOGLICANO, ácido MURÁMICO y ácido DIAMINOPIMÉLICO.
- ❖ Emparentados filogenéticamente a las Gram + tanto no esporulantes como formadoras de endosporas.
- ❖ Probablemente tuvieron pared celular pero dejaron de necesitarla debido a sus hábitats tan especiales.
- ❖ Son PARÁSITOS y habitan en hospedadores animales y vegetales



En células de floema

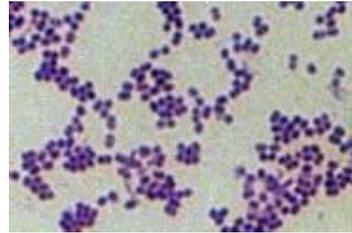
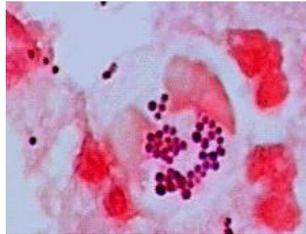
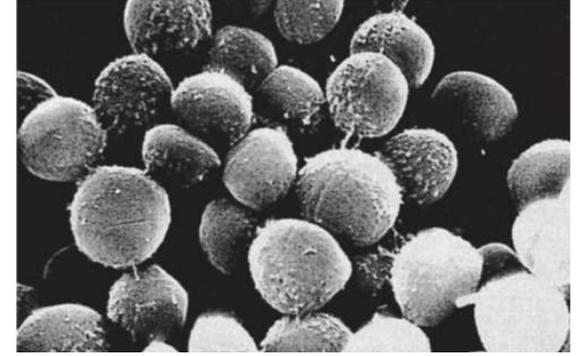


Estafilococos

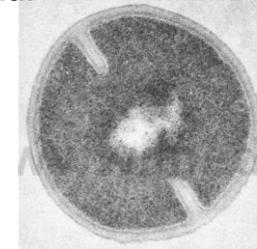
racimo



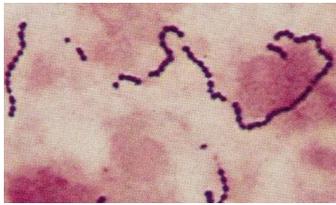
- ❖ Gram + NO formadoras de endosporas (antiguamente junto a las Gram + formadoras de endosporas)
- ❖ AEROBIOS con un típico metabolismo respiratorio.
- ❖ Catalasa + (permite su distinción frente a *Streptococcus*).
- ❖ ANAEROBIO FACULTATIVO y produce ácido a partir de glucosa tanto aeróbica como anaeróbicamente.
- ❖ Típico de *Staphylococcus* formar agrupaciones de células.



Gruesa pared celular



- Comensales y parásitos habituales de humanos y de animales y pueden causar ocasionalmente serias infecciones.
- En humanos hay 2 especies principales:
 - ✓ *Staphylococcus epidermidis* que es NO PIGMENTADO y NO PATÓGENO que se encuentra habitualmente en la PIEL o en las MEMBRANAS DE LAS MUCOSAS.
 - ✓ *Staphylococcus aureus* de pigmentación AMARILLA y está asociada muy habitualmente a diversas PATOLOGÍAS: furúnculos, pústulas, neumonía, osteomielitis, meningitis y artritis.

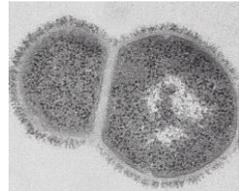


Estreptococos

cadena



- ❖ El género *Streptococcus* incluye especies HOMOFERMENTATIVAS con hábitats y actividades bastante diferentes, que tienen una considerable importancia práctica para el hombre.
- ❖ Algunas especies son patógenas para hombres y otros animales.
- ❖ Como productores de ácido láctico, otros estreptococos juegan un importante papel en la producción de suero de leche, forraje fermentado en silos y otros productos fermentados.
- ❖ Ciertas especies se destacan en la formación de caries dentales.



Se separaron 2 géneros que antes pertenecían a estreptococos

Enterococcus

De origen básicamente fecal

Patógenos



Lactococcus

Importante en productos derivados de la leche



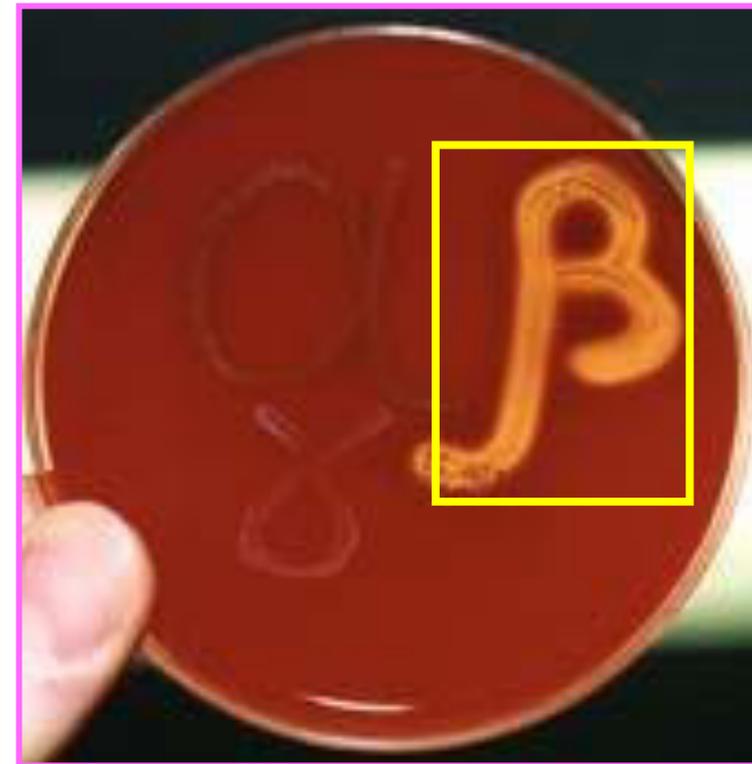
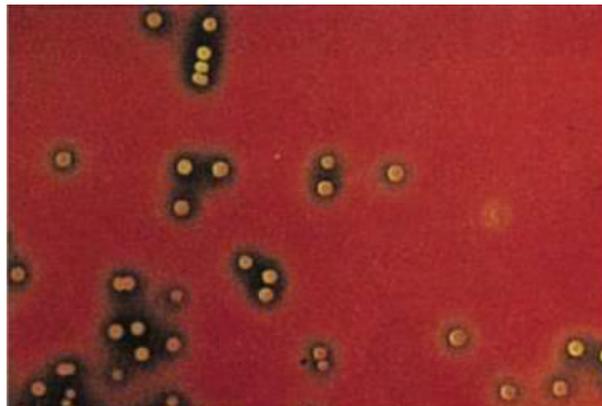
NO patógenos

Streptococcus

- ❖ La hemólisis en agar sangre es un carácter de importancia considerable en esta subdivisión.
- ❖ En placas de agar sangre, las colonias de aquellas cepas que producen ESTREPTOLISINA (exotoxina hemolítica) O o S están rodeadas por un gran halo de hemólisis completa de globulos rojos.

β -hemólisis

Lisis completa de los glóbulos rojos, aparece una zona transparente alrededor de la colonia.



Sangre de carnero (5%)

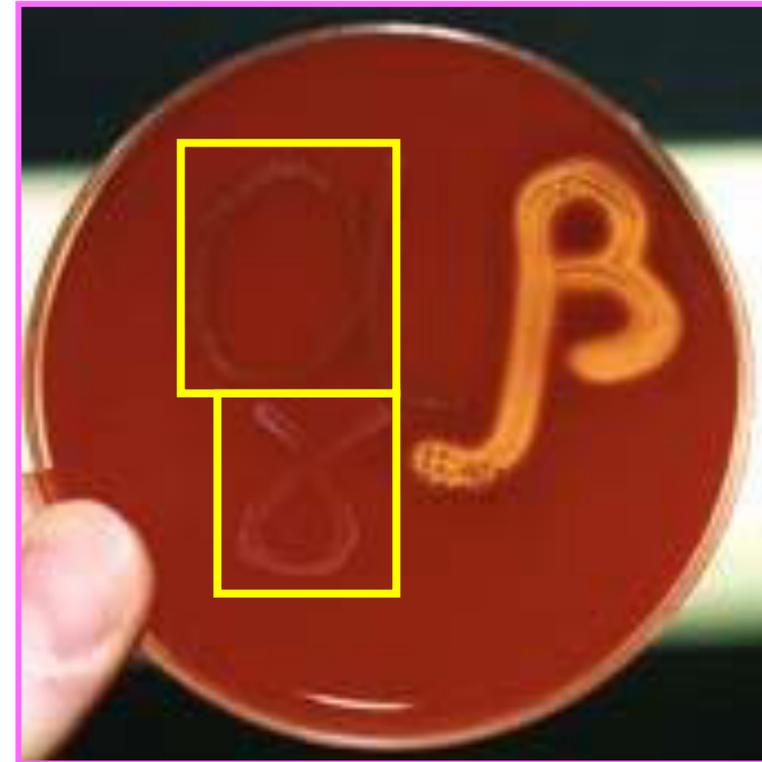
- ❖ Muchos estreptococos, lactococos y enterococos **NO PRODUCEN HEMOLISINAS** y producen un halo **VERDOSO** o **MARRÓN** alrededor de sus colonias cuando crecen en agar sangre.
- ❖ No se debe a una auténtica hemólisis, sino a la decoloración y pérdida de potasio de los hematíes.
- ❖ Este tipo de reacción se denomina α -hemólisis.

α -hemólisis

Lisis parcial de los glóbulos rojos, se forma un halo verdoso alrededor de la colonia, por oxidación de la hemoglobina de los glóbulos rojos a metahemoglobina.

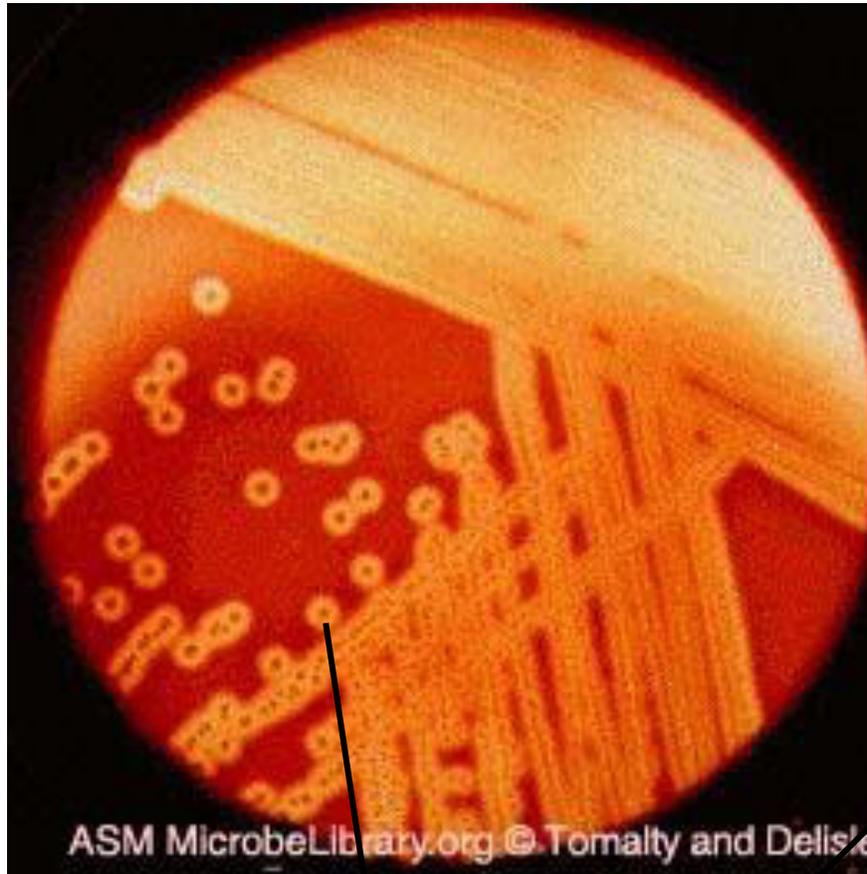
γ -hemólisis

NO actúan sobre los glóbulos rojos, no forman ningún halo (**SIN HEMOLISIS**).

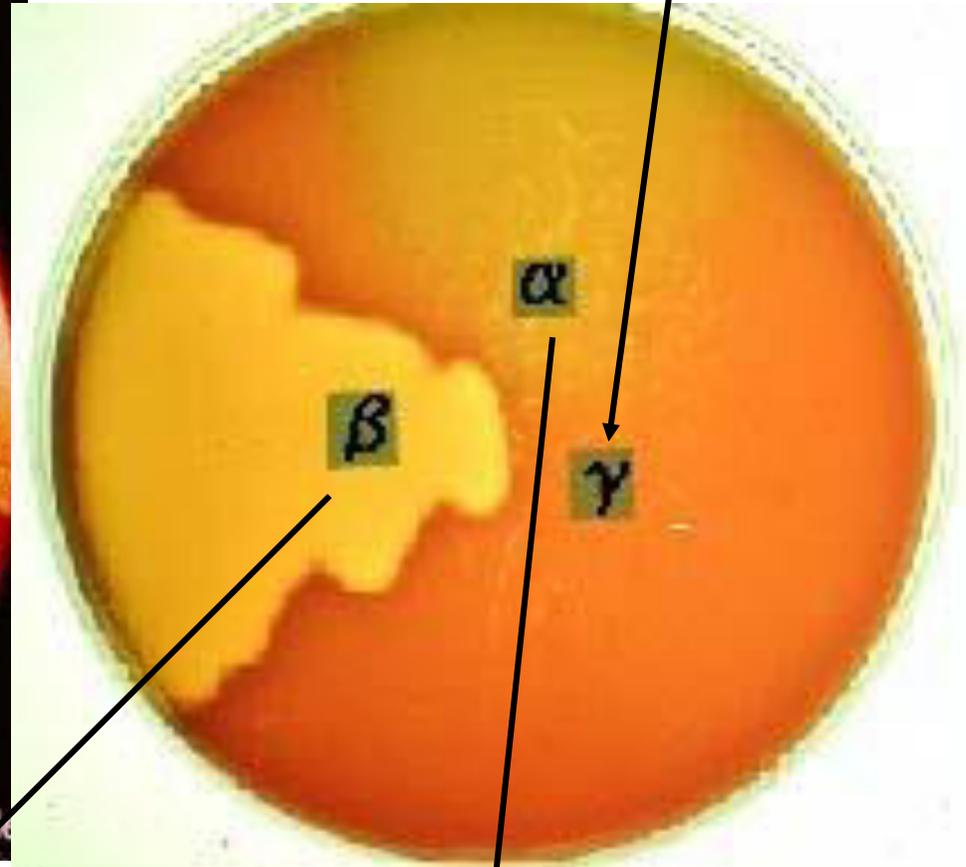


HEMOLISIS EN AGAR SANGRE

NO HAY HEMÓLISIS



HEMÓLISIS COMPLETA



HEMÓLISIS PARCIAL



β -hemólisis

Streptococcus pyogenes



α hemólisis

Escherichia coli



γ hemólisis

(NO hay hemólisis)

Staphylococcus epidermis

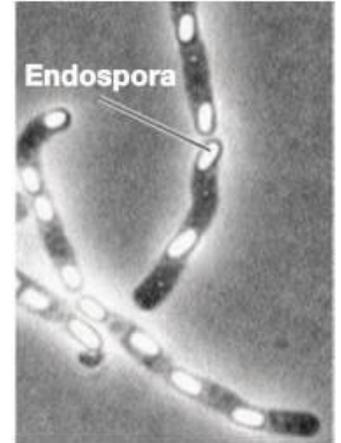


BACTERIAS GRAM + FORMADORAS DE ENDOSPORAS



Bacillus

- ❖ Aerobios o anaerobios facultativos.
- ❖ Muchos producen ATB (bacitracina, polimixinas, tirocidina, gramicidina y circulina).
- ❖ En la mayoría estos ATB se liberan durante la esporulación, cuando el cultivo entra en fase estacionaria de crecimiento y una vez que está comprometido a la esporulación.



- *Paenibacillus popilliae* y *B. thuringiensis*, producen larvicidas de insectos.
- *P. popilliae* causa la enfermedad lechosa mortal para las larvas del escarabajo japonés y de otros escarabajos.
- *Bacillus thuringiensis* causa una enfermedad mortal en larvas de muchos grupos distintos de insectos, aunque ciertas cepas son específicas en cuanto al hospedador que afectan.
- Algunas cepas son específicas de larvas de lepidópteros como el gusano de seda, el gusano de las coles, oruga de librea y la polilla gitana.
- Otras matan dípteros como mosquitos o moscas negras, otras coleópteros como los escarabajos de la papa de Colorado.

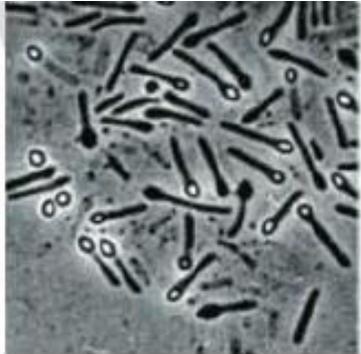
Clostridium



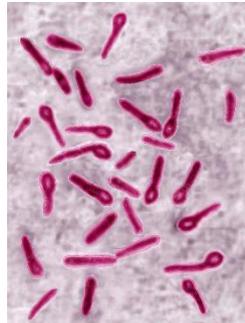
- ❖ Incluye especies fermentativas.
- ❖ Se conocen numerosos mecanismos ANAEROBIOS de producción de energía en *Clostridium*.
- ❖ La división del género *Clostridium* en subgrupos se basa fundamentalmente en estas propiedades y en el sustrato fermentable utilizado.

LOCALIZACIÓN DE LAS ENDOSPORAS

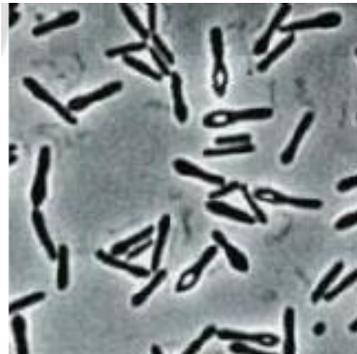
Endosporas subterminales



Clostridium botulinum



Clostridium tetani



Clostridium sporogenes

Endosporas centrales



Clostridium bifermentans

Principal hábitat de los *Clostridium*

El suelo, en zonas carentes de O₂ como resultado de la metabolización de compuestos orgánicos por parte de organismos aerobios facultativos.

Además, una serie de *Clostridium* habita en el ambiente anaerobio del tracto intestinal de los mamíferos.

BOTULISMO

Clostridium botulinum



TÉTANOS

Clostridium tetani



GANGRENA GASEOSA

Clostridium perfringens

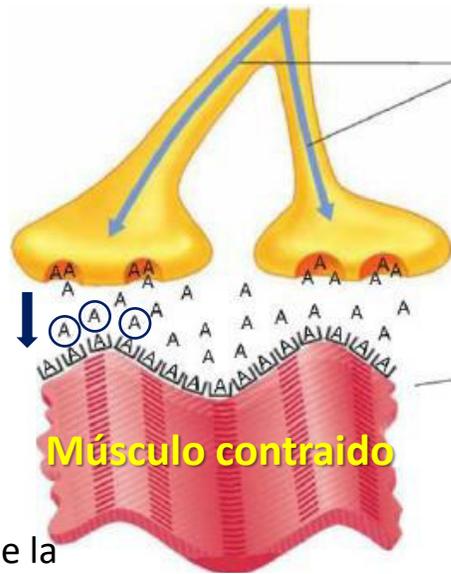


Estos *Clostridium* patógenos no presentan características metabólicas fuera de lo común, pero se diferencian en su capacidad de producir TOXINAS específicas o, en aquellos que causan la gangrena gaseosa, un conjunto de toxinas.

Una importante pregunta ecológica sin resolver es qué papel tienen estas potentes toxinas en el suelo, que es el hábitat natural de estos organismos.

BUTULISMO

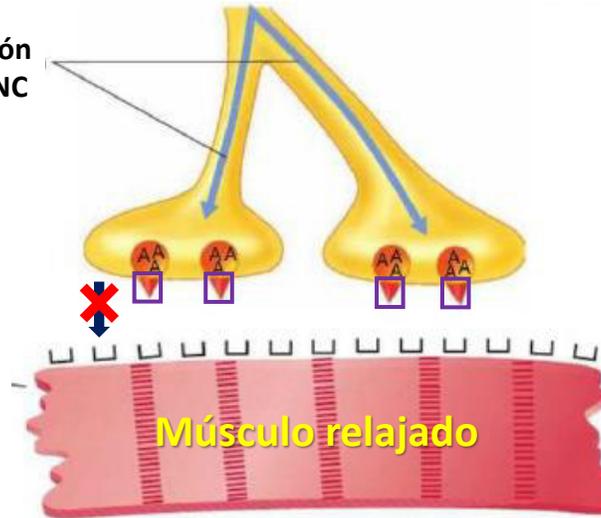
Normal



La acetilcolina (A) induce la contracción muscular

Señales de excitación procedentes del SNC

Músculo

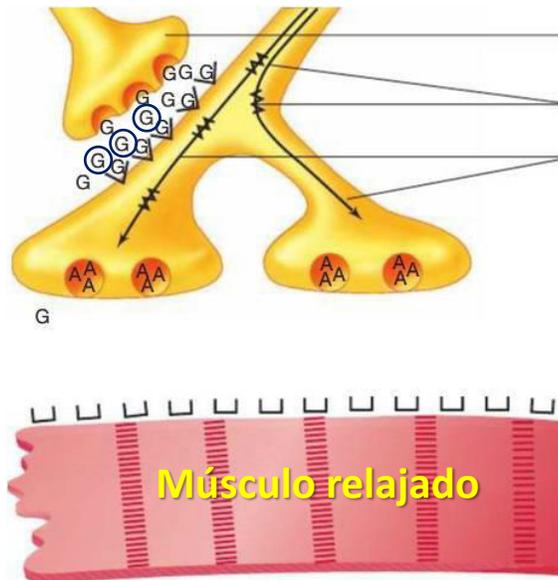


Afectado

La toxina botulínica ▲ bloquea la liberación de A inhibiendo la contracción muscular

TÉTANOS

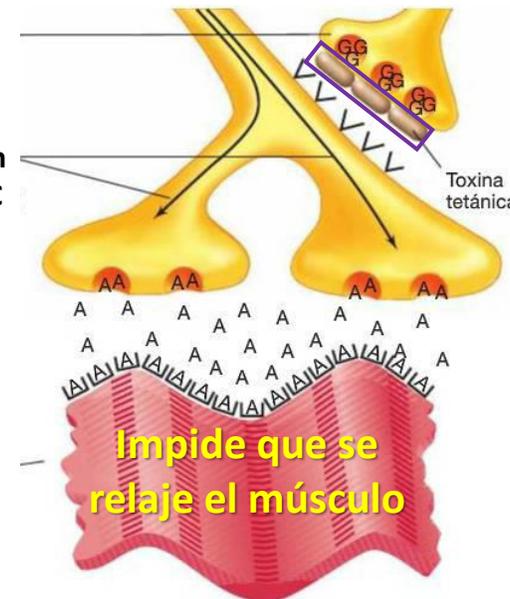
Normal



La liberación de glicina (G) de la interneurona detiene la liberación de acetilcolina (A)

Interneurona inhibidora
Inhibición
Señales de excitación procedentes del SNC

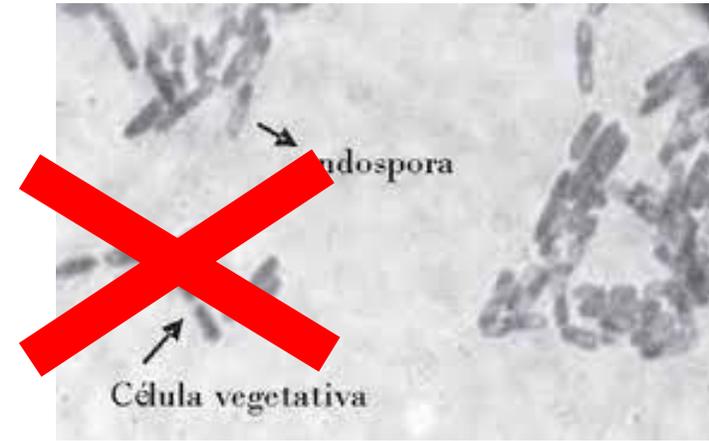
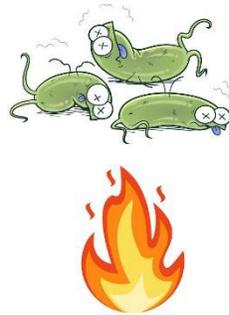
Músculo



Afectado

La toxina tetánica ■ se une a la neuronas inhibidoras, bloqueando la liberación de glicina (G)

Los formadores de endosporas pueden aislarse de manera selectiva a partir de tierra, comida, polvo y otros materiales calentando la muestra a 80°C durante 10 min, un tratamiento que mata las células vegetativas pero que mantiene viables todas las endosporas presentes.



Luego de calentar las muestras se pueden aislar colonias en placas con el medio adecuado y se obtendrán *Bacillus* o *Clostridium*, según se incuben aeróbica o anaerobiamente.



Lactobacillus



- ❖ Morfología bacilar, que puede variar desde bacilos largos y esbeltos a bacilos cortos y curvados.
- ❖ La mayoría son HOMOFERMENTATIVAS, pero algunas son HETEROFERMENTATIVAS.
- ❖ Son habituales en los productos derivados de la leche y algunas cepas se emplean para la preparación de leches fermentadas.
- ❖ *Lactobacillus acidophilus* se emplea en la producción de leche ácida; *L. delbrueckii* en la preparación de yogur; otras especies se emplean en la producción de Chucrut, forraje fermentado y encurtidos.



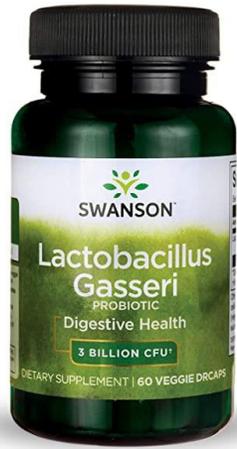
Son más resistentes a condiciones ácidas que otras bacterias del ácido láctico ya que son capaces de crecer eficientemente a valores de pH de hasta 4.

I ❤️
ACID

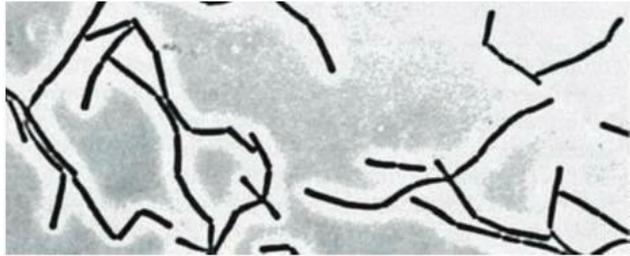
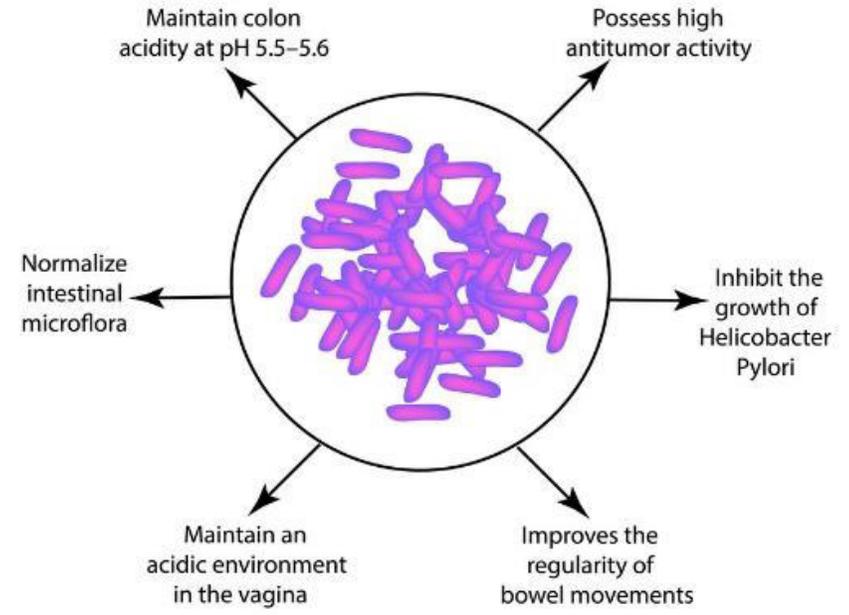
Por ello pueden ser aislados selectivamente de muestras naturales usando un medio rico ácido con carbohidratos como agar peptona con jugo de tomate.

Son responsables de los últimos estadios de la mayoría de las fermentaciones lácticas.

NUNCA O PRÁCTICAMENTE NUNCA, SON PATÓGENOS.

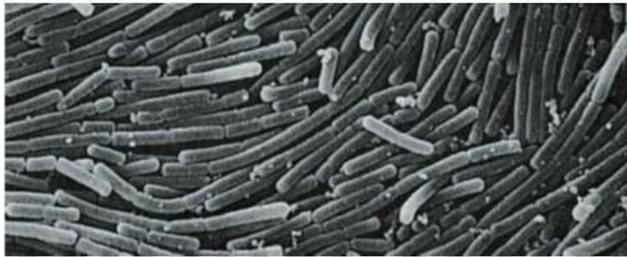


Lactobacillus casei

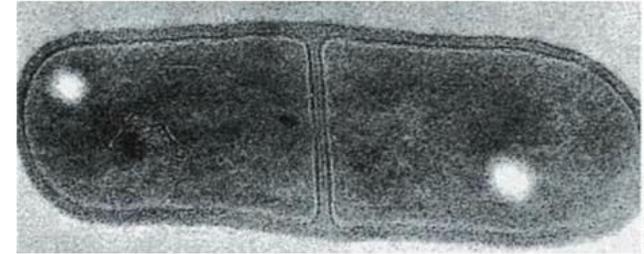


Otto Kandler

Lactobacillus brevis MET



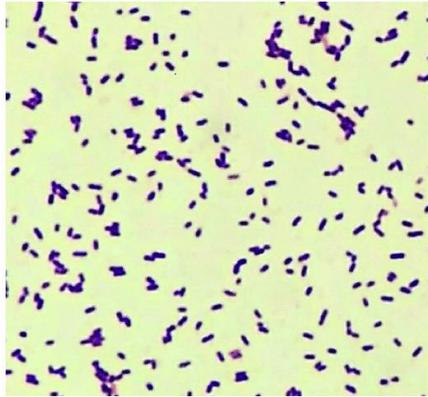
Lactobacillus delbrueckii MEB



Otto Kandler

Lactobacillus acidophilus en contraste de fase

Listeria



Cocobacilos Gram + que tienden a formar cadenas de entre 3-5 células



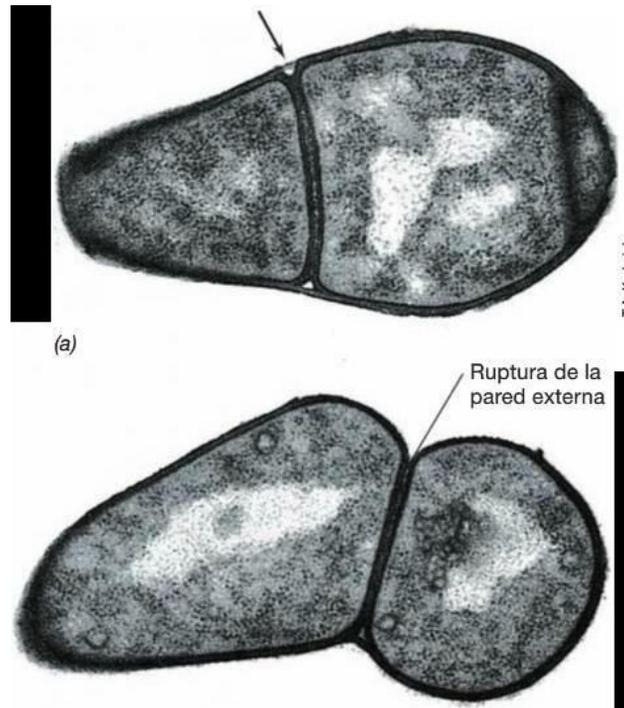
- ❖ Relacionada filogenéticamente con especies de *Lactobacillus*, son HOMOFERMENTATIVAS, producen ácido pero NO gas a partir de glucosa.
- ❖ Necesita condiciones MICROAEROBIAS o totalmente AEROBIAS para crecer y produce CATALASA.
- ❖ Las auténticas bacterias del ácido láctico son capaces de crecer en total ausencia de O₂ y CARECEN de la enzima CATALASA.

L. monocytogenes causa LISTERIOSIS, enfermedad transmitida por los alimentos contaminados, normalmente no cocinados (queso) y puede producir desde una suave enfermedad hasta una forma mortal de meningitis.



Corinebacterias

- ❖ Bacilos Gram +, aerobios y sin movilidad.
- ❖ Forman agrupaciones de forma irregular, en forma de garrote o en forma de V.

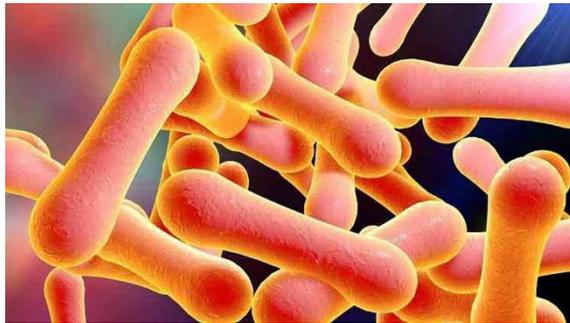


Géneros principales



Corynebacterium

- Incluye patógenos de animales y plantas y saprófitos: *Corynebacterium diphtheriae*.
- Tienen un extremo hinchado, aspecto de garrote (de ahí el nombre del género: del griego *koryne* = garrote).



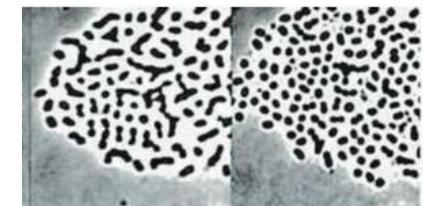
Arthrobacter

- Organismos del suelo.
- Tienen un ciclo de desarrollo que implica la transformación de bacilo a coco y de vuelta a bacilo.
- Extraordinariamente resistentes a la desecación y a la falta de nutrientes, pese a NO FORMAR esporas u otras formas de resistencia.

Arthrobacter globiformis



Coco individual transformación a bacilo microcolonia compuesta predominantemente por bacilos

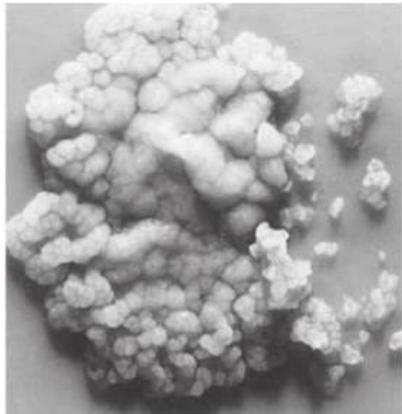


Transformación de bacilos a cocos.

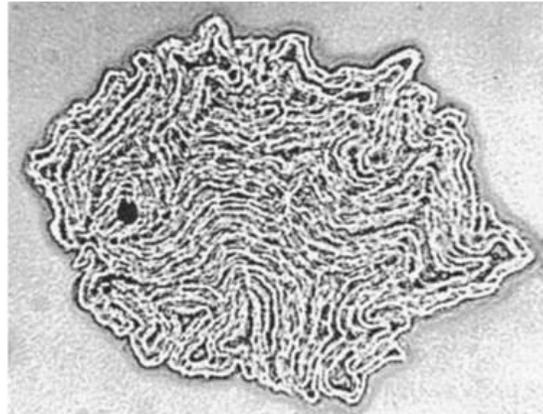
Mycobacterium

- Bacilos que en cierto momento de su ciclo de vida tienen la propiedad de ser **ÁCIDO ALCOHOL RESISTENTES** debido a la presencia en la superficie de lípidos característicos: **ÁCIDOS MICÓLICOS**.
- Es una cubierta celular externa cerosa sólo presente en el género *Mycobacterium*.

Mycobacterium tuberculosis



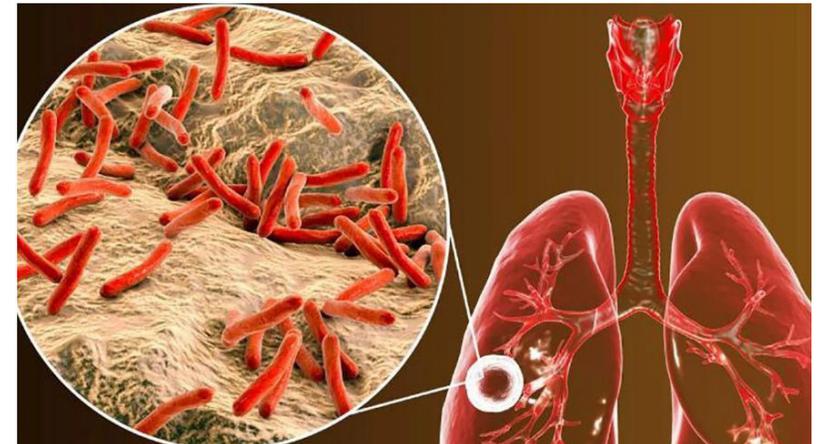
N. Rist



V. Lorian

En medio sólido forman colonias densas, compactas y a menudo arrugadas.

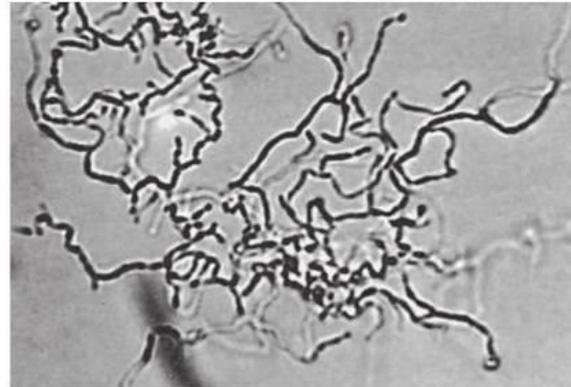
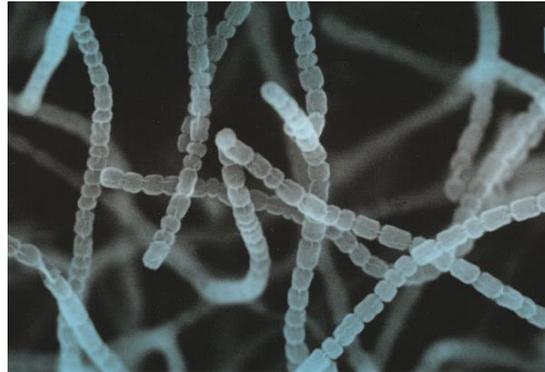
Causa tuberculosis, una infección bacteriana grave que afecta principalmente a los pulmones.



ACTINOMICETOS



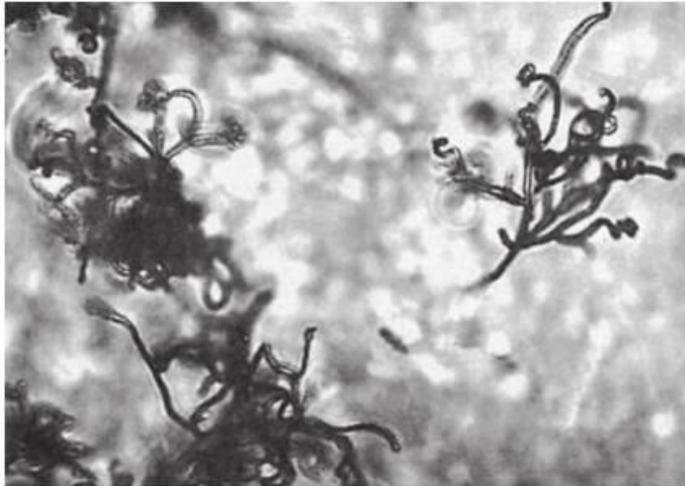
- Forman un gran grupo de bacterias Gram + filamentosas.
- Como resultado de su crecimiento y ramificación se forma una red de filamentos ramificados, denominada MICELIO que es análogo al formado por los hongos filamentosos.
- La mayoría forman esporas.



***Nocardia*, que muestra la típica estructura celular filamentosa (micelio).**

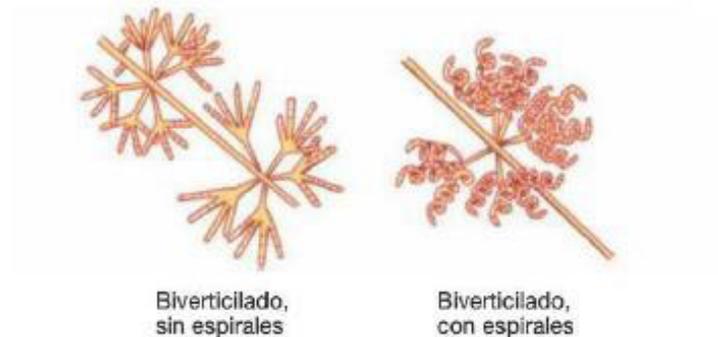
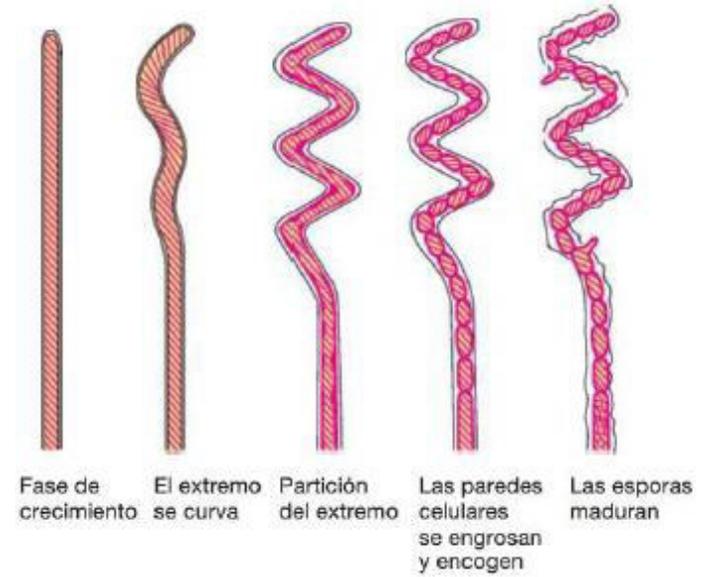
Streptomyces

La fase vegetativa consiste en una matriz compleja y finamente entrelazada, que da lugar a un micelio compacto y retorcido, que forma la colonia.



Se van formando filamentos aéreos característicos, denominados **ESPORÓFOROS**, que se elevan sobre la superficie de la colonia y producen esporas.

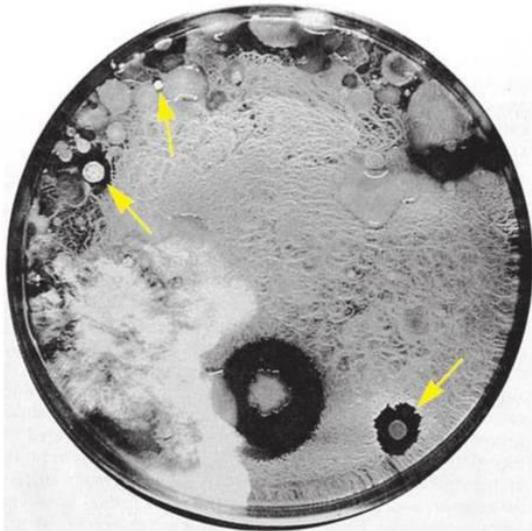
Las esporas de los estreptomicetos se producen mediante la formación de septos en los esporóforos multinucleados, a lo que sigue la separación como esporas de las células individuales.



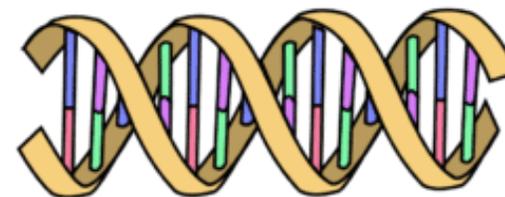
Cada especie de *Streptomyces* produce un sólo tipo morfológico de estructura portadora de esporas.



- La propiedad más llamativa de los estreptomicetos es su rango de producción de ATB.
- Alrededor del 50% de todos los *Streptomyces* aislados producen ATB.
- Supone una enorme importancia económica y médica.



- Se conocen más de 500 ATB diferentes producidos por estreptomicetos y se considera que hay muchos más.
- Se necesitan muchos genes para codificar las enzimas necesarias para la síntesis de ATB y como consecuencia los genomas de las especies de *Streptomyces* son grandes.

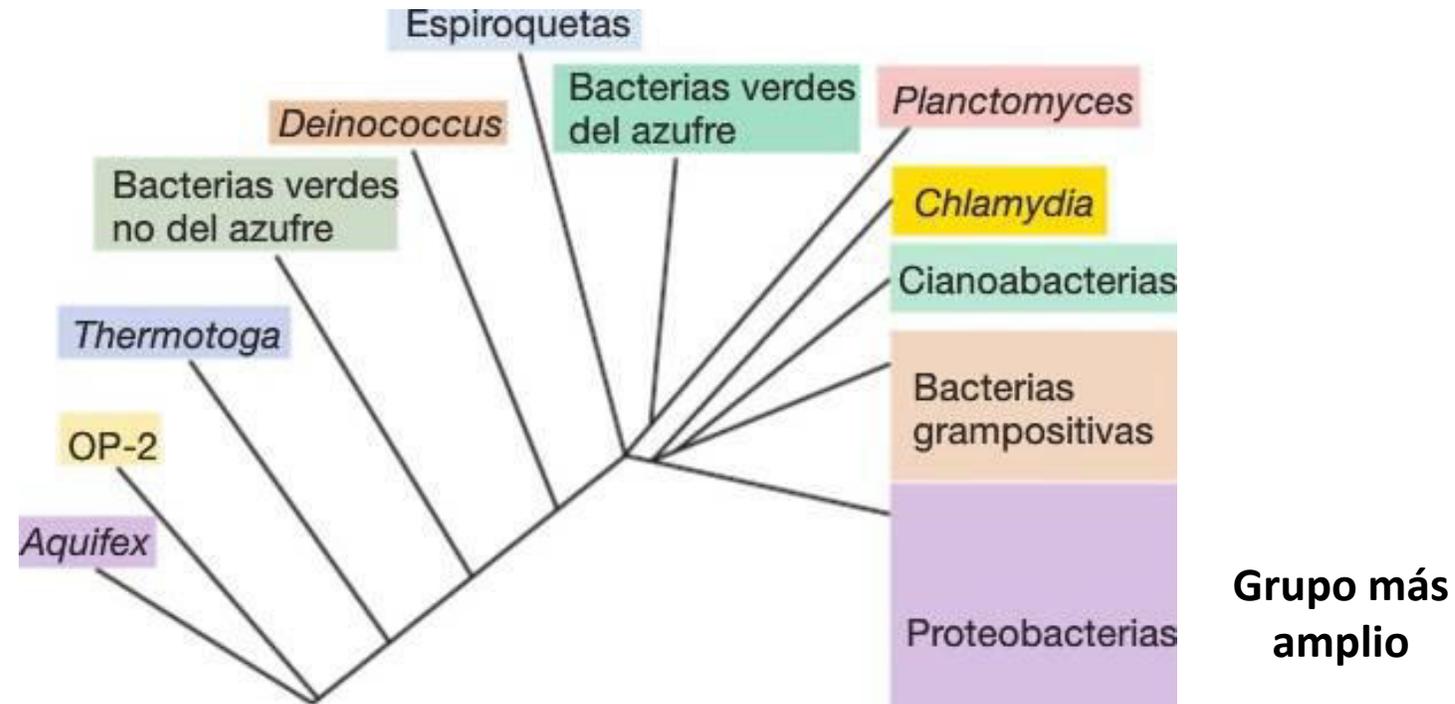


- Más de 60 ATB producidos por estreptomicetos se emplean en medicina humana y veterinaria, agricultura e industria.
- La búsqueda de nuevos ATB producidos por estreptomicetos continúa, porque los ATB conocidos NO son capaces de controlar eficazmente muchas enfermedades infecciosas.
- El continuo desarrollo de patógenos resistentes a los ATB exige el descubrimiento continuo de nuevos productos.



- Una hipótesis sobre el sentido de la producción de ATB por *Streptomyces* propone que dicha producción, que está ligada a la esporulación (un proceso inducido a su vez por la carencia de nutrientes), podría ser un mecanismo para inhibir el crecimiento de organismos que compitan con *Streptomyces* por nutrientes limitantes.
- Esto les permitiría completar el proceso de esporulación y formar una estructura de resistencia que incremente sus opciones de supervivencia.

Árbol filogenético *Bacteria*



- Los tamaños relativos de los recuadros coloreados indican el número de géneros y especies que se conocen actualmente en cada grupo.
- La línea evolutiva OP-2 no representa microorganismos cultivados sino secuencias de ARNr 16S aislado de una muestra ambiental.

PROTEOBACTERIAS FOTOTRÓFICAS Y QUIMIOLITOTRÓFICAS



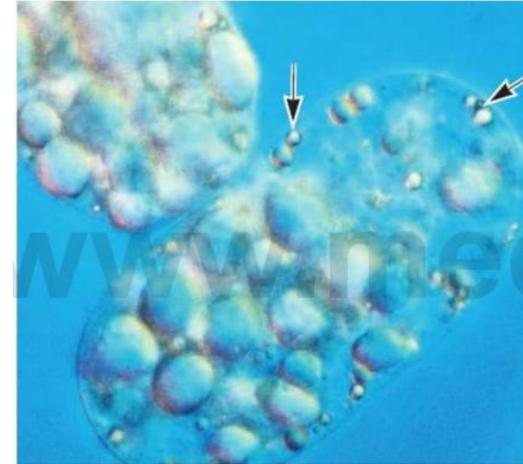
Bacteria roja del azufre *Chromatium*



FOTÓTROFA

Células bacilares largas y rojizas en una comunidad microbiana natural.

Bacteria oxidante de azufre *Achromatium*

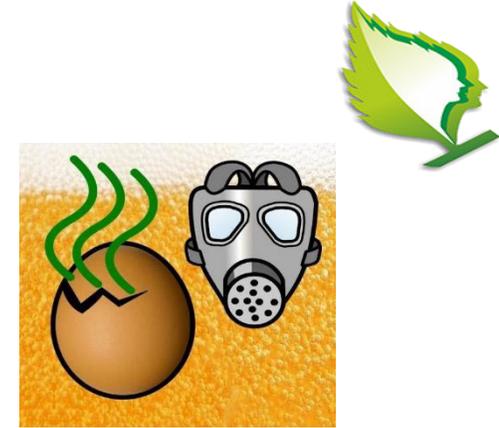


QUIMIOLITÓTROFA

En ambas células se aprecian glóbulos de azufre elemental (flechas).

Los 2 realizan la oxidación del sulfuro de hidrógeno (H_2S).

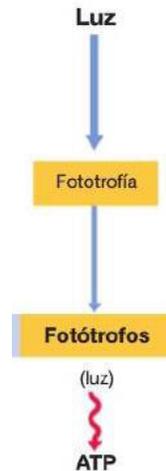
- Muchos de Quimiolitótrofos usan H_2S (olor a huevo podrido) en su metabolismo, produciendo azufre elemental que se deposita dentro o fuera de la células.
- El S es un producto de la oxidación del H_2S y puede ser oxidado posteriormente a SO_4^{2-} .
- El sulfuro (S^{2-}) y el azufre (S^0) se oxidan para permitir funciones metabólicas tan importantes como la fijación de CO_2 (AUTOTROFÍA) o la generación de energía.



Opciones metabólicas para la obtención de energía

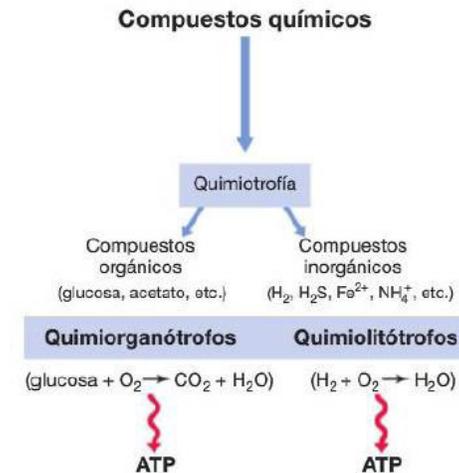
FOTÓTROFOS

Convierten la energía solar en energía química en forma de ATP.



QUIMIÓTROFOS

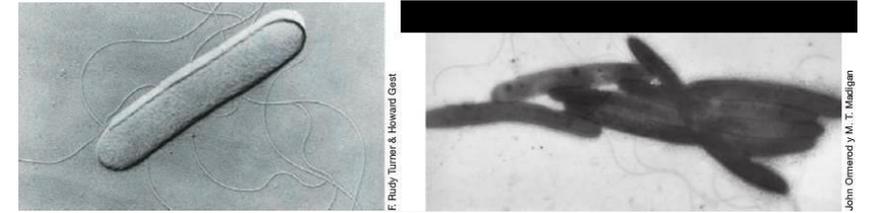
Oxidan compuestos orgánicos o inorgánicos para producir ATP.



LOS PROCARIOTAS NO TIENEN CLOROPLASTOS

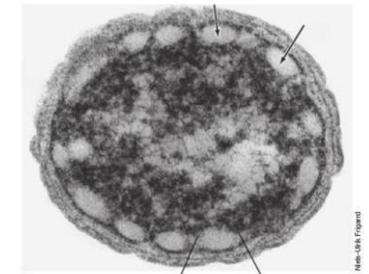
Sus pigmentos fotosintéticos están integrados en sistemas membranosos internos que se forman

1) Por la invaginación de la membrana citoplásmica (bacterias púrpuras).

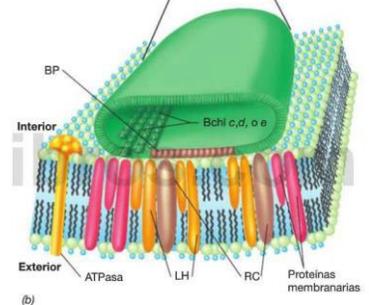


2) Por la propia membrana citoplasmática (heliobacterias).

3) Tanto por la membrana citoplasmática como por estructuras especializadas rodeadas por membranas no unitarias llamadas CLOROSOMAS (bacterias verdes)



4) Por membranas tilacoidales (cianobacterias).



BACTERIAS FOTOTRÓFICAS ROJAS



- Llevan a cabo fotosíntesis ANOXIGÉNICA, que en contraposición a las cianobacterias NO liberan O₂
- Grupo morfológicamente diverso y la clasificación se ha establecido conforme a criterios filogenéticos, morfológicos y fisiológicos.
- Sus diferentes géneros caen dentro de las Alfa-, Beta-, o Gammaproteobacterias.
- Contienen BACTERIOCLOROFILAS y pigmentos CAROTENOIDES que les proporcionan colores espectaculares: púrpura, rojo o marrón



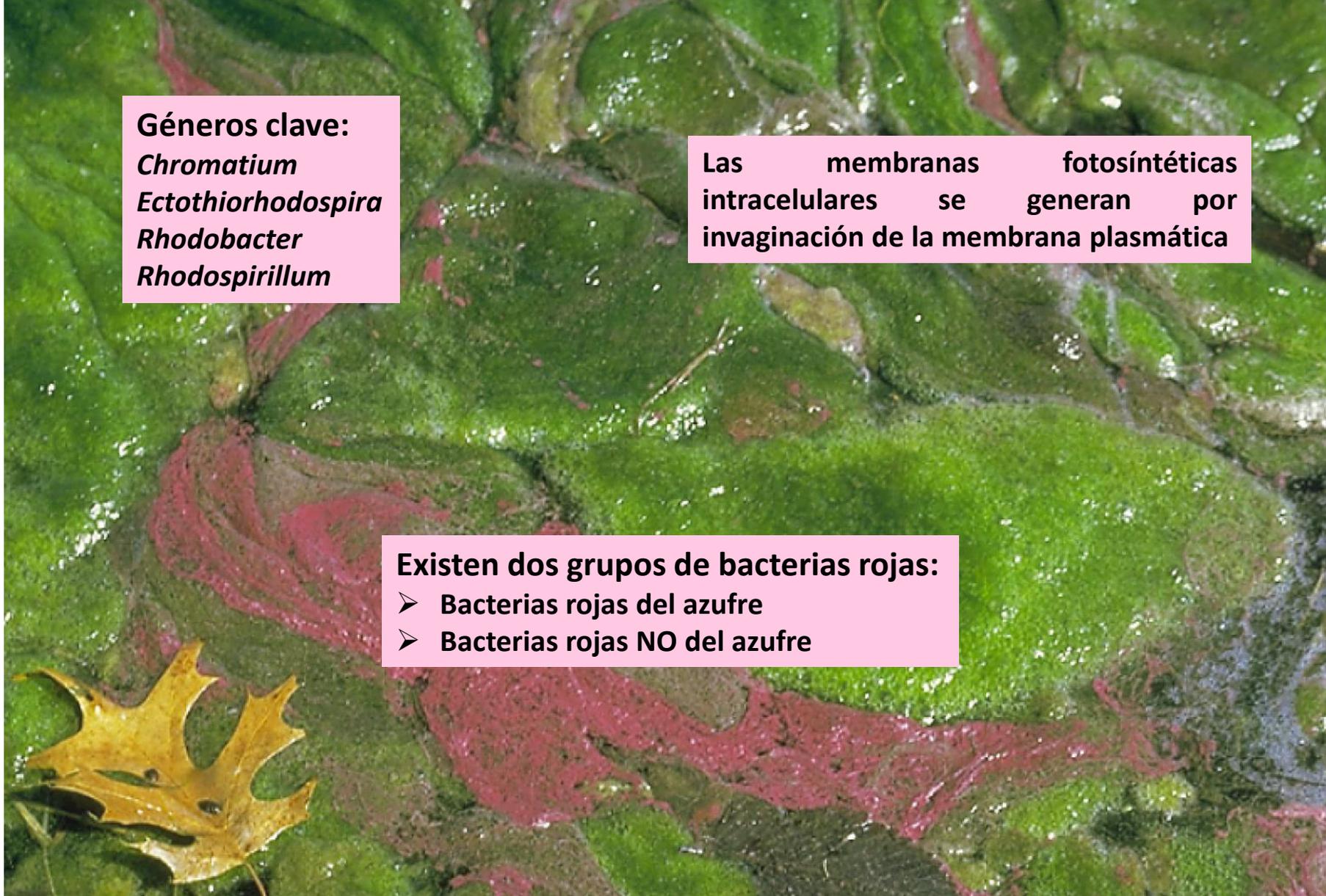
Rhodospirillum rubrum

Rhodobacter sphaeroides

Mutante SIN carotenoides, la bacterioclorofila es azul.

Carece de uno de los carotenoides de la cepa silvestre, siendo más verdoso.

PROTEOBACTERIAS: BACTERIAS ROJAS FOTOTROFAS



Géneros clave:

Chromatium

Ectothiorhodospira

Rhodobacter

Rhodospirillum

Las membranas fotosintéticas intracelulares se generan por invaginación de la membrana plasmática

Existen dos grupos de bacterias rojas:

- Bacterias rojas del azufre
- Bacterias rojas NO del azufre

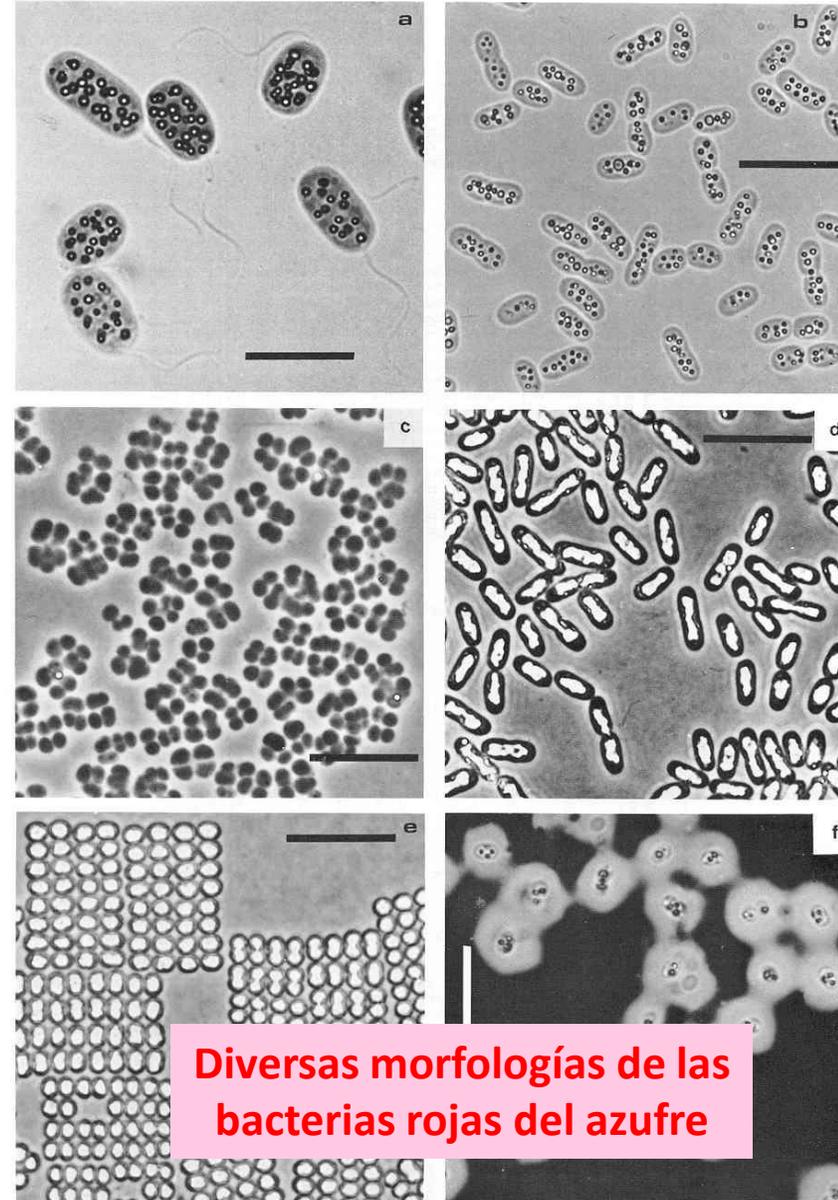
BACTERIAS ROJAS DEL AZUFRE

Usan H_2S como dador de e^- para la reducción fotosintética del CO_2



Pertencen a la clase de γ -Proteobacteria
Chromatium almacena granos de S
Ectothiorhodospira produce S fuera de la célula
Halorhodospira es halófila extrema

Viven en zonas ANÓXICAS de hábitats acuáticos donde se acumula SH_2 y llega la LUZ, como lagos o fuentes sulfurosas.

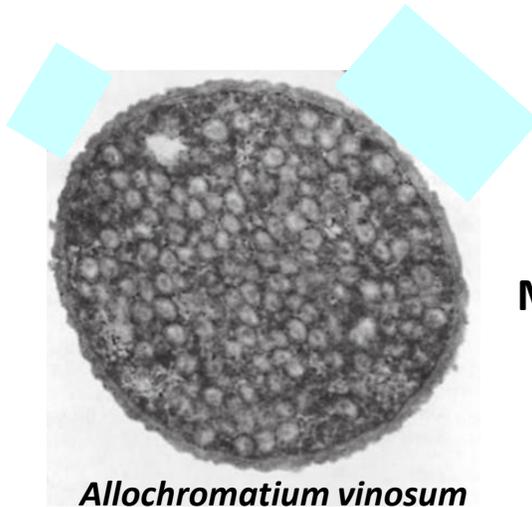


Diversas morfologías de las bacterias rojas del azufre

BACTERIAS ROJAS DEL AZUFRE

- Producen sistemas membranosos fotosintéticos de diversas morfologías en sus citoplasma en los cuales se insertan sus pigmentos.
- Estas membranas internas permiten a las bacterias rojas disponer de mayor cantidad de pigmentos y por tanto utilizar mejor la luz disponible.
- Cuando estas células se cultivan en condiciones de alta intensidad lumínica, se reduce la cantidad de membranas y pigmentos.
- En contraposición, a baja intensidad de luz, las células están repletas de membranas y ftopigmentos.

Membranas fotosintéticas en forma de láminas



Membranas en forma de vesículas esféricas individuales.

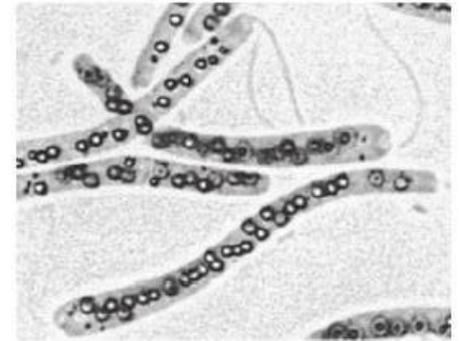
BACTERIAS ROJAS DEL AZUFRE

- El sulfuro (S^{2-}) se oxida hasta azufre elemental (S^0) que se acumula en glóbulos dentro o fuera de las células.
- Este S desaparece más tarde al ser oxidado hasta SO_4^{2-} .
- Todas las bacterias rojas del S descubiertas hasta el momento son Gammaproteobacteria.



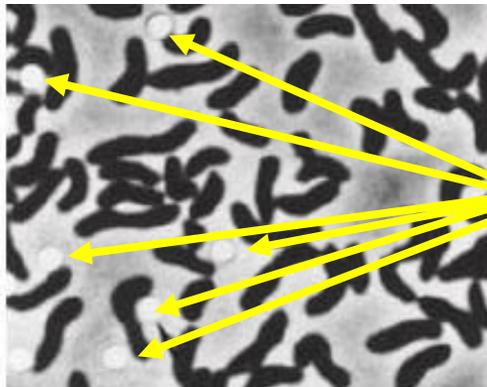
Glóbulos de azufre dentro de las células

Chromatium okenii



Glóbulos de azufre dentro de las células

Thiospirillum jenense

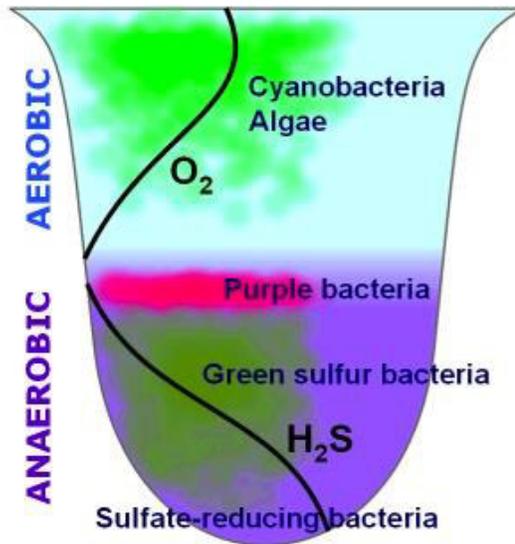


Glóbulos externos de azufre (flecha)

Ectothiorhodospira mobilis

BACTERIAS ROJAS DEL AZUFRE

Generalmente en zonas ANÓXICAS iluminadas de lagos y otros hábitats acuáticos en los que se acumula H_2S y también en MANANTIALES SULFUROSOS, en los que H_2S generado biológica o geoquímicamente puede desencadenar explosiones poblacionales de estas bacterias.



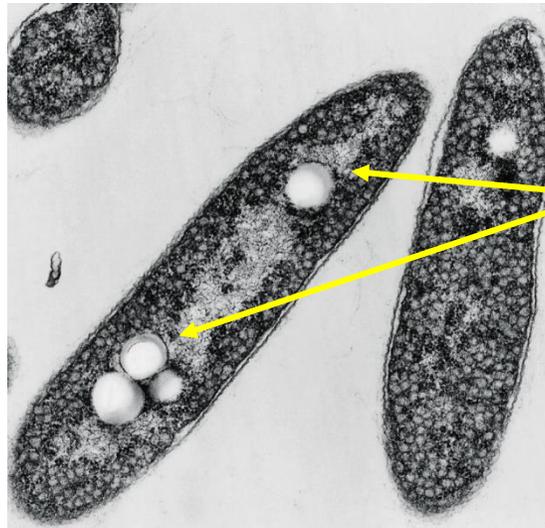
- Los lagos meromícticos (permanentemente estratificados) son los más favorables para su desarrollo.
- Éstos se estratifican porque tiene agua más densa (usualmente salina) en el fondo y agua menos densa (normalmente dulce) mas cercana a la superficie.
- Si existe el suficiente sulfato para permitir su reducción, el sulfuro producido en los sedimentos difunde hacia las aguas profundas anóxicas y es aquí donde las bacterias rojas del azufre pueden acabar formando densas masas celulares: explosiones poblacionales, *blooms* o flores de mar, habitualmente en asociación con bacterias verdes fotótrofes.

BACTERIAS ROJAS NO DEL AZUFRE



- Pertenecen a la clase de α o β : *Rhodobacter*, *Rhodospirillum*
- Tienen un metabolismo versátil, principalmente FOTOHETERÓTROFAS.
- Usan compuestos orgánicos como fuente de carbono (ácidos grasos; aminoácidos; azúcares; compuestos aromáticos).
- Pueden ser FOTOAUTÓTROFAS.
- Usan H_2 o bajos niveles de SH_2 para reducir el CO_2
- Pueden ser QUIMIOORGANOTROFAS en oscuridad, realizando respiración anaerobia o fermentación.

Rhodobacter capsulatus

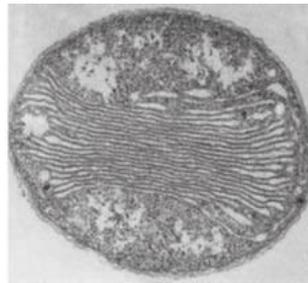
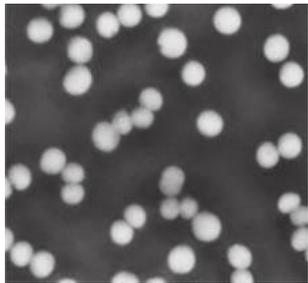


Granulos de poli- β -hidroxibutirato

BACTERIAS DEL NITROGENO

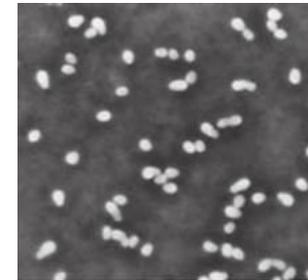
Bacterias oxidantes de amoníaco (NH_3) y nitritos (NO_2^-)

- Capaces de crecer QUIMIOLITOTRÓFICAMENTE utilizando compuestos NITROGENADOS INORGÁNICOS reducidos como fuente de energía.
- Filogeneticamente se distribuyen entre 4 de las clases de proteobacterias: alfa, beta, gamma y delta.
- No se conoce ningún quimiolitótrofo que sea capaz de realizar la oxidación completa del amoníaco hasta nitrato (NO_3^-).
- En consecuencia, la nitrificación en la naturaleza resulta de la acción secuencial de 2 grupos distintos de organismos, las bacterias OXIDANTES DEL AMONÍACO (NITROSIFICANTES) y las bacterias OXIDANTES DE NITRITOS (NITRIFICANTES), que son las productoras de nitratos.



S. W. Watson

Nitrosococcus oceani
bacteria NITROSIFICANTE



S. W. Watson

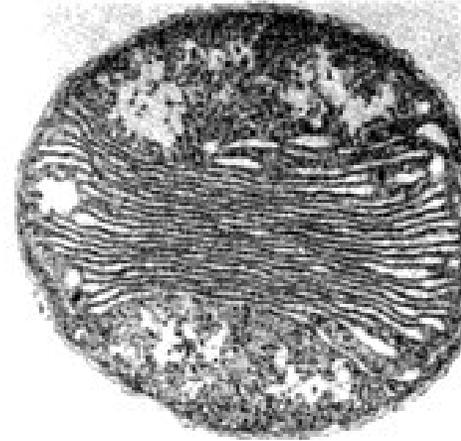
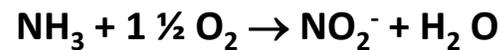
Nitrobacter winogradskyi
bacteria NITRIFICANTE

BACTERIAS DEL NITROGENO

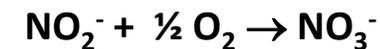
- ❖ Se encuentran en el suelo y en el agua, donde haya una elevada producción de NH_3 .
- ❖ Descomposición de proteínas, alcantarillado, plantas depuradoras, vertidos de aguas residuales.



Nitrosomonas



Nitrococcus



Muchas poseen un sistema de membranas internas donde se localiza el enzima clave, la AMONIACO MONOOXIGENASA, que oxida NH_3 (amoníaco) hasta NH_2OH (hidroxilamina) y la NITRITO OXIDASA, que oxida NO_2^- (nitrito) hasta NO_3^- (nitrato).

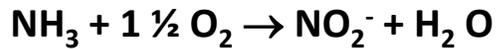


BACTERIAS DEL NITROGENO



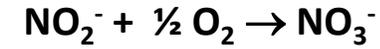
Las bacterias NITROSIFICANTES tienen nombres de género que comienzan por NITROSO.

Las bacterias NITRIFICANTES productoras de NO_3^- tienen nombres de género que comienzan por NITRO.



Oxidan NH_3

Nitrosomonas



Oxidan NO_2^-

Nitrobacter

Características	Género	Grupo filogenético	Habitats
Oxidan amonio:			
Gram-negativas, bacilos cortos o largos, móviles (flagelo polar) o no inmóviles; sistemas membranosos periféricos	<i>Nitrosomonas</i>	beta	Suelo, aguas residuales, agua dulce y salada
Cocos grandes, móviles; membranas vesiculares o periféricas	<i>Nitrosococcus</i>	gamma	Agua dulce y salada
Espirales, móviles (flagelos peritricos); sistema de membranas no aparente	<i>Nitrospira</i>	beta	Suelo, agua dulce
Pleomórficas, lobulares, células compartimentadas; móviles (flagelos peritricos)	<i>Nitrosolobus</i>	beta	Suelo
Oxidan nitrito:			
Bacilos cortos, crecen por gemación, ocasionalmente móviles (flagelo subterminal único); sistema de membranas a modo de cubierta polar	<i>Nitrobacter</i>	alfa	Suelo, agua dulce y marina
Bacilos largos y finos, inmóviles; sistema de membranas no aparente	<i>Nitrospina</i>	delta	Marinas
Cocos grandes, móviles (uno o dos flagelos subterminal); sistema de membranas organizados en tubos al azar	<i>Nitrococcus</i>	gamma	Marinas
Células helicoidales o con forma de vibrio, inmóviles; carecen de membranas internas	<i>Nitrospira</i>	Grupo <i>Nitrospira</i>	Suelo, agua marina

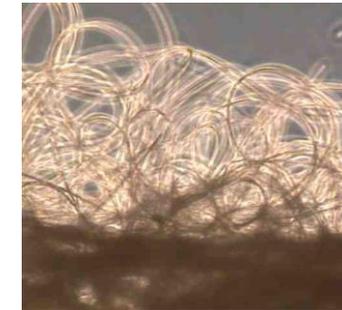
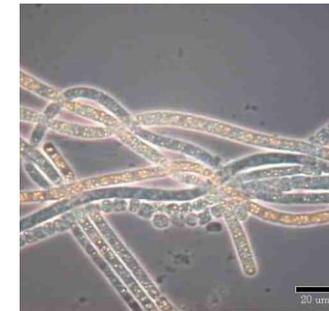
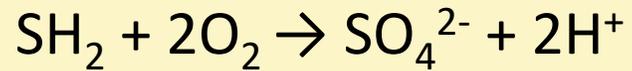


- Ampliamente distribuidas en suelos y aguas.
- Son más abundantes en hábitats con una considerable concentración de amoníaco, lugares donde se produce mucha descomposición de proteínas (amonificación) y también en plantas de tratamiento de aguas residuales.
- Se desarrollan bien en lagos y corrientes de agua que reciben aportes de aguas residuales porque éstas son ricas en amoníaco
- Los cultivos de enriquecimiento de bacterias nitrificantes se consiguen usando medios con sales minerales que contienen amoniaco (NH_3) o nitrito (NO_2^-) como dador de \bar{e} y bicarbonato (HCO_3^{-1}) como única fuente de carbono.

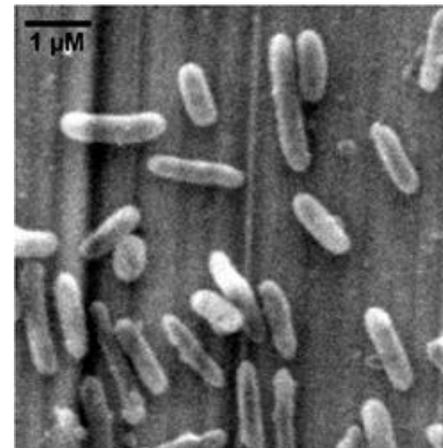


BACTERIAS OXIDANTES DEL AZUFRE Y EL HIERRO

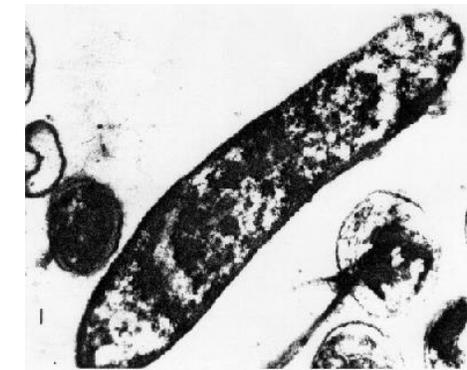
- Pueden crecer QUIMIOLITOTRÓFICAMENTE sobre compuestos reducidos de azufre (característica de un grupo de proteobacterias).
- Existen 2 amplias clases ecológicamente distintas de bacterias oxidantes del azufre, aquellas que viven a pH neutro y aquellas que viven a pH ácido.
- Algunos de estos acidófilos también son capaces de crecer quimiolitotróficamente utilizando ion ferroso (Fe^{2+}) como donante de e^- .



Beggiatoa

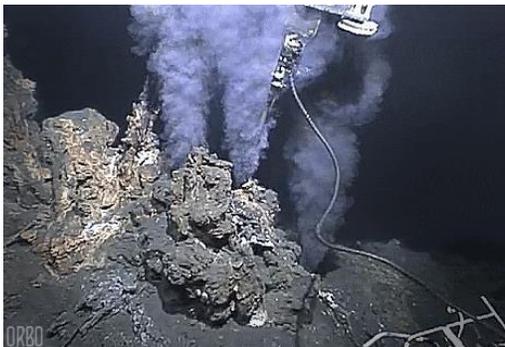
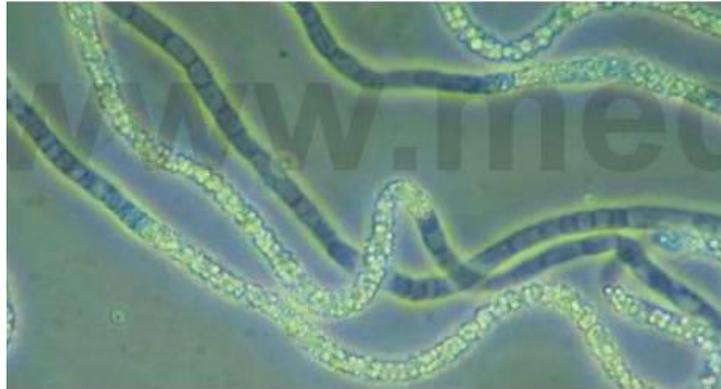


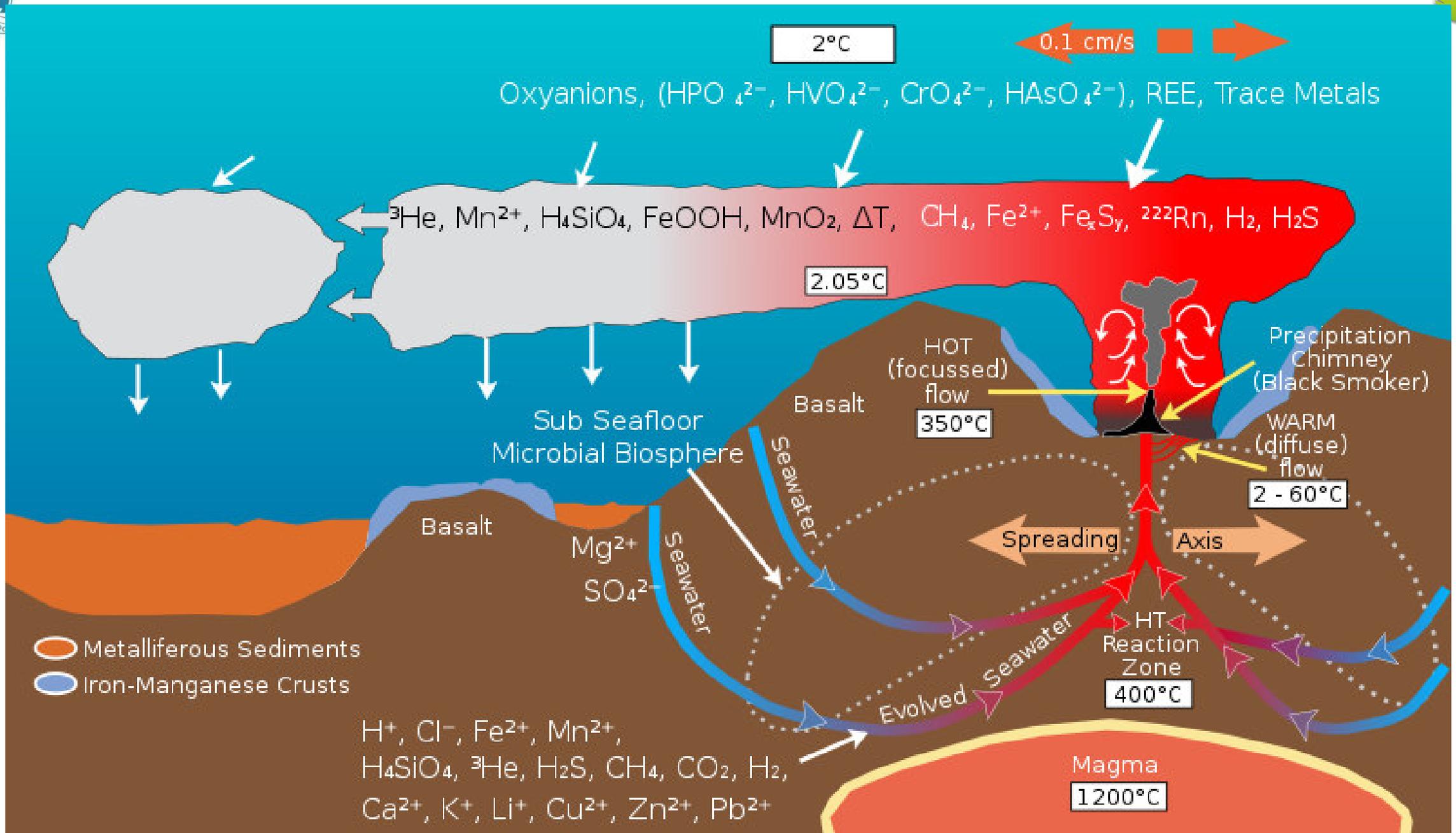
Thiobacillus denitrificans



Thiobacillus ferrooxidans

En la naturaleza *Beggiatoa* se encuentra fundamentalmente en hábitats ricos en H_2S , como los manantiales sulfurosos, chimeneas hidrotermales, lechos de algas en putrefacción, rizosfera de plantas que viven en suelos inundados y en consecuencia carentes de O_2 , capas cenagosas de lagos y aguas contaminadas con aguas residuales.



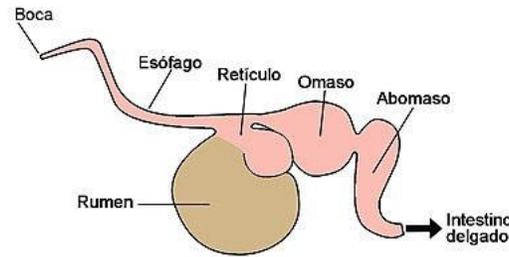


BACTERIAS METANÓTROFAS Y METILÓTROFAS



Methylomonas, Methylobacter

- El metano (CH_4) es muy abundante en la naturaleza.
- Se produce en ambientes ANAEROBIOS por acción de ARQUEAS METANOGÉNICAS y está presente en gran cantidad en pantanos, cienos, marismas, lagos, el rumen y en el tracto intestinal de mamíferos.
- El metano es un componente principal del gas natural y también se encuentra en numerosos yacimientos de carbón.



**Proteobacterias:
Bacterias metanotrofas y metilotrofas**



Figura 12.15 Micrografías electrónicas de metanotrofos. (a) Una especie de *Methylosinus* ilustrando el sistema membranoso tipo II. Diámetro celular de 0,6 µm. (b) *Methylococcus capsulatus* ilustrando el sistema membranoso tipo I.

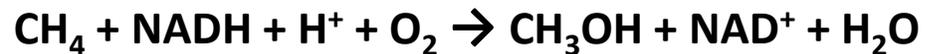
Géneros clave
Methylomonas
Methylobacter

Pertenece a alfa y gamma-Proteobacterias

Son **quimiolitotrofas**
Usan CH₄ y otros compuestos de un solo carbono como fuente de carbono y energía

Poseen **metano monooxigenasa (MMO)**, enzima clave para la **oxidación del CH₄**

MMO



Metanótrofos simbiotes de mejillones marinos

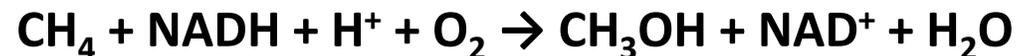


METANÓTROFO

- ✓ Organismo que puede oxidar CH_4 .

- Muchos de los METILÓTROFOS también son METANÓTROFOS.
- Sin embargo los METANÓTROFOS son únicos ya que pueden crecer no sólo utilizando algunos de los compuestos de 1 solo carbono más oxidados, sino también usando CH_4 .
- Los METANÓTROFOS tienen una enzima clave, la MMO, que introduce un átomo de oxígeno del O_2 en el CH_4 , formando METANOL: CH_3OH .
- La necesidad de O_2 como reactivo en la oxigenación inicial del CH_4 explica por qué los METANÓTROFOS son AEROBIOS ESTRICTOS.

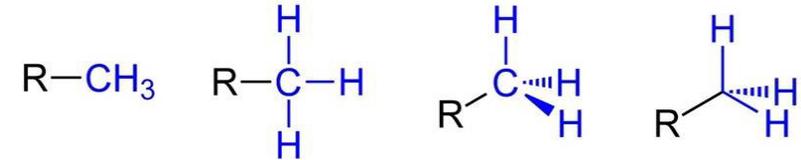
MMO



METILÓTROFO



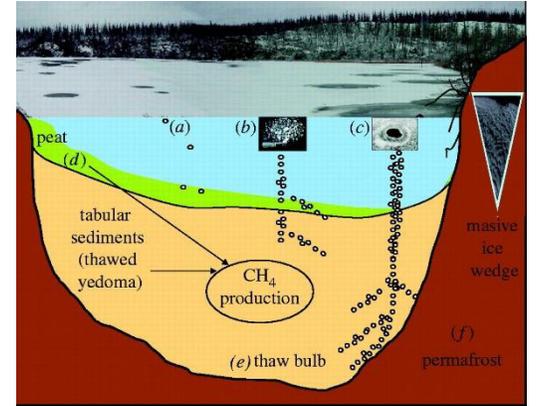
- ✓ Organismo capaz de crecer usando compuestos reducidos de un solo átomo de carbono (NO CONTIENEN enlaces C—C).



ECOLOGÍA



- Presentes en ambientes acuáticos y terrestres ya que se encuentran en cualquier lugar donde exista un suministro estable de CH_4 .
- El CH_4 que se produce en las zonas ANAEROBIAS de ciertos lagos se difunde hacia arriba por la columna de agua y los METANÓTROFOS suelen concentrarse en la estrecha banda de contacto entre el CH_4 y el O_2 .
- Por tanto las bacterias oxidantes de CH_4 desarrollan un papel importante en el ciclo del carbono, al transformar el CH_4 procedente de la descomposición anaerobia en material celular y CO_2 .



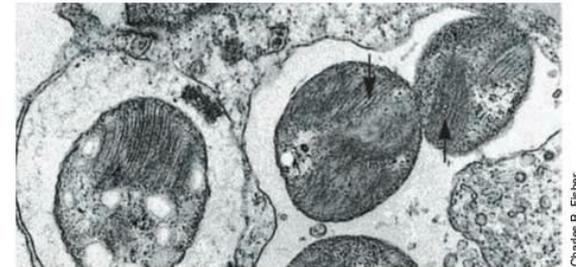
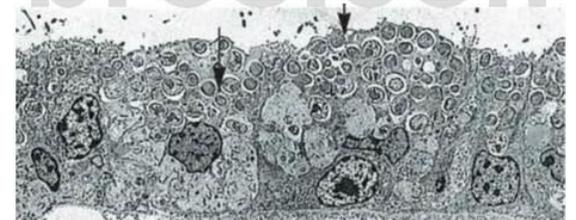
AISLAMIENTO

- Para el enriquecimiento de METANÓTROFOS sólo se necesita un medio con sales minerales en una atmósfera del 80% de CH_4 y del 20% de aire.
- Una vez que se consigue un crecimiento considerable se pueden purificar mediante el repetido aislamiento de colonias en placas de medio sólido con sales minerales incubadas en un contenedor que contenga una mezcla de CH_4 y aire.

METANÓTROFOS SIMBIONTES DE ANIMALES



- Las **BACTERIAS METANOTRÓFICAS** y ciertos mejillones y esponjas marinos desarrollan relaciones simbióticas.
- Algunos mejillones viven en el entorno de los filtrados de hidrocarburos del fondo marino, lugares donde se libera CH_4 en cantidades considerables.
- Los tejidos aislados de las branquias de estos mejillones tienen bacterias con forma cocoidal que consumen CH_4 en presencia de O_2 .
- Se localizan dentro de las vacuolas de las células animales cercanas a la superficie de las branquias, lo que probablemente asegura el intercambio eficiente de gases con el agua marina.



Charles R. Fisher

Las simbiosis con metanótrofos son similares a las desarrolladas entre quimiolitótrofos oxidadores del azufre y las almejas gigantes y los gusanos de las chimeneas hidrotermales



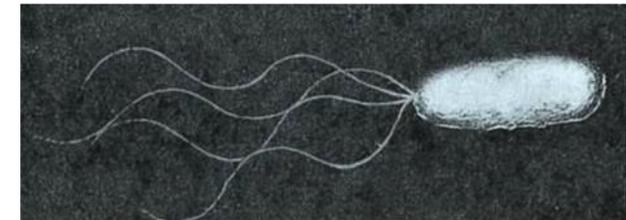
PROTEOBACTERIAS QUIMIOORGANÓTROFAS



Proteobacterias II: Grupo de Pseudomonas.

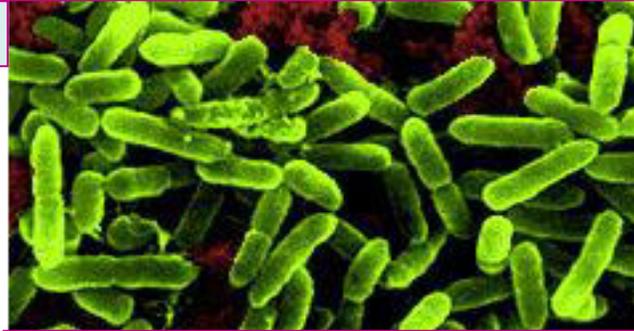
Géneros *Pseudomonas*, *Comamonas*, *Ralstonia* y *Burkholderia*

- Todos los géneros incluidos en este grupo son bacilos rectos o ligeramente curvados con flagelos polares.
- Tamaño de 0,5-1 μm x 1,5-4 μm
- Filogenéticamente las pseudomonas se distribuyen entre las proteobacterias, fundamentalmente en las clases alfa y beta.
- Sin esporas
- Gram -
- AEROBIOS Y ANAEROBIOS FACULTATIVOS
- METABOLISMO RESPIRATORIO, NUNCA FERMENTATIVO
- QUIMIOORGANOTROFOS
- Utilizan compuestos orgánicos de bajo peso molecular
- Algunas pueden ser QUIMIOLITOTROFAS, usando H_2 o CO como fuente de energía (oxidando el CO a CO_2 , utilizando la energía liberada para sintetizar ATP a través de la cadena respiratoria. El CO_2 resultante, a su vez, se utiliza como fuente de carbono para la fijación y la síntesis de compuestos orgánicos, como la glucosa).
- Algunas pueden usar NO_3^- como aceptor de e^- en ANAEROBIOISIS.



Pseudomonas

Móviles mediante flagelos polares

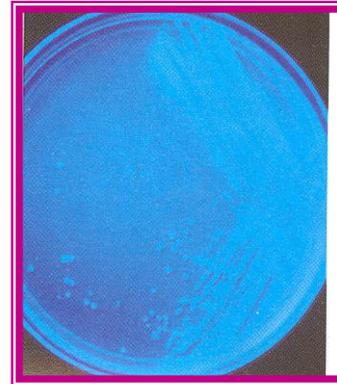
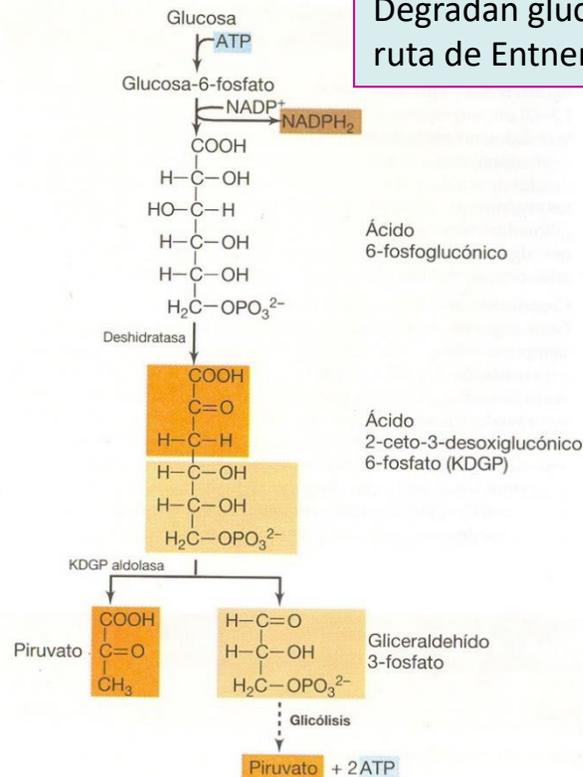


Bacilos rectos o ligeramente curvados

Gram -



Degradan glucosa mediante la ruta de Entner-Doudoroff



Pseudomonas fluorescentes
(Gamma-proteobacterias)

- Pseudomonas aeruginosa*
- Pseudomonas fluorescens*
- Pseudomonas putida*
- Pseudomonas syringae*
- Pseudomonas stutzeri*

Producen pigmentos: piocianina, pioverdina, piourubrina y piomelanina.

Algunos actúan como sideróforos en la captación de Fe.

Otras características del género *Pseudomonas*

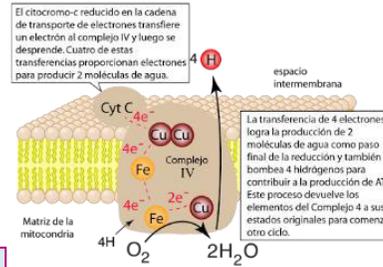


Poseen **CITOCROMO C OXIDASA, OXIDASA +**

Tienen requerimientos nutritivos muy simples (no necesitan factores orgánicos de crecimiento)

CATALASA +

Son biodegradadores muy activos
Participan en el ciclo del C



- ✓ Poseen una gran versatilidad metabólica
- ✓ Pueden utilizar azúcares; ácidos grasos; ácidos di y tricarboxílicos; alcoholes, polialcoholes; compuestos aromáticos; aminoácidos y un largo etc.

Participan activamente en la limpieza del medio ambiente porque **DEGRADAN** muchos **CONTAMINANTES ORGÁNICOS**, pero también producen el deterioro de alimentos almacenados.

Son habitantes del suelo, agua dulce, océanos y muchos otros hábitats naturales (están en todas partes).

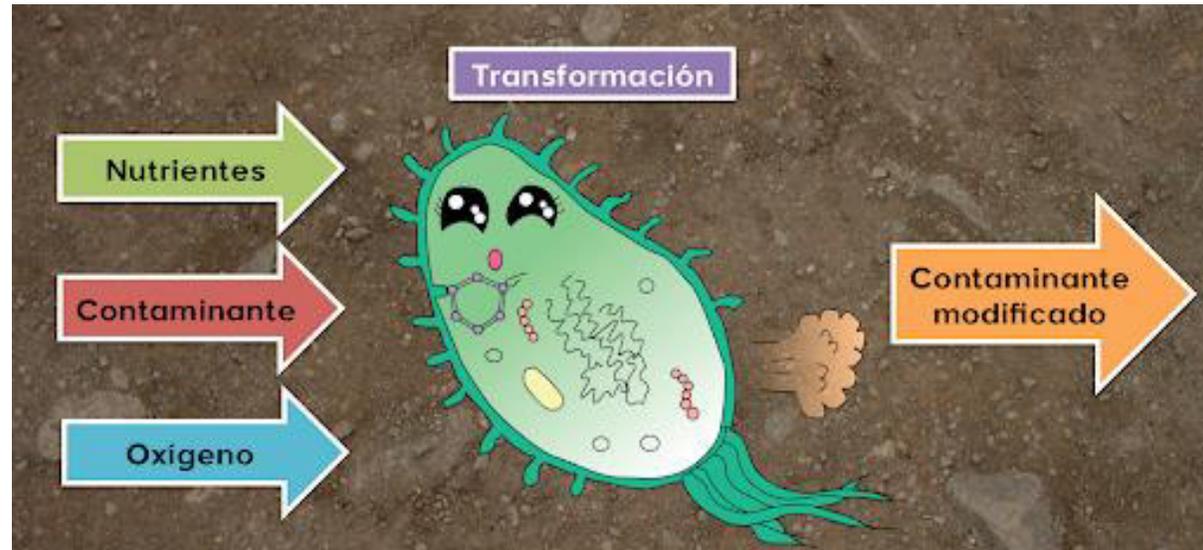
- ✓ Resistentes a ATB
- ✓ Poseen múltiples plásmidos R.
- ✓ Son sensibles a POLIMIXINA.

- ✓ Algunas especies son patógenas.
- ✓ *Pseudomonas aeruginosa* es un patógeno OPORTUNISTA que produce infecciones en el sistema respiratorio y urinario.
- ✓ Puede causar infecciones en quemados o en otros casos en que la piel esté dañada.
- ✓ Son causantes de infecciones nosocomiales.

REQUISITOS NUTRICIONALES



- ❖ Muy sencillos.
- ❖ Crecen quimiorganotróficamente a pH neutro y a temperaturas en el rango de los mesófilos.
- ❖ Tienen la capacidad para usar numerosos compuestos orgánicos como fuentes de carbono y energía, algunas especies utilizan más de 100 compuestos diferentes y sólo unas pocas especies pueden utilizar menos de 20 .
- ❖ Son ecológicamente importantes tanto en el agua como en los suelos y son responsables de la degradación de numerosos compuestos solubles derivados del material vegetal y animal en hábitats aerobios.
- ❖ También son capaces de degradar numerosos compuestos XENOBIÓTICOS (de origen sintético) como pesticidas y otros productos químicos tóxicos.
- ❖ Son importantes agentes medioambientales de BIORREMEDIACIÓN.

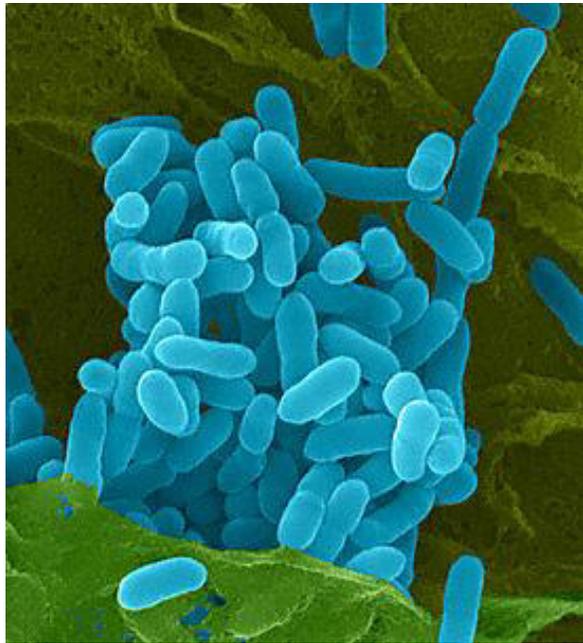
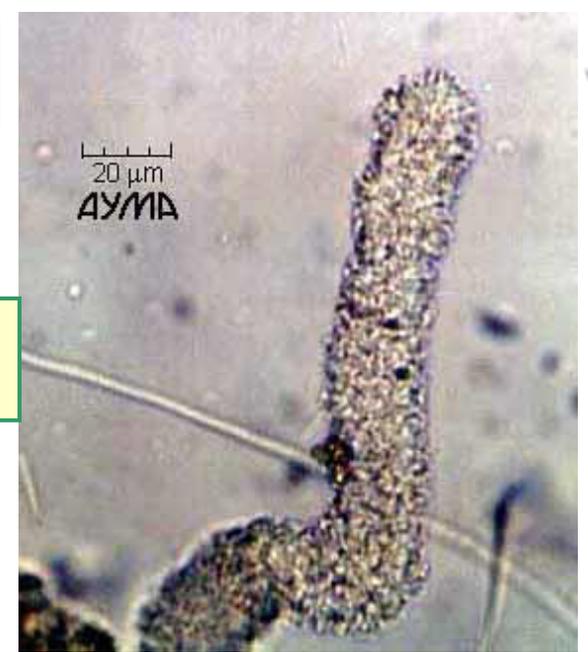


Géneros relacionados con *Pseudomonas*

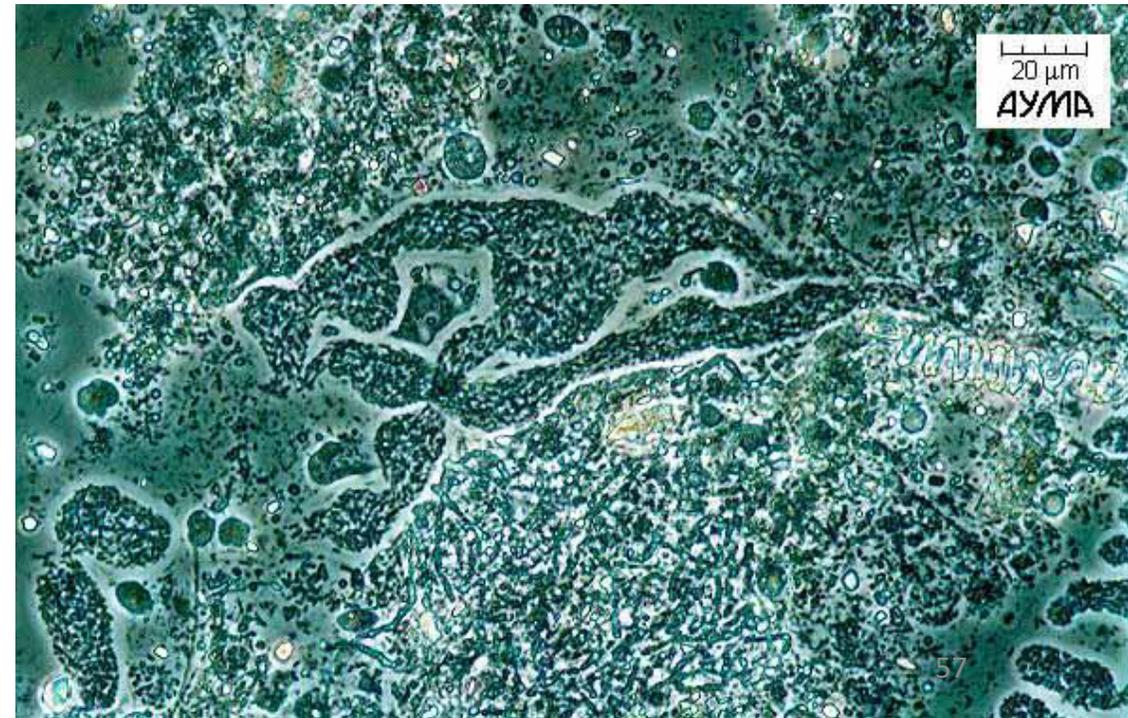
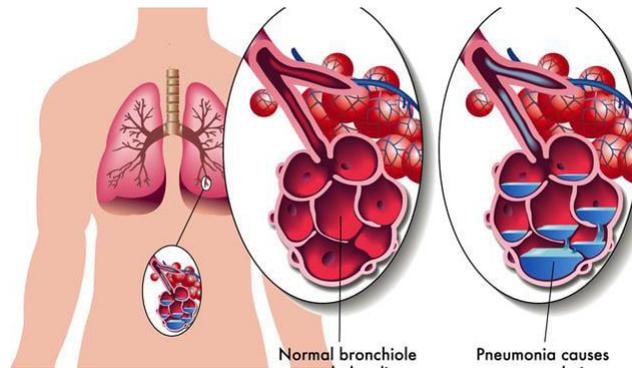


Xanthomonas fragariae
Patógeno de la frutilla

Zooglea
Formadora de flóculos



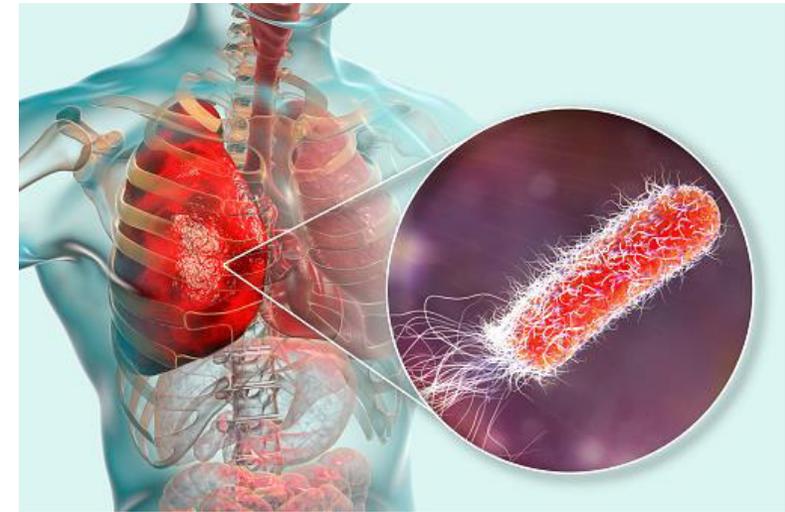
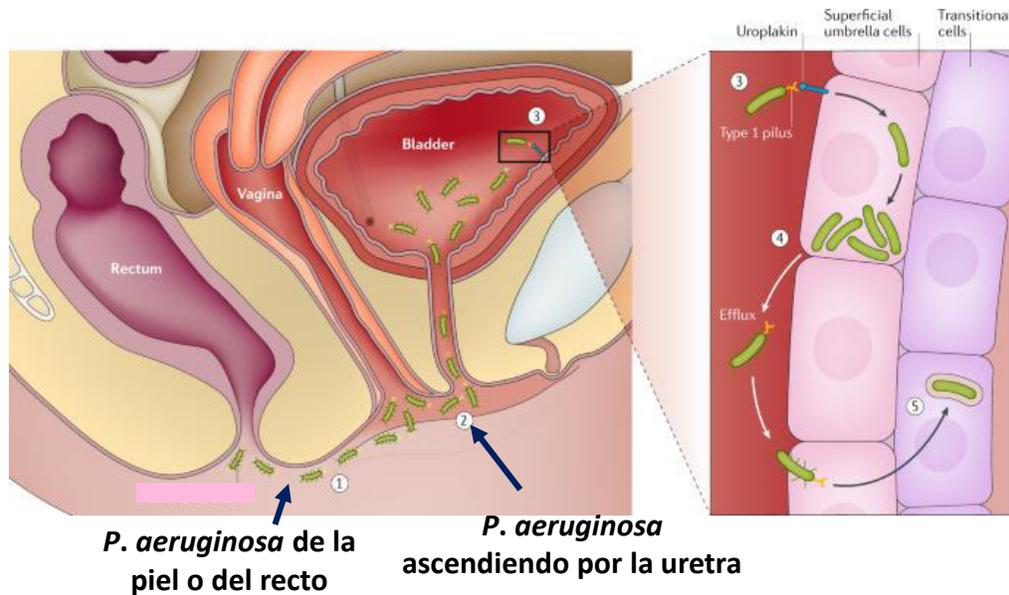
Burkholderia pseudomallei
Causa melioidosis



PSEUDOMONAS PATÓGENAS



- ❖ *Pseudomonas aeruginosa* se asocia frecuentemente a infecciones del tracto urinario y del tracto respiratorio en humanos.
- ❖ Las infecciones también son habituales en pacientes bajo tratamiento por quemaduras graves y otros tipos de daño traumático de la piel y en pacientes con fibrosis quística.
- ❖ *P. aeruginosa* NO es un PATÓGENO ESTRICTO, más bien un OPORTUNISTA, que infecta individuos con poca capacidad de resistencia.

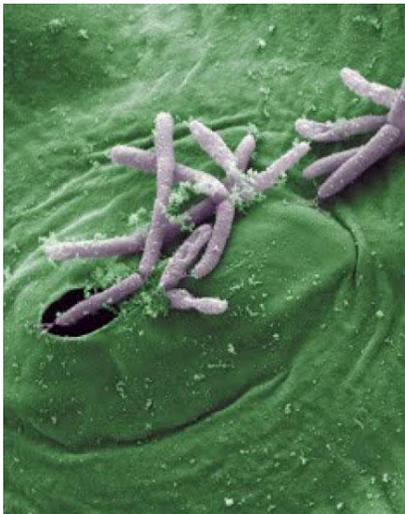


Infección pulmonar por *P. aeruginosa*

FITOPATÓGENOS



- ❖ Residen frecuentemente en plantas no hospedadoras (las cuales no presentan síntomas visibles de enfermedad) desde donde se transmiten a sus plantas hospedadoras donde producen la infección.
- ❖ Los síntomas de enfermedad varían considerablemente, según el fitopatógeno y la planta hospedadora en particular.
- ❖ Los patógenos liberan toxinas, enzimas líticas y otras sustancias que destruyen o de algún modo afectan al tejido vegetal.
- ❖ En muchos casos los síntomas de enfermedad ayudan a identificar al fitopatógeno.
- ❖ *Pseudomonas syringae* es aislada habitualmente de hojas que muestran lesiones cloróticas (amarilleamiento), mientras que *P. marginalis* es un patógeno típico de la podredumbre blanda e infecta tallos y brotes, pero rara vez hojas.

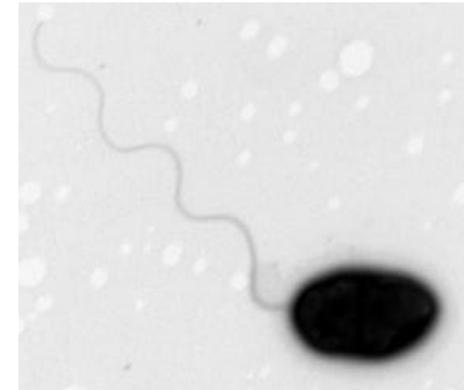
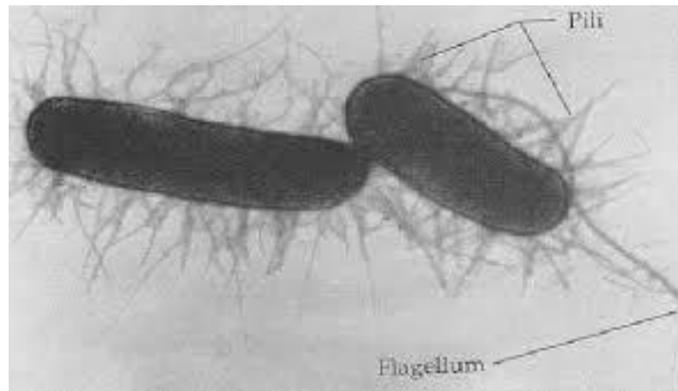


BACTERIAS DEL ÁCIDO ACÉTICO



Acetobacter, Gluconobacter

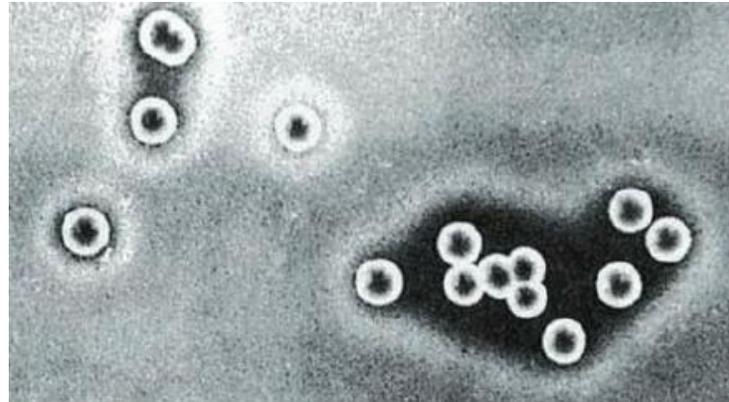
- ❖ Se agrupan filogenéticamente dentro de las ALFAPROTEOBACTERIA.
- ❖ Son bacilos Gram -, aerobios y móviles que llevan a cabo la OXIDACIÓN INCOMPLETA DE ALCOHOLES y AZÚCARES, lo que conlleva la acumulación de ÁCIDOS ORGÁNICOS como PRODUCTO FINAL.
- ❖ La producción de ÁCIDO ACÉTICO a partir de ETANOL da nombre a estas bacterias.
- ❖ Presentan una tolerancia relativamente elevada a entornos ácidos; la mayoría de las cepas pueden crecer sin problemas a valores de $\text{pH} \leq 5$, esencial para un organismo que produce gran cantidad de ácidos.
- ❖ Incluye tanto organismos con flagelos peritricos (*Acetobacter*) como polares (*Gluconobacter*)
- ❖ *Acetobacter* también se diferencia de *Gluconobacter* en su capacidad de oxidar posteriormente el ácido acético para generar CO_2 .



ECOLOGÍA Y USO INDUSTRIAL



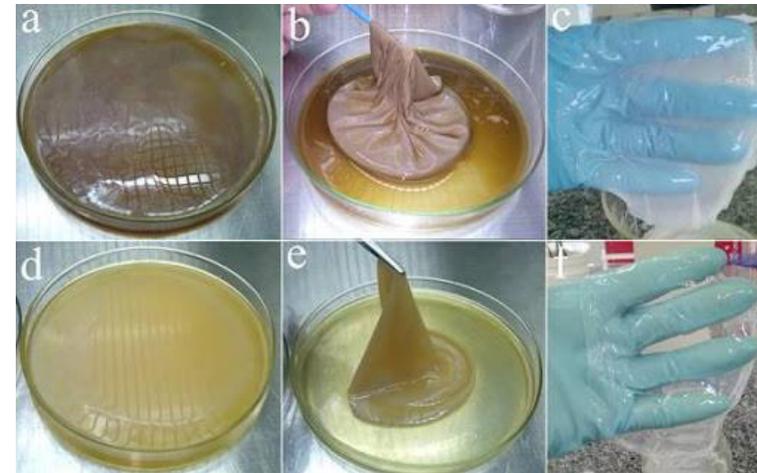
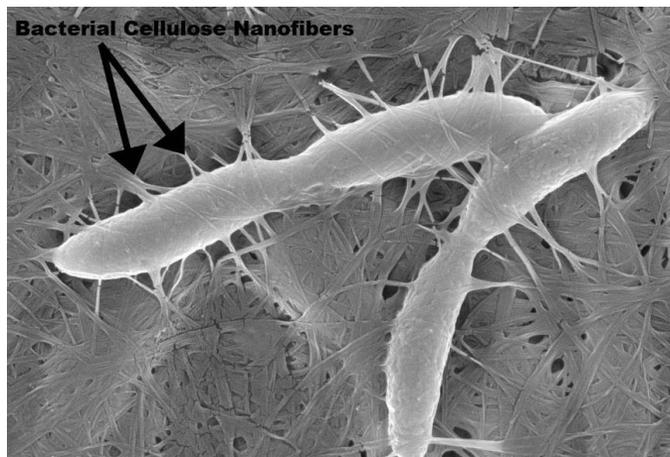
- ❖ Las bacterias del ácido acético se encuentran habitualmente en bebidas alcohólicas.
- ❖ Se aíslan a menudo de bebidas alcohólicas derivadas de la fruta como la sidra y el vino y también de la cerveza.
- ❖ Las colonias se reconocen en placas de agar con CaCO_3 que contengan etanol como fuente de energía, porque el **ÁCIDO ACÉTICO** que producen disuelve el CaCO_3 que es insoluble y se produce un aclaramiento en la placa.



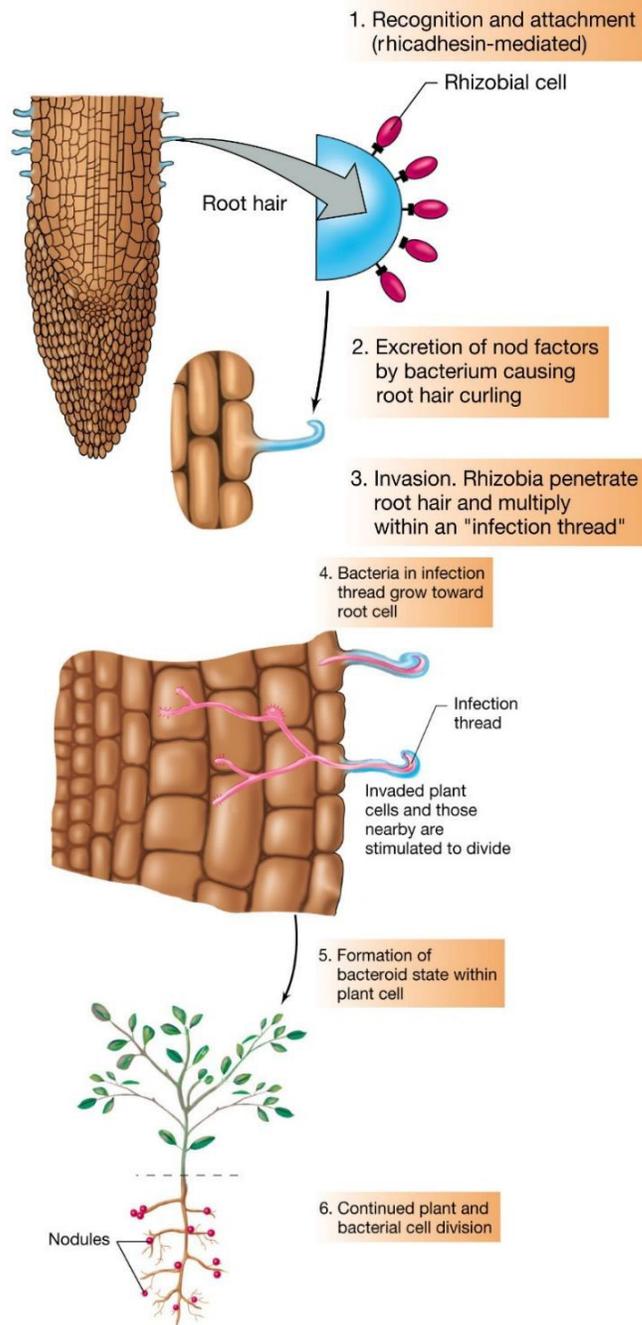
Acetobacter aceti en agar con CaCO_3

Los cultivos de bacterias del ácido acético se emplean en la producción comercial de vinagre

- ❖ Otra propiedad interesante de algunas bacterias del ácido acético es su capacidad de sintetizar CELULOSA.
- ❖ La celulosa que producen no se diferencia significativamente de la producida por las plantas, excepto en que es PURA y no está mezclada con otros polímeros como la hemicelulosa, pectinas o ligninas.
- ❖ Esta celulosa forma una matriz por fuera de la pared celular y hace que las células acaben integradas en una masa enredada de microfibrillas de celulosa.
- ❖ Cuando estas bacterias crecen en un recipiente sin agitación, forman una película superficial de celulosa en la que se desarrollan las bacterias.
- ❖ Como son aerobios estrictos, su capacidad para producir esta película podría ser la forma en la que estos organismos se mantienen en la superficie de un líquido, donde el O_2 está disponible en abundancia.



Bacterias del grupo de *Rhizobium*



**Proteobacterias fijadoras de nitrógeno
simbiontes de plantas leguminosas**

***Rhizobium* α -Proteobacteria**

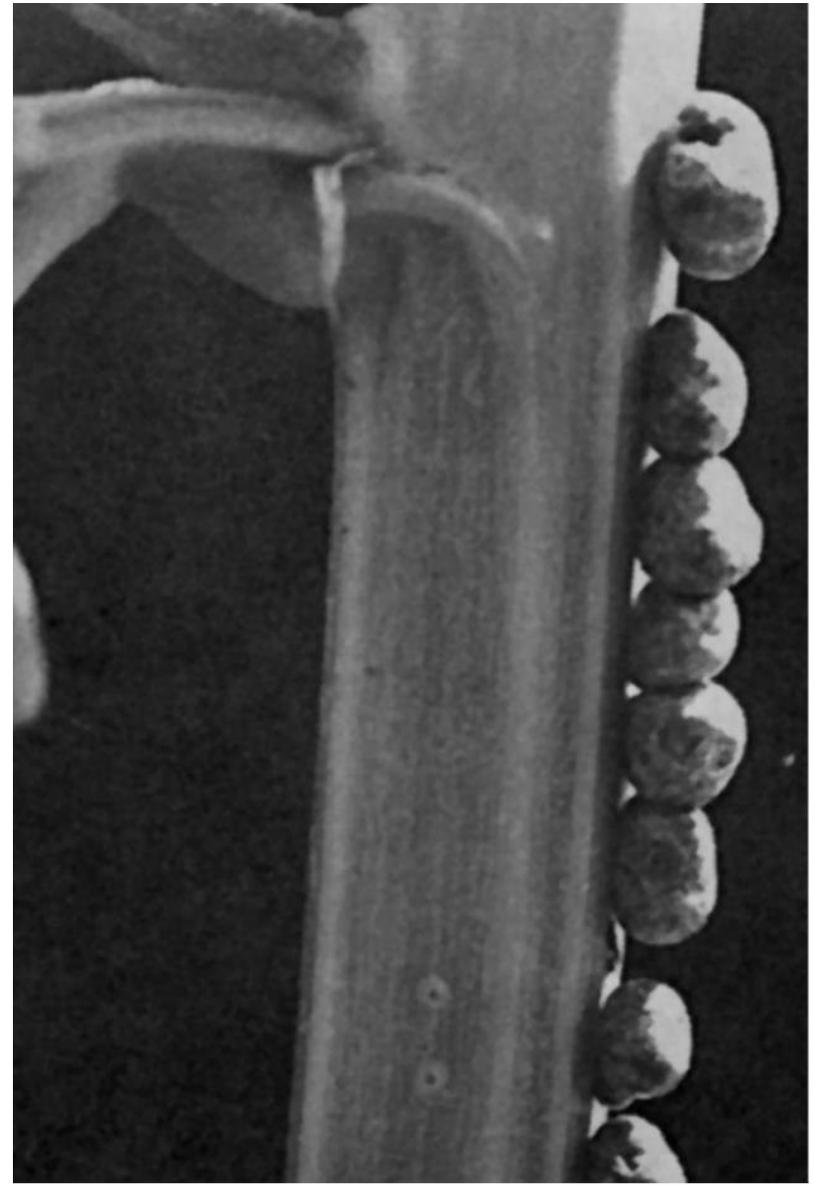
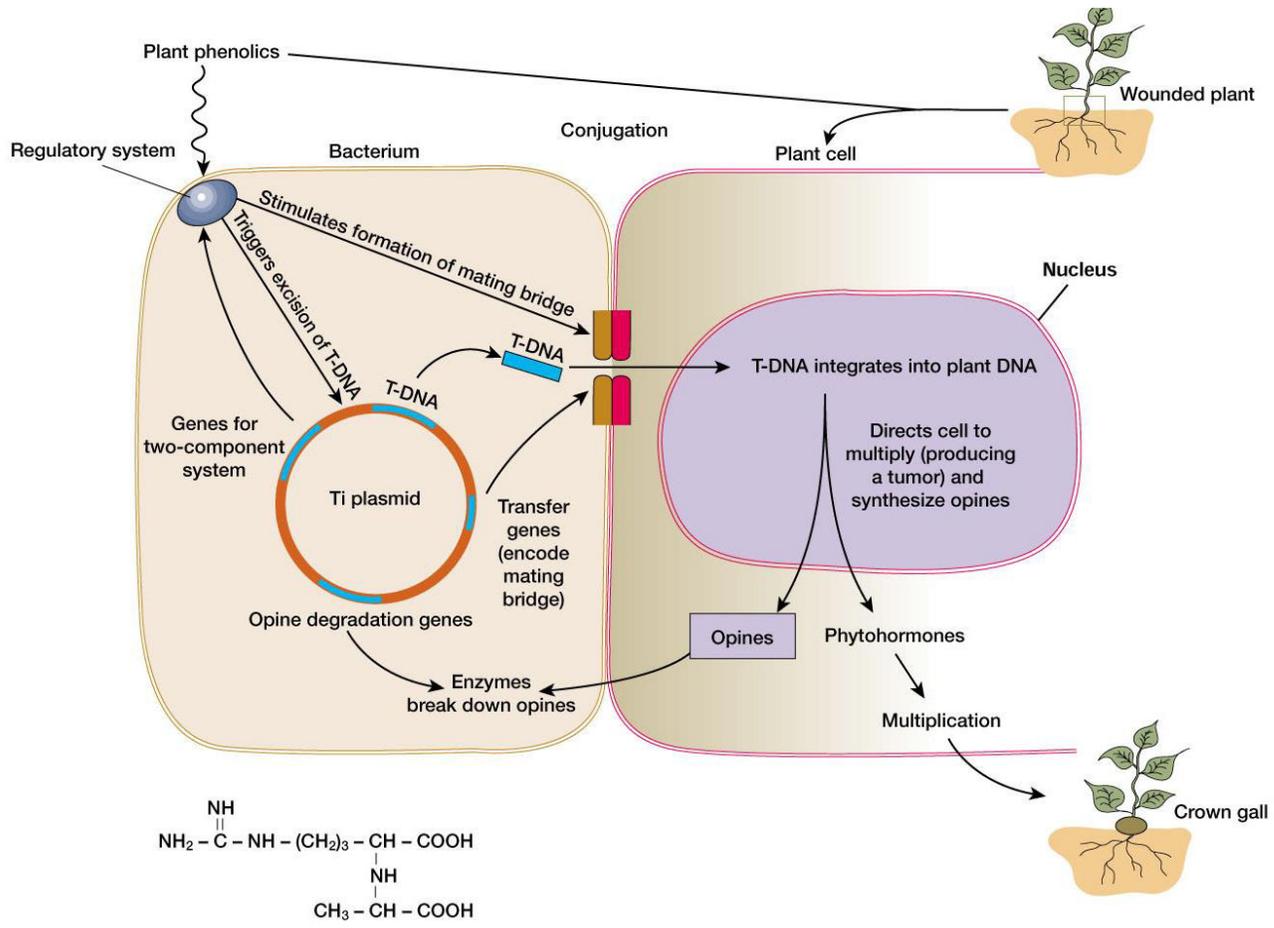
Azorhizobium

Bradirhizobium

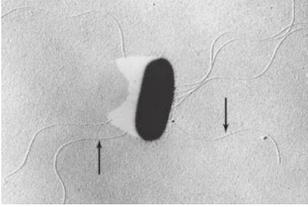
Agrobacterium tumefaciens



Induce la formación de tumores en plantas

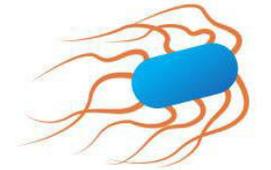
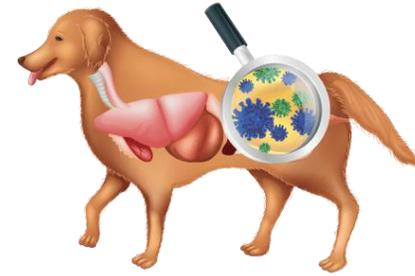


PROTEOBACTERIAS III: BACTERIAS ENTÉRICAS



Escherichia, Salmonella, Proteus, Enterobacter

- ❖ Forman un grupo relativamente homogéneo filogenéticamente dentro de las gammaproteobacterias.
- ❖ Son bacilos Gram -, con metabolismo ANAEROBIO FACULTATIVO, que habitualmente colonizan el tracto intestinal de los animales.
- ❖ Son NO formadores de esporas que o bien carecen de movilidad o son móviles mediante flagelos PERÍTRICOS.
- ❖ Son OXIDASA NEGATIVAS, tienen requerimientos nutricionales relativamente sencillos y fermentan azúcares hasta varios productos finales, es decir son FERMENTATIVAS.



Entre las enterobacterias existen numerosas especies que son patógenas para el hombre, otros animales o para plantas, pero también especies de aplicación industrial.



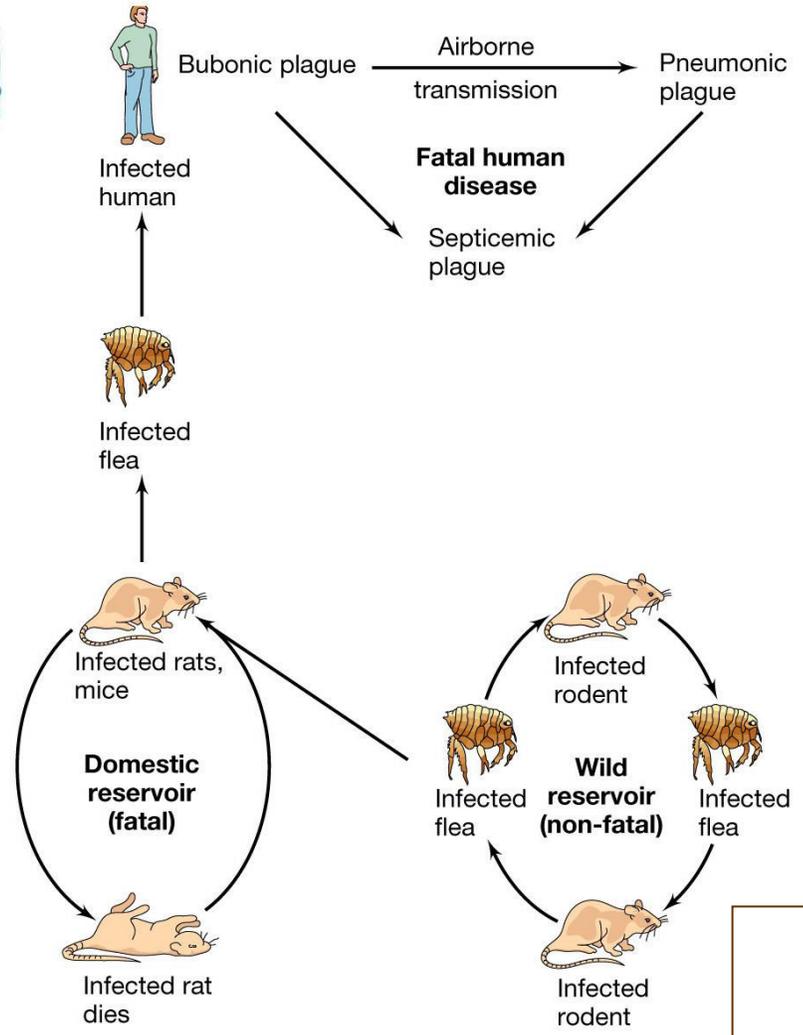
ENTEROBACTERIAS



- ❖ Forman parte de la microbiota del intestino y de otros órganos del ser humano y de otras especies animales
- ❖ *Escherichia coli* es un ejemplo clásico de enterobacteria.
- ❖ Debido a la importancia médica de las enterobacterias, se han estudiado y caracterizado un número extremadamente grande de cepas y se han definido numerosos géneros.
- ❖ Como estos organismos se aíslan frecuentemente de hospedadores enfermos, son necesarios los medios para su identificación para un rápido tratamiento y en consecuencia las características fenotípicas han sido tradicionalmente muy importantes para distinguir entre diferentes géneros de enterobacterias.



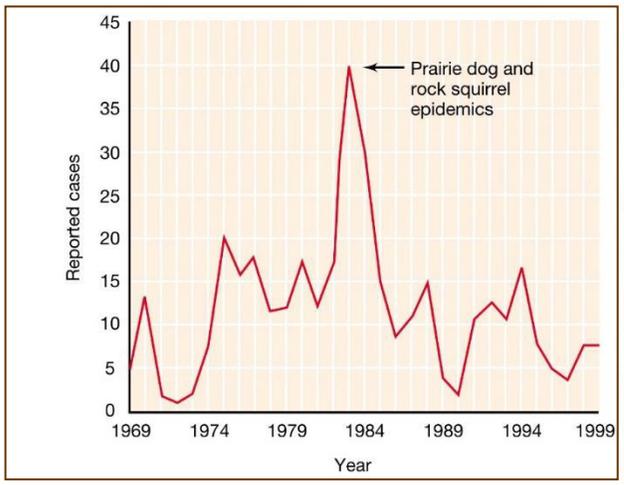
Yersinia pestis



Bubón



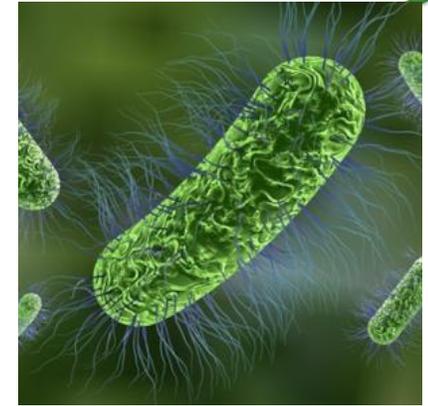
Yersinia pestis invadiendo los tejidos del pulmón



Escherichia coli



- ❖ Es el microorganismo más conocido y un ejemplo clásico de enterobacteria.
- ❖ Debido a la importancia médica de las enterobacterias, se han estudiado y caracterizado un gran número de cepas y se han definido numerosos géneros.
- ❖ Una importante característica taxonómica que diferencia los diversos géneros de enterobacterias es el tipo y la proporción de productos de fermentación producidos por la FERMENTACIÓN DE LA GLUCOSA.



Se pueden distinguir 2 amplios perfiles de FERMENTACIÓN en ENTEROBACTERIAS

ÁCIDO MIXTA

BUTANODIÓLICA

producción
de gas

NO
inoculado

NO
inoculado

Test de Voges-Proskauer

rojo-rosado

producción de
butanodiol



Escherichia coli

Enterobacter aerogenes



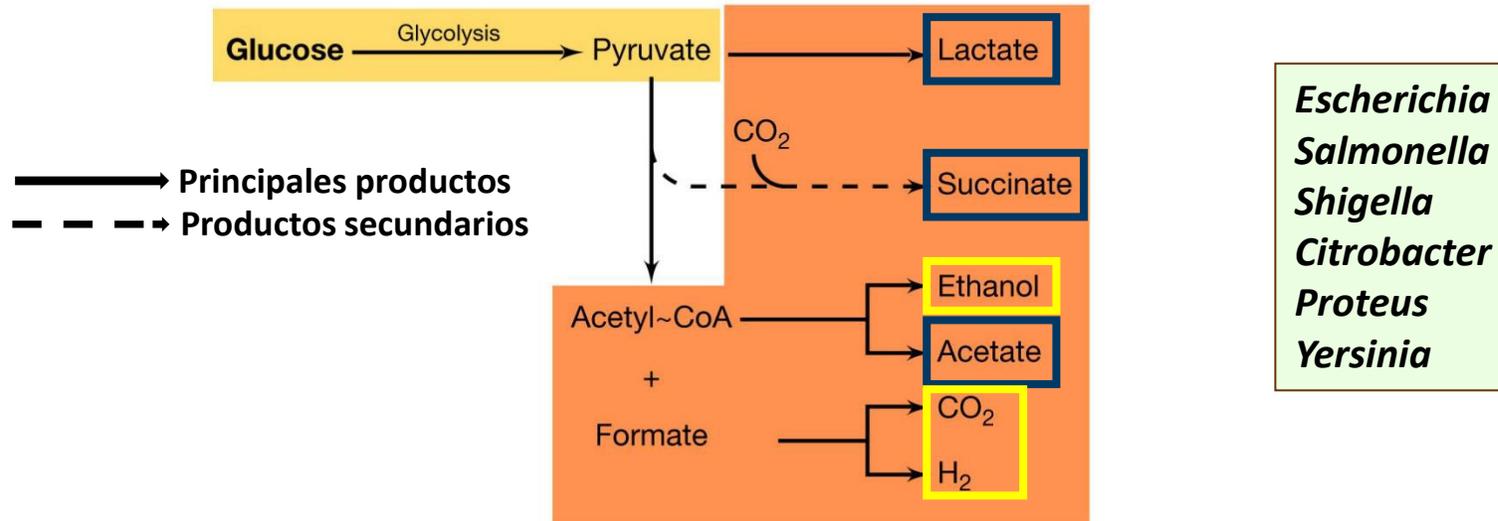
FERMENTACIÓN ÁCIDO MIXTA



- ✓ Se generan 3 ácidos en cantidades significativas: ACÉTICO, LÁCTICO y SUCCÍNICO.
- ✓ También se genera EtOH, CO₂ y H₂, pero NO butanodiol.
- ✓ Se producen cantidades equivalentes de CO₂ y H₂.

Prueba del Rojo de metilo +

Determina la capacidad de un microorganismo de fermentar la glucosa con producción de ácido por la vía ácido mixta



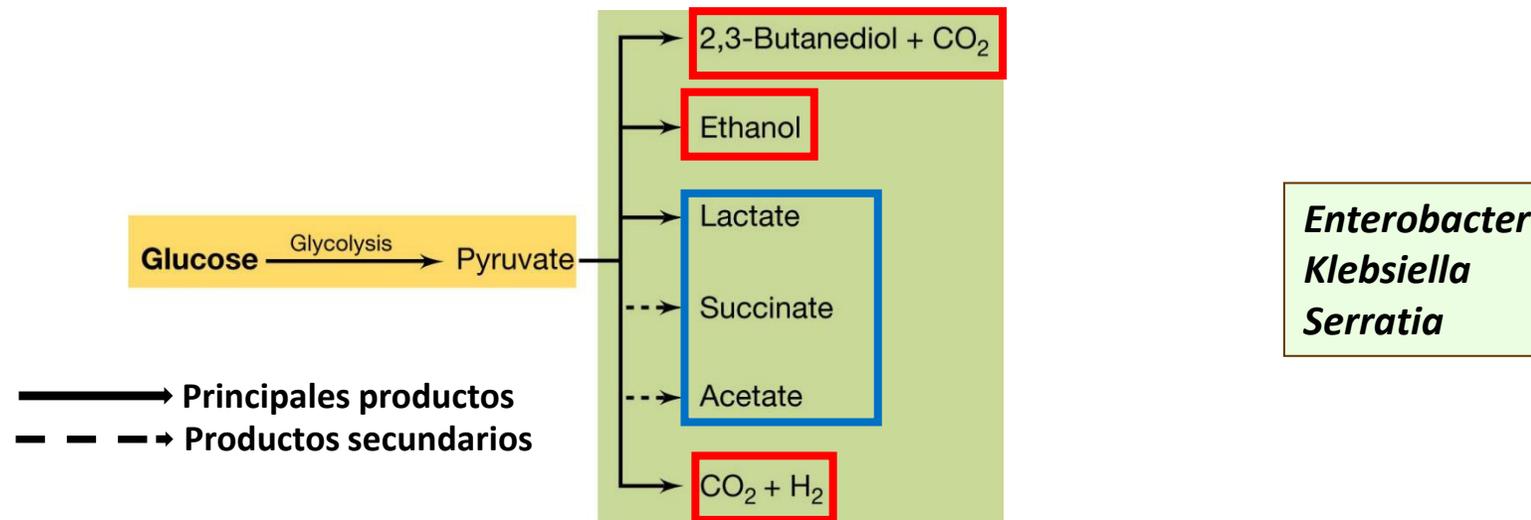


FERMENTACIÓN BUTANODIÓLICA

- ✓ Los productos principales son butanodiol, EtOH, CO₂ y H₂.
- ✓ Se genera menor cantidad de ácidos.
- ✓ Se produce más CO₂ que H₂.

Prueba Voges-Proskauer +

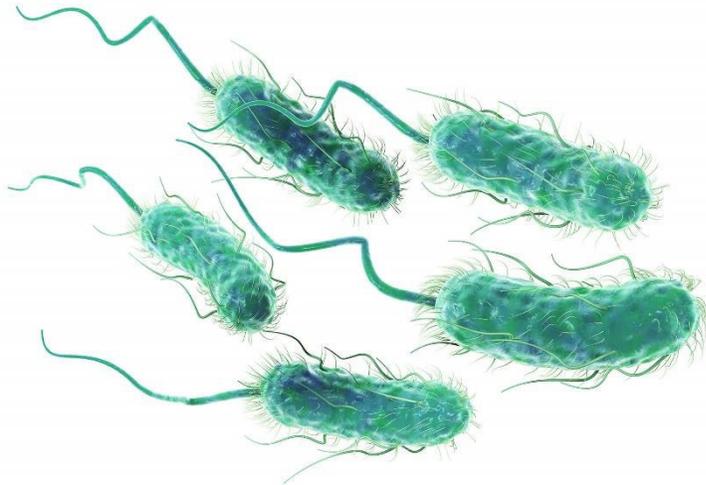
Determina la capacidad de un microorganismo de fermentar la glucosa con producción de ácido por la vía ácido mixta



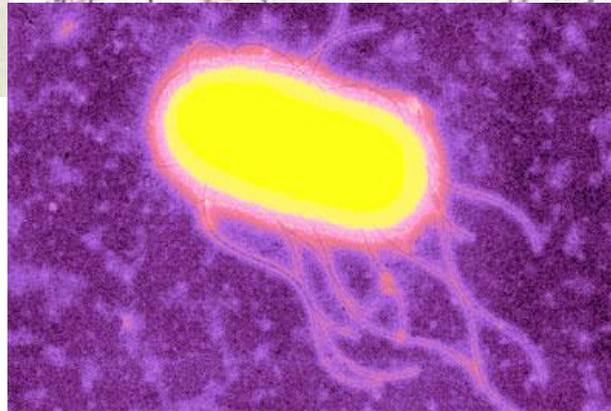
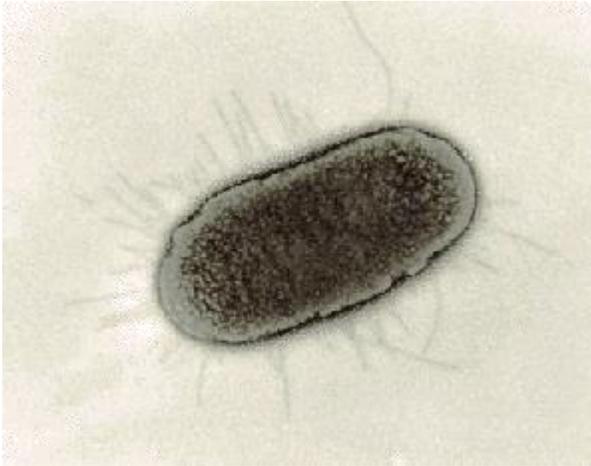
Gran diferencia en generación de CO₂ entre ambas rutas ya que la producción de butanodiol da lugar a cantidades considerablemente mayores.

El género *Escherichia*

- ❖ Son habitantes casi universales del tracto intestinal de los humanos y de otros animales de sangre caliente, aunque no son en absoluto los organismos dominantes en este hábitat.
- ❖ Juegan un papel nutricional en el tracto intestinal al sintetizar vitaminas, particularmente vitamina K.
- ❖ Como anaerobio facultativo, este organismo probablemente también ayuda a consumir O_2 , volviendo anaerobio el intestino grueso.
- ❖ Las cepas salvajes de *Escherichia* son capaces de crecer utilizando una amplia variedad de fuentes de carbono y energía como azúcares, aminoácidos, ácidos orgánicos, etc.



Escherichia coli

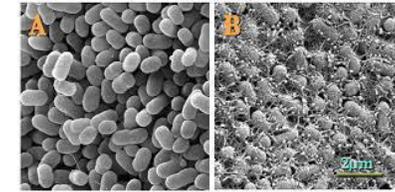


- La estrella de las enterobacterias.
- La más utilizada en estudios genéticos y en Biotecnología.
- Utilizada como indicador de contaminación fecal en análisis microbiológico del agua.

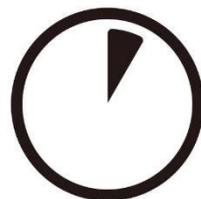
- Algunas son patógenas, causan diarreas e infecciones urinarias.
- Las cepas enteropatógenas poseen el ANTÍGENO K que les permite la unión y colonizar el intestino delgado.
- Producen ENTEROTOXINAS semejantes a la toxina colérica que producen DIARREA.



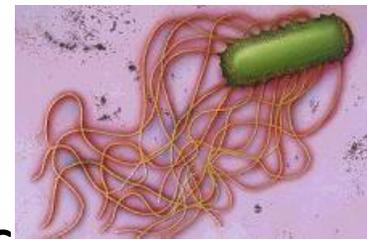
CEPAS PATÓGENAS DE *Escherichia*



- ❖ Implicadas en diarrea en niños, un grave problema de salud en los países en desarrollo.
- ❖ Responsable de un número considerable de infecciones del tracto urinario femenino.
- ❖ Las *E. coli* enteropatogénicas (EPEC) son cada vez más frecuentes en infecciones gastrointestinales y en fiebres generalizadas.
- ❖ La cepa O157:H7 es una *E. coli* enterohemorrágica (EHEC).
- ❖ Puede causar esporádicamente epidemias de una grave enfermedad transmitida por los alimentos contaminados (carne picada cruda o poco cocinada, leche sin pasteurizar o agua contaminada).
- ❖ En un pequeño % de casos, la enfermedad producida por la *E. coli* O157:H7 puede complicarse por la producción de enterotoxina hasta resultar mortal.



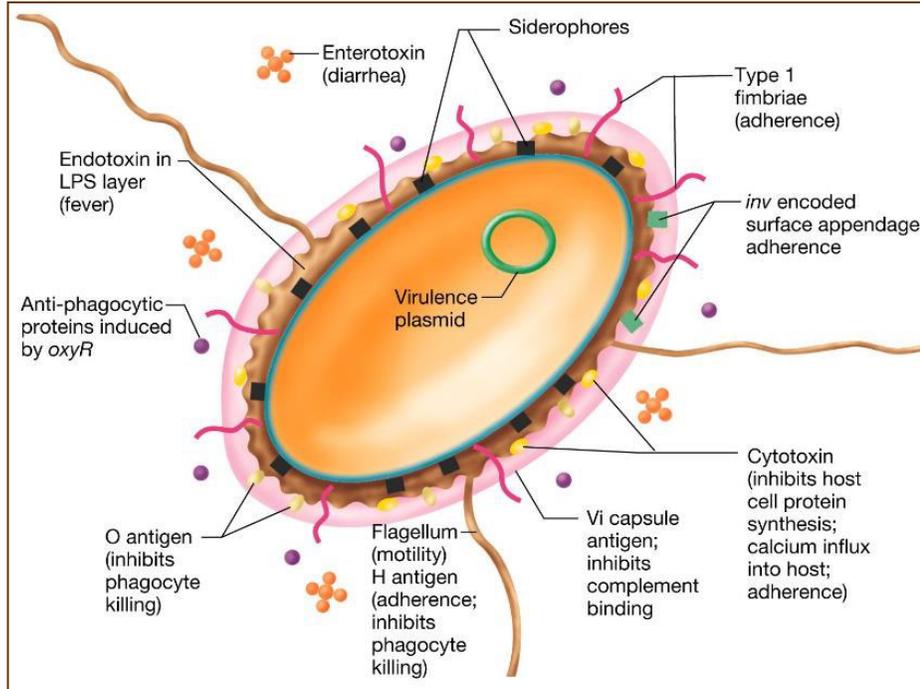
Salmonella



- ❖ Bacilos Gram -, INTRACELULARES, anaerobios facultativos con flagelos PERITRICOS.
- ❖ Bastante emparentadas con *E. coli*, ya que ambos géneros muestran aproximadamente un 50% de hibridación genómica.
- ❖ En contraposición a la mayoría de las *Escherichia*, los miembros del género *Salmonella* son normalmente PATÓGENOS, tanto para humanos como para otros animales de sangre caliente u HOMEOTERMOS.
- ❖ *Salmonella* también está presente en los intestinos de animales POIQUILOTERMOS (de sangre fría), como tortugas y lagartos.
- ❖ En humanos las enfermedades más frecuentes causadas son las fiebres tifoideas y la gastroenteritis.

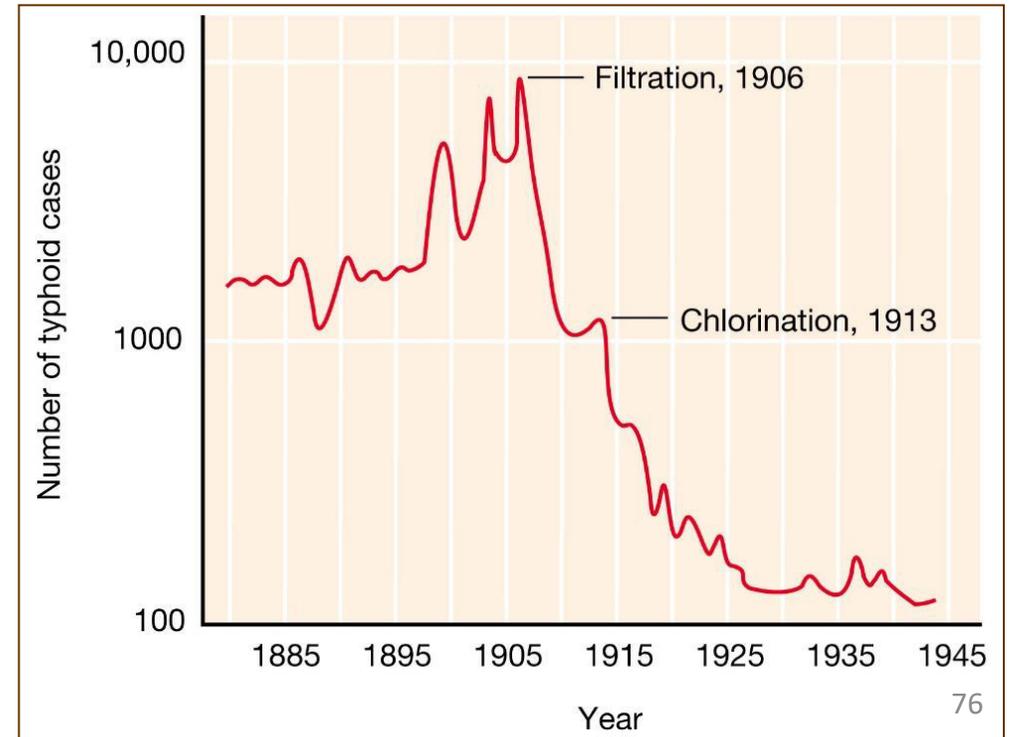


Salmonella



- Habita en el intestino de animales.
- Prácticamente TODAS las especies son PATÓGENAS.
- *S. Typhi* produce FIEBRES TIFOIDEAS
- *S. Thyphimurium* causa SALMONELOSIS (gastroenteritis) en humanos por alimentos contaminados.

Factores de virulencia importantes en la patogenia

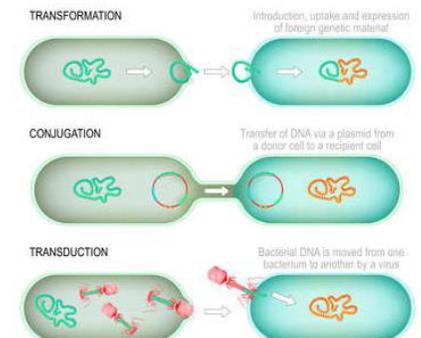
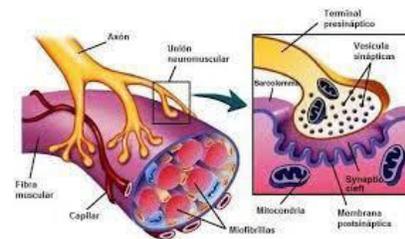
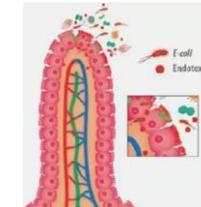




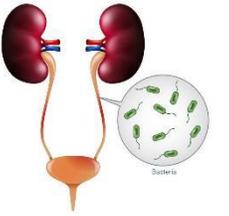
Shigella



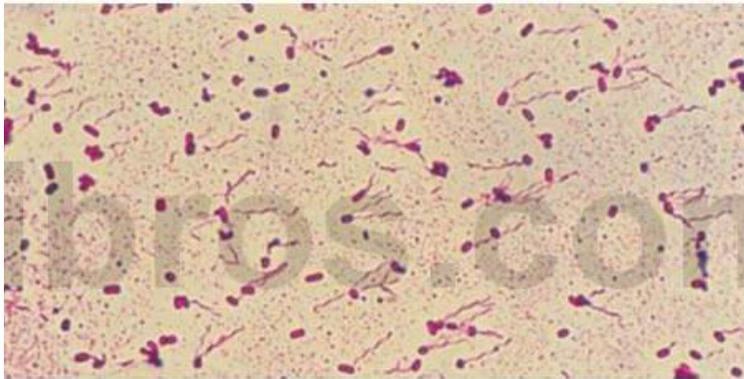
- ❖ Bacilo Gram -, SIN flagelos,
- ❖ INMÓVILES, no formadoras de esporas e incapaces de fermentar la lactosa, que pueden ocasionar DIARREA.
- ❖ Son coliformes fecales ANAEROBIAS FACULTATIVAS con fermentación ácido-mixta.
- ❖ Muy emparentadas con *Escherichia*.
- ❖ Los ensayos de hibridación de ADN muestran que tienen un 70% o incluso más hibridación genómica con *E. coli* y por tanto probablemente ambas formaban una única especie.
- ❖ Este organismo produce tanto una ENDOTOXINA como una NEUROTOXINA que provoca enterotoxicidad (toxicidad gastrointestinal).
- ❖ Algunas cepas comensales de *Shigella* (y de *E. coli*) se han vuelto PATÓGENAS, como es el caso de las cepas EPEC (*EnteroPathogenic Escherichia coli*), debido a la ADQUISICIÓN de factores de virulencia de otras especies bacterianas.
- ❖ El análisis del genoma completo de *E. coli* sugiere que aproximadamente el 17% de los genes de esta bacteria han sido adquiridos por transferencia genética horizontal.



Proteus



- ❖ Bacilos Gram -, que incluye patógenos responsables de muchas infecciones del tracto urinario debido a su capacidad para degradar UREA.
- ❖ Se caracteriza por su rápida movilidad y por la producción de la enzima UREASA (ureasa +).
- ❖ Son oxidasa-negativas.
- ❖ NO FERMENTAN LACTOSA por no tener una β -galactosidasa, pero algunas se han mostrado capaces de hacerlo.



Proteus mirabilis marcada con una tinción flagelar; los flagelos peritricos de cada célula se agrupan en un haz.



Colonias de *Proteus vulgaris* crecen en placa con un fenotipo característico: anillos concéntricos.

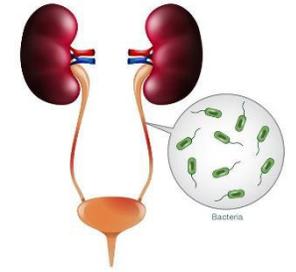


Enterobacter, Klebsiella y Serratia

Productores de BUTANODIOL



- *Enterobacter aerogenes* es una especie habitual tanto en agua y aguas residuales como en el tracto intestinal de animales de sangre caliente y es un patógeno ocasional en infecciones del tracto urinario.
- *Klebsiella pneumoniae* ocasionalmente produce NEUMONÍA EN HUMANOS, pero se encuentran más habitualmente en agua y suelos.
- La mayoría de las cepas también fijan N_2 , una propiedad que NO se encuentra en otras enterobacterias.
- *Serratia* produce una serie de pigmentos **ROJOS** que contienen pirróles llamados PRODIGIOSINAS, que son producidas en fase estacionaria como un metabolito 2^{rio}.
- *Serratia marcescens*, normalmente es el ÚNICO PATÓGENO y comúnmente causa infección nosocomial.



Vibrio spp.



- ❖ Bacilos CURVADOS, Gram -, anaerobios facultativos.
- ❖ Con metabolismo FERMENTATIVO.
- ❖ OXIDASA positivo (los diferencia de las enterobacterias).
- ❖ La mayoría de las especies presentan FLAGELOS POLARES, aunque algunas presentan flagelos PERITRICOS.
- ❖ La mayoría de los vibrios y bacterias relacionadas son acuáticos y se encuentran en hábitats de agua dulce, agua marina y agua salobre.
- ❖ *Vibrio cholerae* es la causa específica de la enfermedad del CÓLERA EN HUMANOS.
- ❖ NO suele causar enfermedad en otros hospedadores.
- ❖ *Vibrio parahaemolyticus* es un organismo marino que causa gastroenteritis asociada al consumo de mariscos y pescado crudo (en Japón se consume mucho).

Hay más de 3 mil pacientes con los síntomas de cólera

■ Pero Salud aún no determina su origen
■ Laboratorio sanmarquino ha certificado sólo 14 casos de cólera en Lima y Callao

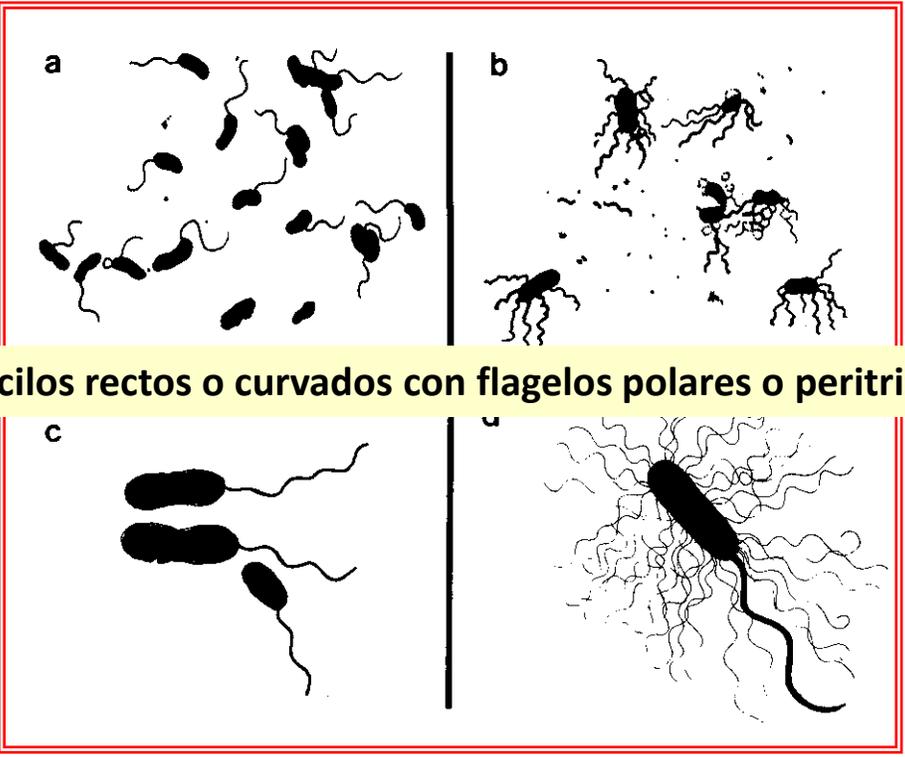
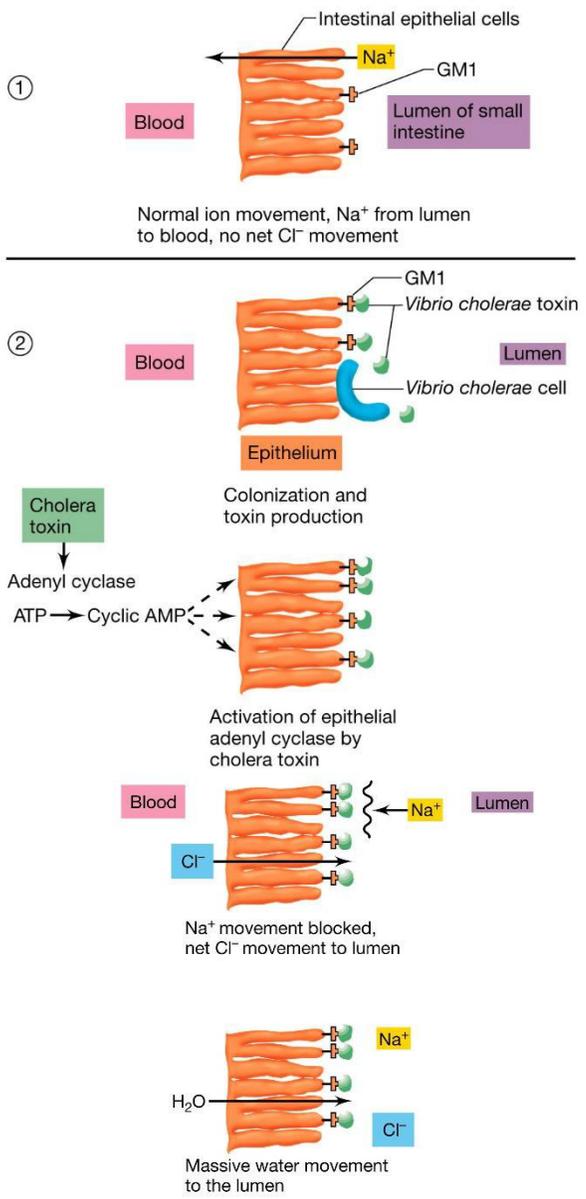
El director de la Unidad de Diagnóstico y Referencia Epidemiológicos de la Dirección General de Epidemiología, Jorge Barón, dijo que el laboratorio de San Marcos ha certificado 14 casos de cólera en Lima y Callao, pero que el Ministerio de Salud aún no ha determinado su origen. Barón dijo que el laboratorio de San Marcos ha certificado 14 casos de cólera en Lima y Callao, pero que el Ministerio de Salud aún no ha determinado su origen. Barón dijo que el laboratorio de San Marcos ha certificado 14 casos de cólera en Lima y Callao, pero que el Ministerio de Salud aún no ha determinado su origen.



Uno de los pacientes internados en el Hospital Daniel Alcázar de Cuzco, con síntomas del cólera. El cólera es una enfermedad infecciosa que causa diarrea acuosa y vómitos. El Ministerio de Salud de Perú ha informado que se han registrado 3 mil casos de cólera en todo el país.



Diferente morfologías celulares del género *Vibrio*



Bacilos rectos o curvados con flagelos polares o peritricos

***Vibrio cholerae* produce la TOXINA COLÉRICA que desencadena los síntomas del cólera. Esta enfermedad se transmite por el agua**

- γ -Proteobacteria
- Quimioorganotrofo, anaerobio facultativo
- Se diferencia de las enterobacterias por ser oxidasa + y de las Pseudomonas por poseer un metabolismo fermentativo.
- Son bacterias acuáticas, de aguas dulces y marinas.
- *V. cholerae*, es PATÓGENA PARA EL HOMBRE.

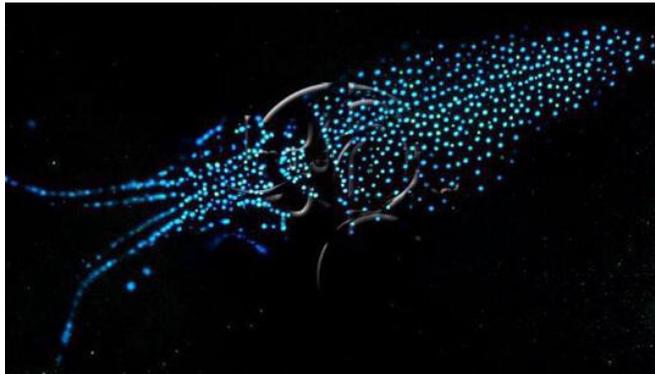
BIOLUMINISCENCIA BACTERIANA



Bacterias que pueden emitir luz

Photobacterium, *Aliivibrio* y *Vibrio*

- ❖ Viven en medio marino y pueden aislarse de agua marina, sedimentos marinos y la superficie y los tractos intestinales de animales marinos.
- ❖ Algunas especies también colonizan órganos especializados de ciertos peces marinos y calamares: **ÓRGANOS LUMINISCENTES**, que producen luz que el animal utiliza para enviar señales, evitar predadores y atraer a sus presas.



El pez linterna *Photoblepharon palpebratus*

Las bacterias luminiscentes pueden reconocerse por la luz que emiten cuando viven:

- Simbióticamente en los órganos luminiscentes de peces o calamares.
- Saprofíticamente en la piel de peces muertos.
- Parasíticamente en el cuerpo de algún crustáceo.

Solo activan el sistema cuando hay suficiente número de bacterias

Vibrio y Photobacterium

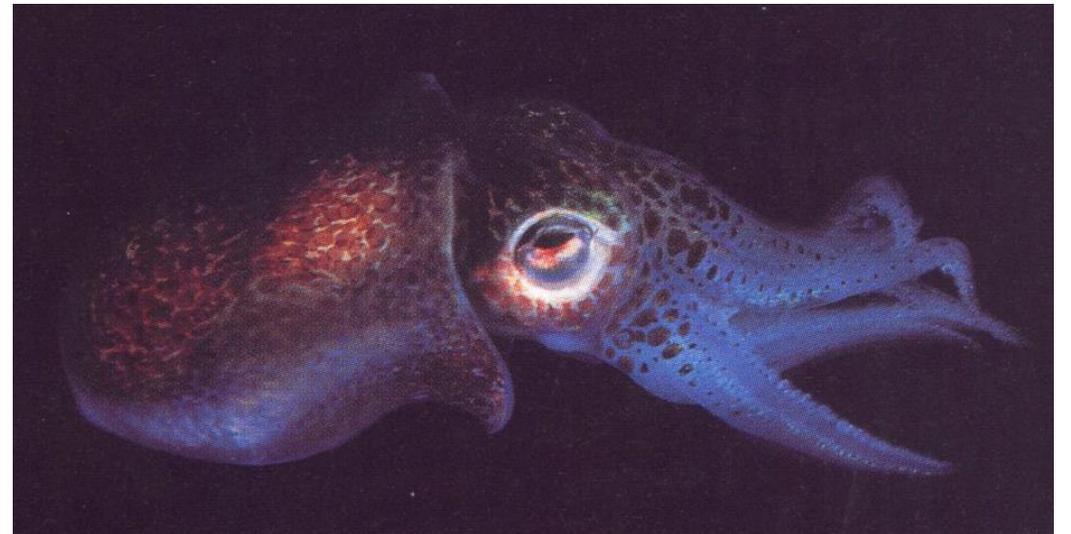
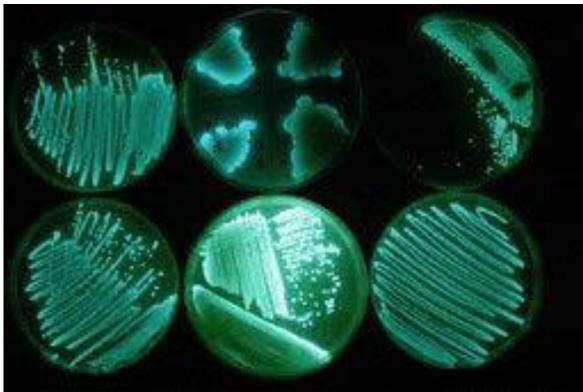
Bacterias marinas que viven asociadas con peces y emiten luz

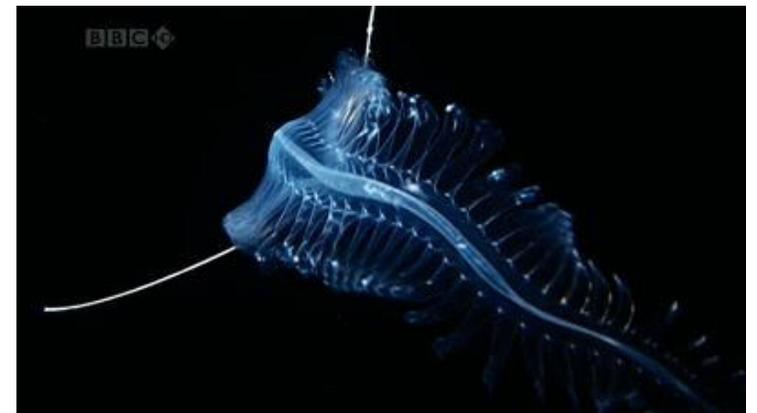
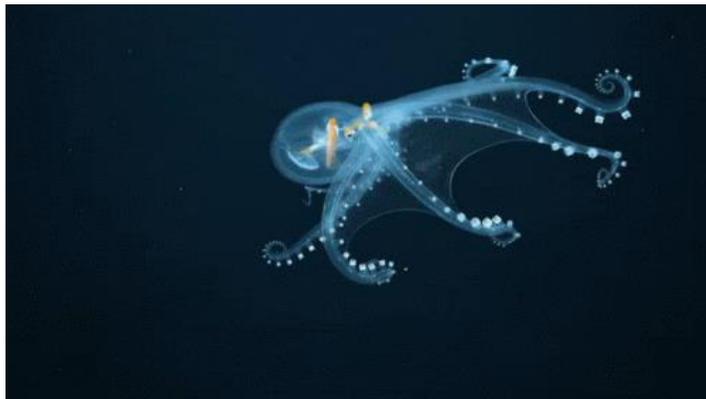
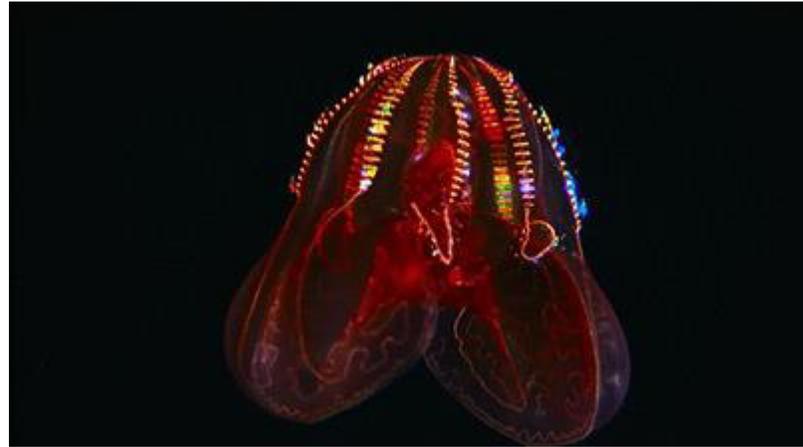
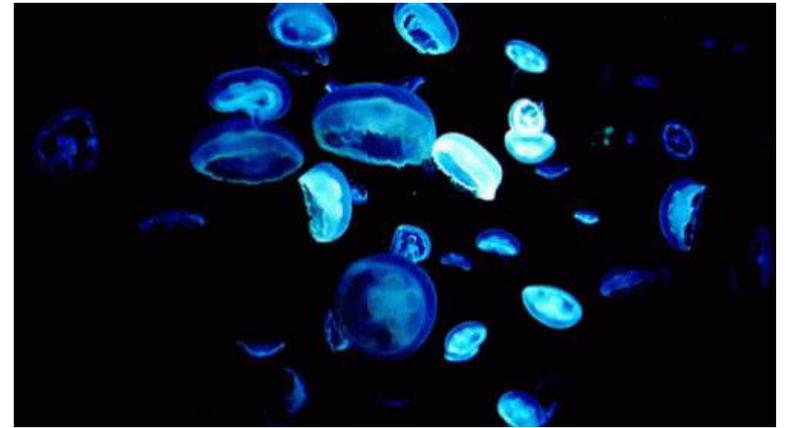


Aunque los aislamientos de *Photobacterium*, *Aliivibrio* y *Vibrio* son AEROBIOS FACULTATIVOS, son bioluminiscentes sólo en presencia de O₂.

La luminiscencia está catalizada por la LUCIFERASA BACTERIANA, que utiliza como sustrato O₂.

- La síntesis de luciferasa se regula mediante AUTOINDUCCIÓN.
- Las células liberan un inductor (Acil homoserina lactona).
- Cuando el inductor alcanza una determinada concentración en el medio, se sintetiza la enzima.
- Este mecanismo se conoce como *QUORUM SENSING*

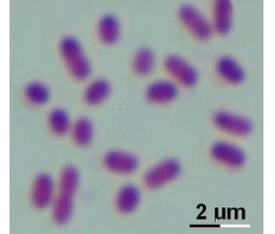




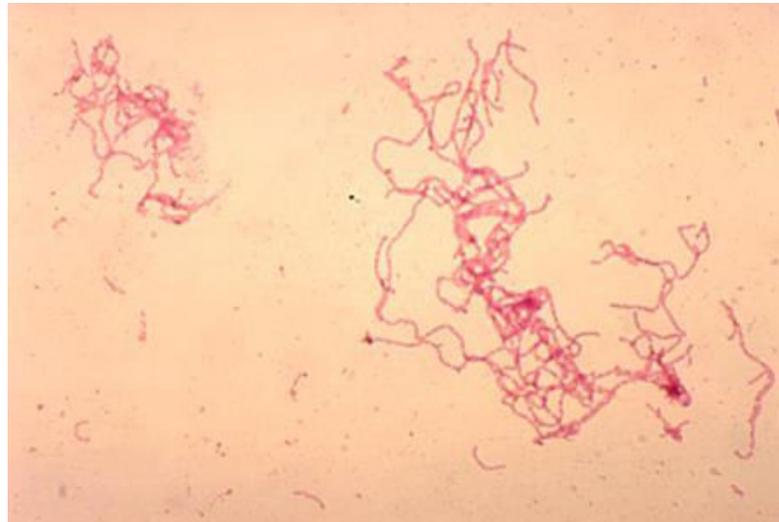
Haemophilus



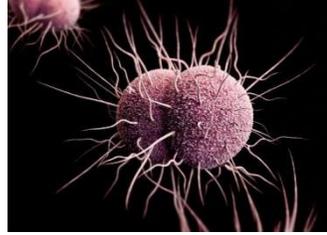
- ❖ Gram -, con forma de cocobacilos pero muy pleomórficas.
- ❖ Aunque la forma típica es la cocobacilar, se consideran PLEOMÓRFICAS porque realmente pueden variar drásticamente su morfología.
- ❖ El género incluye organismos comensales con un cierto GRADO DE PATOGENICIDAD.



- *H. influenzae* ocasiona septicemia y meningitis a niños pequeños.
- Originariamente se la consideraba el agente causal de la gripe (ortomixovirus)
- Proporcionó el epíteto específico al taxón.
- *H. ducreyi* es un agente productor de chancro blando o cancroide (ITS).

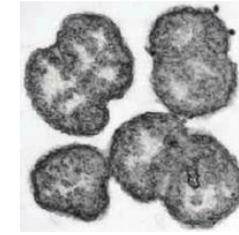


Se diferencia por ser doloroso y de aspecto antihigiénico y desagradable



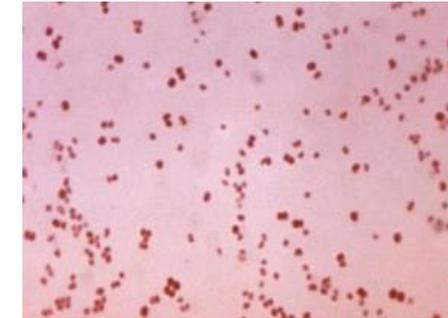
PROTEOBACTERIAS IV

Neisseria

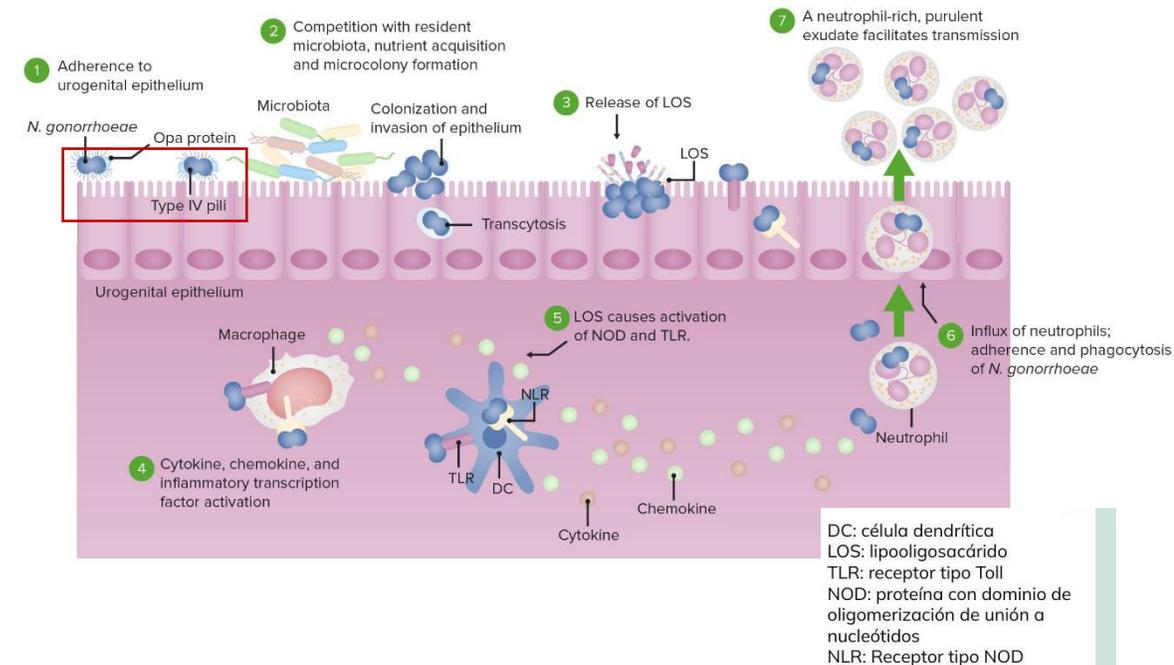


- ❖ Cocos oxidasa +
- ❖ Sensibles a penicilina
- ❖ Nutrición compleja: utiliza carbohidratos
- ❖ Aerobios obligados

Neisseria gonorrhoeae



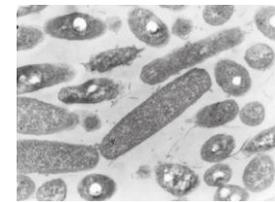
- Agente causante de la GONORREA.
- Diplococo Gram –
- Fermenta la glucosa.
- Se adhiere más fuertemente al epitelio urogenital que a otros tejidos.
- Los pelos desempeñan un papel fundamental en la fijación al epitelio urogenital.
- Interacciona exclusivamente con las células del hospedador uniéndose a una proteína específica de la superficie celular.
- Tiene una ENDOTOXINA (lipopolisacarido de pared) que produce NECROSIS FOCAL en los tejidos que coloniza.



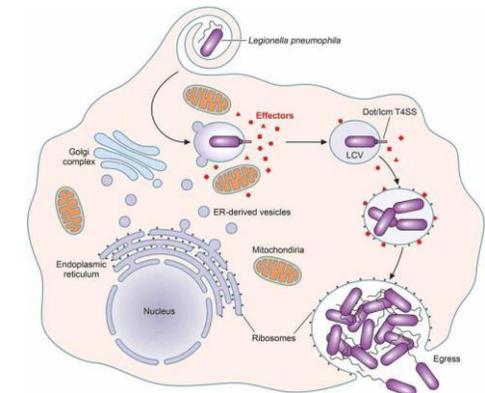
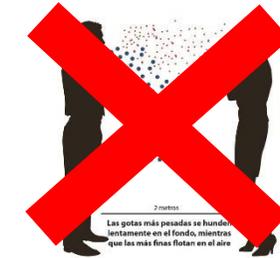


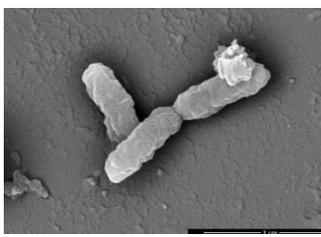
Legionella pneumophila

LEGIONELOSIS: Enfermedad del legionario

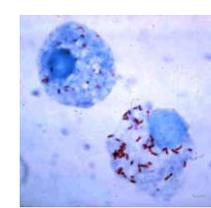


- ❖ Bacilo fino Gram –
- ❖ Aerobio estricto
- ❖ Presente a baja concentración en lagos, corrientes y suelos.
- ❖ Es relativamente resistente al calor y a la cloración, de modo que se difunde por los sistemas de distribución de agua.
- ❖ Se encuentra en las torres de refrigeración y en los condensadores de evaporación de grandes instalaciones de aire acondicionado.
- ❖ La infección llega al hombre por pequeñas gotas a través del aire (vapor de agua).
- ❖ NO se transmite de persona a persona.
- ❖ También se encuentran en tanques de agua caliente y en piletas, donde puede alcanzar grandes concentraciones en aguas templadas (36-45°C) y estancadas.
- ❖ Invade los macrófagos alveolares y los monocitos creciendo como un parásito intracelular.
- ❖ A menudo las infecciones son ASINTOMÁTICAS o producen una tos suave, dolor de garganta, leve dolor de cabeza, fiebre, malestar, mialgias, dolor de cabeza, alteraciones respiratorias.
- ❖ Se puede eliminar del agua por hipercloración o calentandola a más de 63°C.





Rickettsia



Rickettsias en células de testículo de roedor



Rickettsias en célula sanguínea

- ❖ Proteobacterias, pequeños cocos o bacilos Gram -.
- ❖ PARÁSITOS INTRACELULARES ESTRICOTOS (una excepción), todavía no han podido cultivarse en ausencia de sus células Hospedadoras.
- ❖ Causan diversas enfermedades en humanos, incluyendo el TIFUS.
- ❖ Cuando el artrópodo ectoparásito (piojos corporales, garrapatas, pulgas) se alimenta de la sangre del animal infectado, las rickettsias presentes en la sangre entran en el artrópodo, donde penetran en las células epiteliales del tracto gastrointestinal, se multiplica en el citoplasma y hasta que la célula hospedadora está repleta, estalla liberando las bacterias en el fluido circundante y pasan a las glándulas salivares y a las heces.
- ❖ Luego cuando el artrópodo se alimenta de un animal NO INFECTADO le transmite las rickettsias, ya sea directamente con sus mandíbulas o bien al contaminar el bocado con sus heces.
- ❖ NO pueden sobrevivir por mucho tiempo fuera de su hospedador y esto podría explicar por qué se transmiten entre animales por medio de artrópodos que les sirven de vectores.

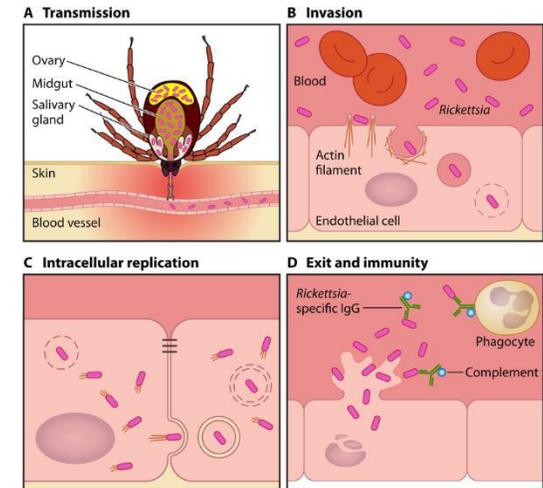


Tabla 15.17 Características de las rickettsias

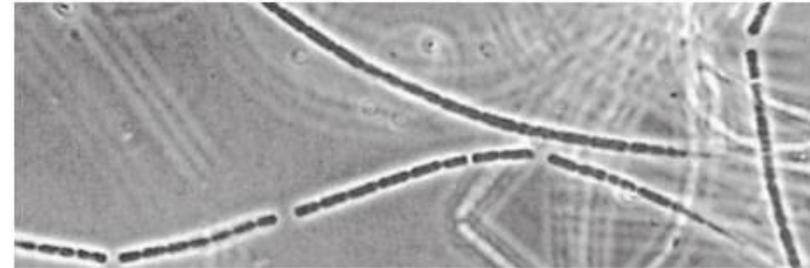
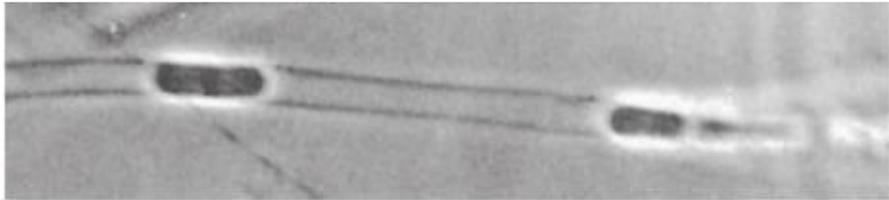
Género y Especie	Grupo de rickettsia	Hospedador alternativo	Localización celular	Grupo filogenético^a	Hibridación de DNA con DNA de <i>R. rickettsii</i> (%)^b
<i>Rickettsia</i>					
<i>R. rickettsii</i>	Fiebre moteada	Garrapata	Citoplasma y núcleos	<i>Alfa</i>	100
<i>R. prowazekii</i>	Tifus	Piojo	Citoplasma		53
<i>R. typhi</i>	Tifus	Pulga	Citoplasma		36
<i>Rochalimaea</i>					
<i>R. quintana</i>	Fiebre de las trincheras	Piojo	Epicelular	<i>Alfa</i>	30
<i>R. vinsonii</i>	—	Ratón de campo	Epicelular		30
<i>Coxiella</i>					
<i>C. burnetii</i>	Fiebre Q	Garrapata	Vacuolas	<i>Gamma</i>	—
<i>Ehrlichia</i>					
<i>E. chaffeensis</i>	Erliquiosis (humanos)	Garrapata o animales domésticos	Leucocitos mononuclear	<i>Alfa</i>	—
<i>E. equi</i>	Fiebre del Potomac (caballos)	Garrapata	Granulocito	<i>Alfa</i>	—
<i>Wolbachia</i>^d					
<i>W. pipientis</i>	—	Artrópodos	Citoplasma	<i>Alfa</i>	—

PROTEOBACTERIAS V:

BACTERIAS CON VAINA

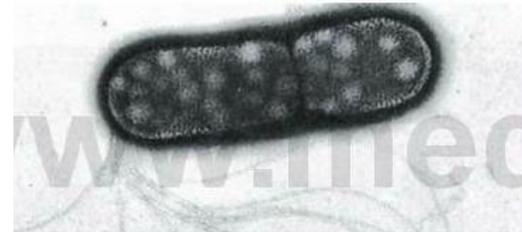
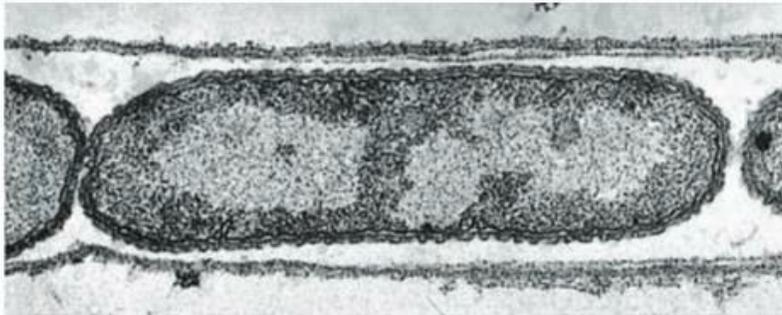
Sphaerotilus

- ❖ Son β -proteobacterias filamentosas con un ciclo de vida único en el cual se forman dentro de un TUBO largo o VAINA células flageladas nadadoras.
- ❖ Este filamento está formado por un rosario de células bacilares envueltas en una vaina ajustada.
- ❖ En condiciones de crecimiento desfavorables las células nadadoras salen de la vaina y se dispersan en busca de nuevos entornos, dejando la vaina vacía.
- ❖ En condiciones favorables, las células crecen vegetativamente dentro del filamento, lo que lleva a la formación de largas vainas repletas de bacterias.
- ❖ Hábitats de agua dulce ricos en materia orgánica, como cursos de agua contaminados.



Esta vaina fina y transparente es difícil de ver cuando está llena de células, pero cuando está parcialmente llena se puede observar fácilmente por microscopía de contraste de fase.

- ❖ Las células dentro de la vaina se dividen por fisión binaria.
- ❖ Las nuevas células que son desplazadas al extremo de la vaina, sintetizan nuevo material para la misma.
- ❖ Es decir que la vaina siempre está en formación en los extremos del filamento.
- ❖ Cuando hay un bajo suministro de nutrientes las células nadadoras se liberan de la vaina.
- ❖ Estas células son móviles, con flagelos lofótricos (formando un haz en un mismo polo).



Las explosiones de crecimiento de *Sphaerotilus* se producen a menudo en corrientes y arroyos en otoño, cuando la caída de las hojas provoca un incremento temporal del contenido de materia orgánica del agua.

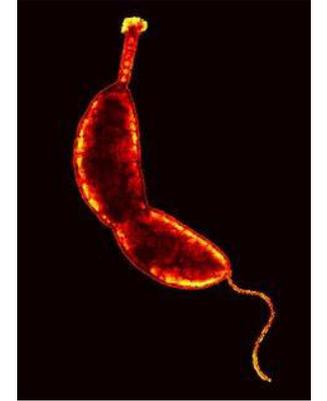


PROTEOBACTERIAS MORFOLÓGICAMENTE INUSUALES



Bacterias espiraladas y curvadas

Bacterias comunes curvadas o con forma espiral, bacterias filamentosas que envuelven sus células en una vaina y las morfológicamente inusuales bacterias con prostecas/pedunculadas.



ESPIRILOS

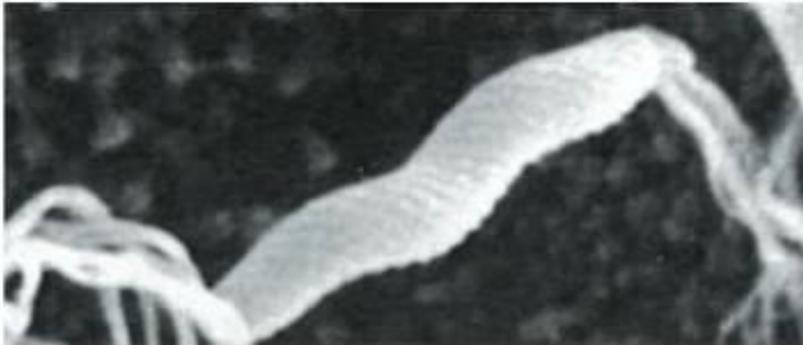
- ❖ Proteobacterias Gram -, móviles y con forma ESPIRAL que muestran una gran variedad de características fisiológicas.
- ❖ Algunos de los criterios taxonómicos clave que se utilizan son: la morfología celular, el tamaño, el número de flagelos polares (único o múltiples), su interacción con el oxígeno (aerobios estrictos, microaerobios o anaerobios facultativos), su interacción con las plantas (patógenos o simbioses) o los animales (patógenos), su capacidad fermentativa y otras características fisiológicas (la capacidad para fijar nitrógeno, el carácter halófilo o termófilo).

ESPIRILOS

- ❖ Bacilos curvados helicoidalmente, móviles gracias a sus flagelos polares, normalmente mechones en ambos polos.
- ❖ El número de giros en la hélice puede variar entre menos de un giro completo (en cuyo caso el organismo parece un vibrio) hasta numerosos giros.
- ❖ Los espirilos con muchos giros pueden en principio parecer espiroquetas, pero filogenéticamente se diferencian claramente.
- ❖ Carecen de la vaina externa y de los endoflagelos de las espiroquetas ya que tienen flagelos bacterianos típicos.

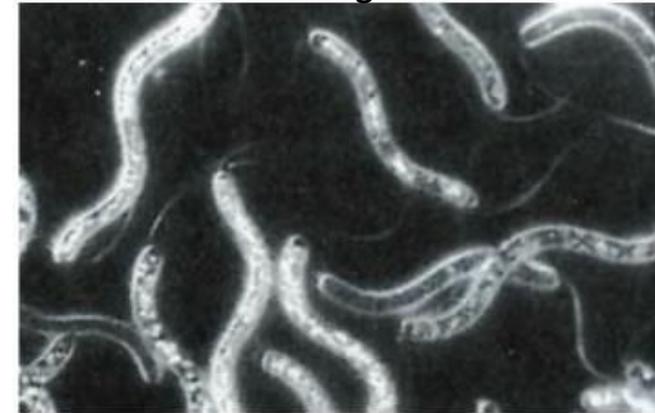
Spirillum volutans

Estructura en espiral de la superficie celular



Mechones de flagelos polares

Haces de flagelos

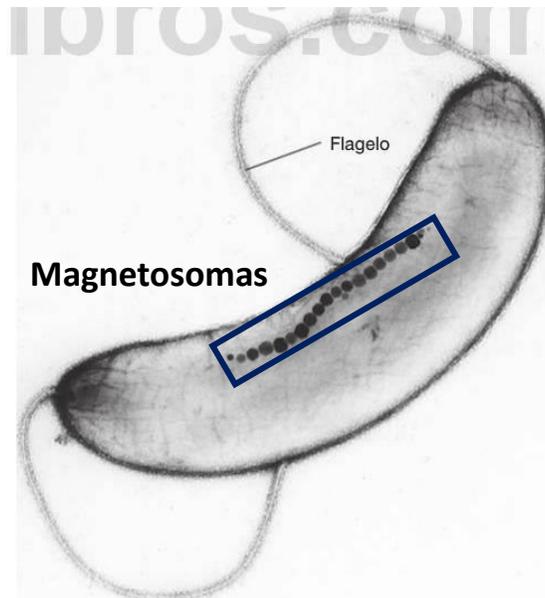


gránulos de volutina (polifosfato)

ESPIRILOS MAGNETOTÁCTICOS



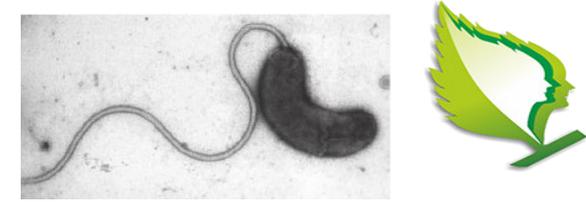
- ❖ Espirilos MICROAEROBIOS MAGNÉTICOS, con gran movilidad, en ambientes acuáticos de agua dulce.
- ❖ Muestran un marcado movimiento dirigido dentro de un campo magnético, que se denomina MAGNETOTAXIS.
- ❖ En un campo magnético generado artificialmente orientan rápidamente su eje mayor a lo largo del momento magnético Norte-Sur de dicho campo.
- ❖ Dentro de estas células hay cadenas de unas 5-40 partículas magnéticas de MAGNETITA (Fe_3O_4) y GREIGITA (Fe_3S_4) llamadas MAGNETOSOMAS.
- ❖ Funcionan como imanes internos que orientan a las células dentro de un campo magnético específico (líneas geomagnéticas).



Magnetospirillum magnetotacticum

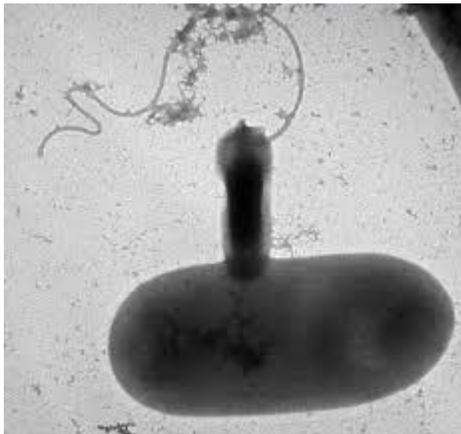
Bdellovibrio

sanguijuela coma



- ❖ Deltaproteobacteria Gram -, microaerófila, quimioorganotrofa, con un flagelo polar .
- ❖ PREDADORA de bacterias Gram – (NO de Gram +) usando como nutrientes los componentes citoplásmicos de sus presas.
- ❖ Vive en aguas de todo tipo.
- ❖ Descubierta en 1962 por Stolp y Petzold quienes observaron como es que esta bacteria se unía a la pared celular e iniciaba un proceso de lisis de las células de Pseudomonas.
- ❖ Su ciclo de vida tiene 2 fases: una fase PREDADORA DE VIDA LIBRE y una fase REPRODUCTIVA INTRACELULAR.
- ❖ Después de unirse a su presa *Bdellovibrio* penetra a través de la pared de su presa y se replica en el espacio periplásmico, formando una estructura esférica (invaginación membranosa de la célula presa), el BDELLOPLASTO.
- ❖ Se replica en el espacio periplásmico entre la pared y la membrana citoplásmica.

Bdellovibrio atacando a *E. coli*

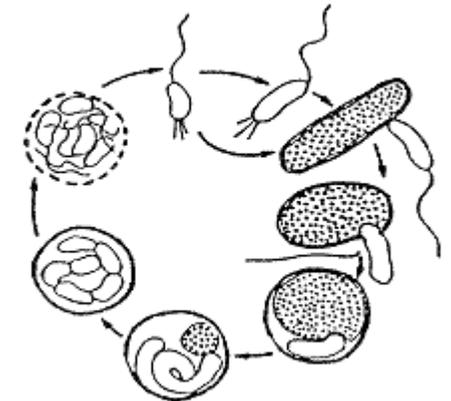


Penetración temprana



J. C. Burnham

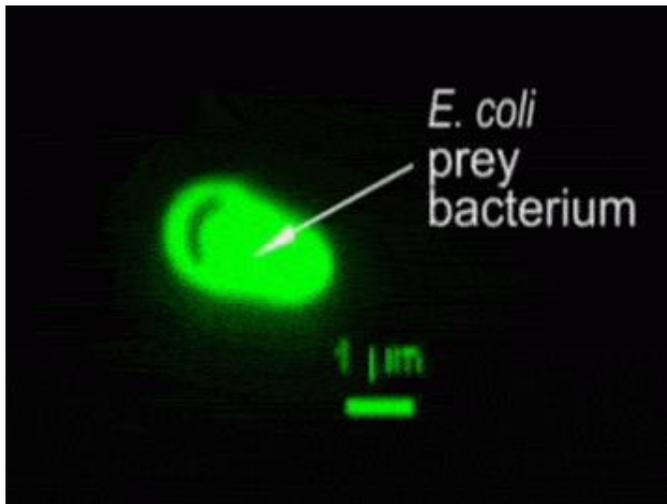
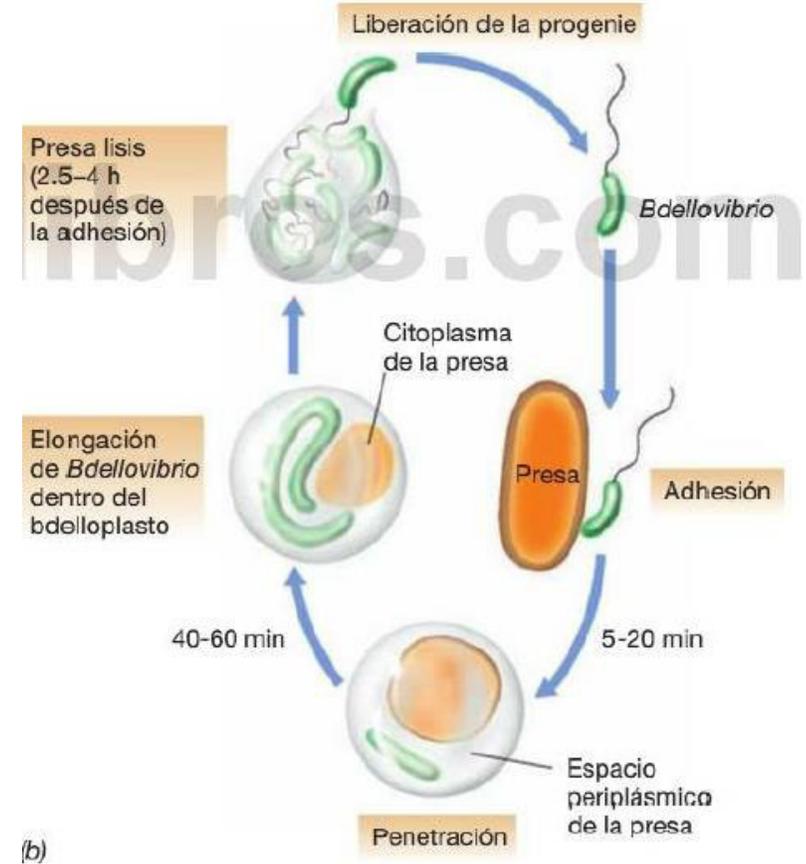
Penetración completa



Ciclo del predador *Bdellovibrio bacteriovorus*



- ❖ Muy distribuido en agua y suelos.
- ❖ Para su aislamiento y detección se usan métodos similares a los de estudio de bacteriófagos.
- ❖ Se obtiene un césped de bacterias presa en una placa de agar y se inocula en su superficie una pequeña muestra de suelo en suspensión que ha sido filtrado a través de una membrana; dicha membrana retiene a la mayoría de las bacterias pero deja pasar a los pequeños *Bdellovibrio*.
- ❖ Al incubar la placa así preparada, se forman ZONAS DE LISIS análogas a las de lisis producidas por bacteriófagos en aquellos lugares donde estén creciendo las células de *Bdellovibrio*.



- ❖ Obtiene su energía de la oxidación de aminoácidos y acetato.
- ❖ Asimila nucleótidos, ácidos grasos, péptidos, e incluso proteínas completas, directamente desde su hospedador y sin previa degradación.

PUEDE SER EL ATB DEL FUTURO

Como un torpedo



Uno de las 2 principales
resistente a ATB en Argentina

- ❖ Pueden atacar a *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Salmonella thyphimorium*.
- ❖ Una vez q su comida se acaba, mueren, sin atacar tejidos.
- ❖ Son muy ESPECÍFICOS.

BACTERIAS GEMANTES Y/O CON APÉNDICES



División por gemación

Planetomyces-Pirellula y Verrucomicrobium

Se dividen como resultado de un crecimiento celular **DESIGUAL**.

❖ En contraposición a LA FISIÓN BINARIA en bacterias convencionales que generan 2 células de IGUAL tamaño:



❖ La división celular en bacterias PEDUNCULADAS y bacterias que GEMAN genera productos **DESIGUALES**, dando una célula hija totalmente nueva, manteniendo la célula madre su identidad original.

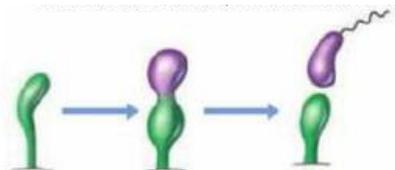
1. Gemación simple: *Pirellula, Blastobacter*



2. Gemación desde hifas: *Hyphomicrobium, Rhodomicrobium, Pedomicrobium*



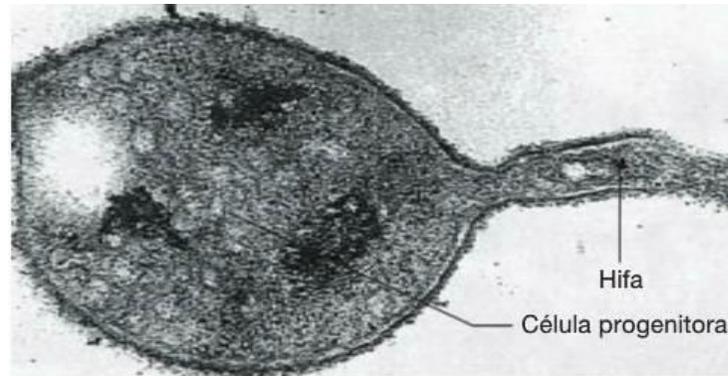
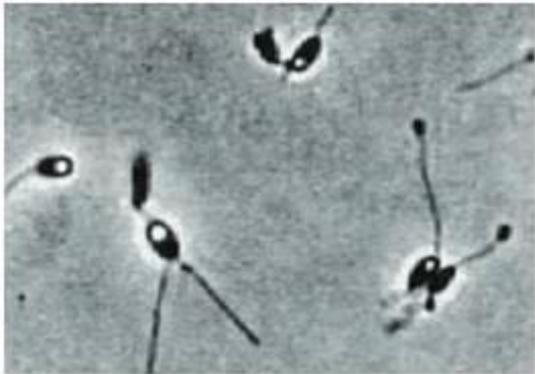
3. Division celular de un organismos con pedunculo: *Caulobacter*



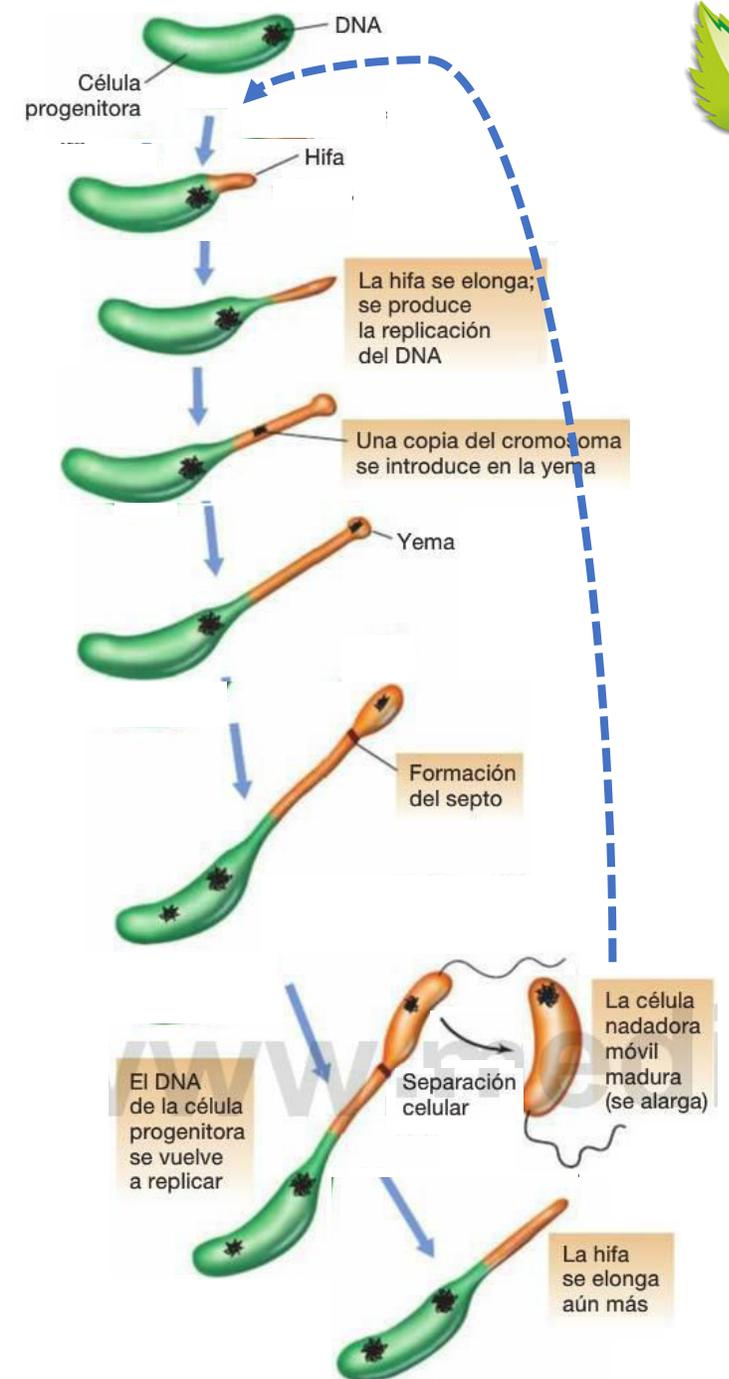
4. Crecimiento polar sin diferenciación del tamaño celular: *Rhodopseudomonas, Nitrobacter, Methylosinus*



- ❖ Una diferencia fundamental entre estas bacterias y las convencionales NO es la FORMACIÓN DE YEMAS o PEDÚNCULOS.
- ❖ Sino la FORMACIÓN DE NUEVO MATERIAL de la PARED CELULAR a partir de UN SOLO PUNTO (CRECIMIENTO POLAR) en lugar de alrededor de toda la célula (crecimiento intercalar) como sucede en la fisión binaria.



- ❖ *Hyphomicrobium* (quimioorganótrofo) y *Rhodomicrobium* (fotótrofo) liberan yemas a partir de los extremos de hifas finas y largas.
- ❖ Las hifas son extensiones celulares directas de la célula madre y contienen pared celular, membrana citoplásmica, ribosomas y, ocasionalmente, ADN.



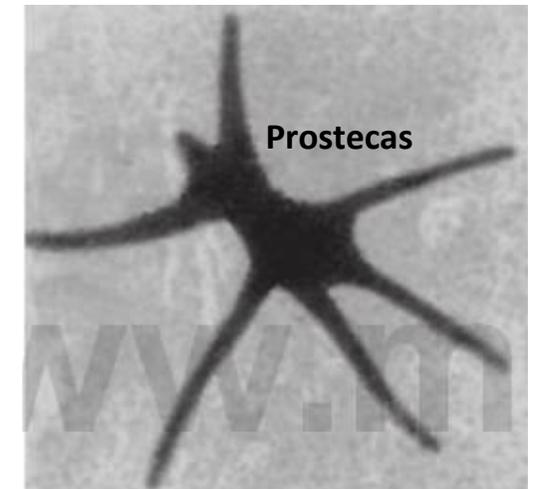
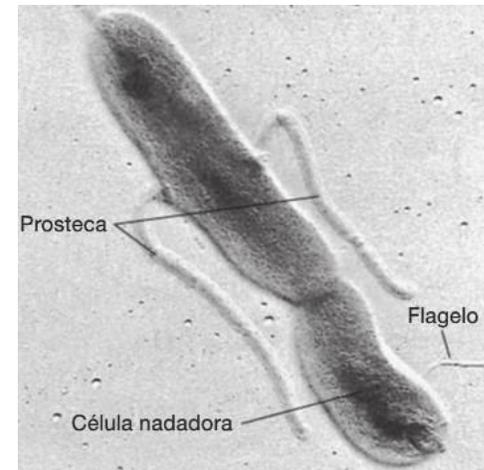
BACTERIAS CON PROSTECAS Y PEDUNCULADAS



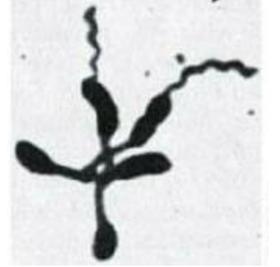
- ❖ Bacterias con APÉNDICES que se unen a materia particulada, material vegetal o a otros microorganismos en hábitats acuáticos.
- ❖ La ADHERENCIA es una de las principales funciones de estos apéndices, pero también AUMENTAN significativamente la PROPORCIÓN SUPERFICIE-VOLUMEN de las células (las prostecas tienen una gran superficie pero apenas tienen volumen).
- ❖ Una elevada proporción superficie-volumen en células procariotas confiere una MAYOR CAPACIDAD para ABSORBER NUTRIENTES y constituye una adaptación evolutiva a la vida en las AGUAS OLIGÓTROFAS (pobres en nutrientes) donde viven habitualmente estos organismos; y además para EXCRETAR RESIDUOS.

INUSUAL MORFOLOGÍA DE LAS BACTERIAS CON APÉNDICES

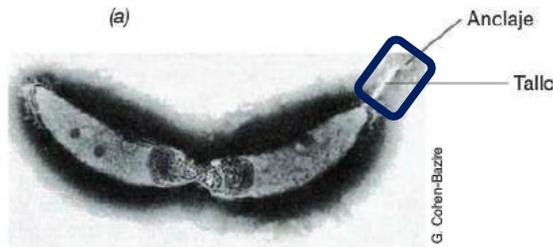
- Otra función de las prostecas podría ser reducir la velocidad de sedimentación de la célula en ambientes acuáticos.
- La centrifugación de células con prostecas requiere una mayor fuerza centrífuga que para células que carecen de ellas.



Caulobacter

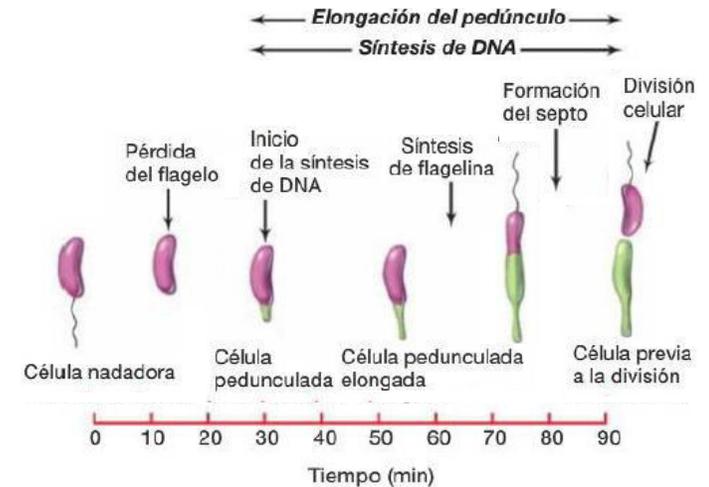


- ❖ QUIMIOORGANÓTROFO que produce un PEDÚNCULO lleno de citoplasma, una PROSTECA.
- ❖ Se encuentran a menudo en la superficie de ambientes acuáticos con los pedúnculos de varias células UNIDOS para formar ROSETAS.



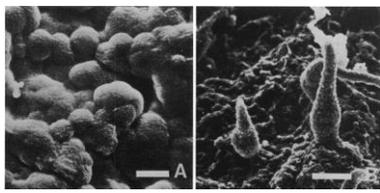
En el extremo del pedúnculo hay una estructura denominada ANCLAJE, mediante el cual el pedúnculo une la célula a una superficie.

- ❖ Se divide por ELONGACIÓN de la célula seguida de FISIÓN, con la formación de un único flagelo en el polo opuesto al pedúnculo.
- ❖ La célula flagelada o nadadora, se separa de la célula madre no flagelada, se desplaza y se une a una nueva superficie, formando un nuevo pedúnculo en su extremo flagelado; perdiendo el flagelo.



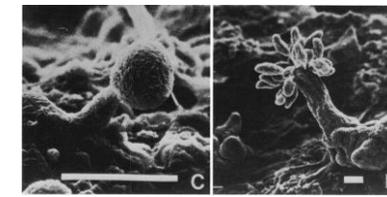
La región del pedúnculo tiene componentes citoplásmicos

La formación del pedúnculo es precursora necesaria de la división celular y está coordinada con la síntesis de ADN

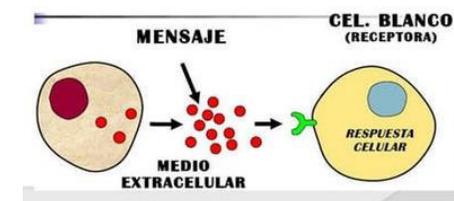


LAS MIXOBACTERIAS

Myxococcus, Stigmatella



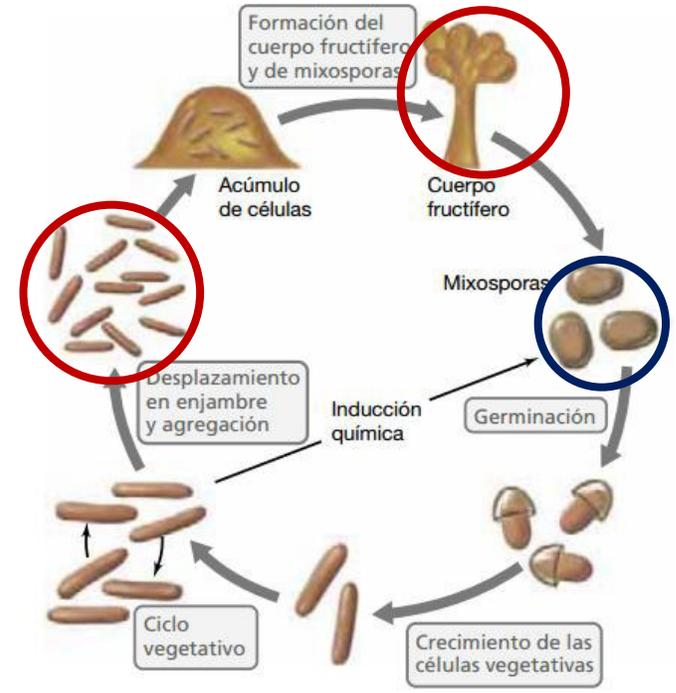
- ❖ Filamentos o bacilos largos, Gram - NO FLAGELADOS pero pueden DESLIZARSE cuando están en contacto con alguna superficie debido a la SECRECIÓN de una capa de una SUBSTANCIA VISCOSA.
- ❖ Deltaproteobacterias SOCIALMENTE ACTIVAS que interaccionan formando MASAS MULTICELULARES DESLIZANTES y visibles sin microscopio denominadas CUERPOS FRUCTIFICANTES y muestran ciclos de vida y desarrollo complejos que incluyen COMUNICACIÓN INTERCELULAR.
- ❖ Muestran los ciclos de vida y patrones DE COMPORTAMIENTO MÁS COMPLEJOS de todas las bacterias conocidas.
- ❖ Para esto el cromosoma de algunas mixobacterias es grande, como el de *Myxococcus xanthus* que es de 9,2 Mpb (millones de nucleótidos), el doble que el de *Escherichia coli*, esto corresponde a 2/3 del tamaño del genoma completo de la levadura, cuyo genoma está repartido en 16 cromosomas.
- ❖ *Polyangium cellulsum* tiene el genoma más grande de bacterias, con 12,2 Mpb.



consiguen sus nutrientes fundamentalmente lisando otras bacterias y utilizando los nutrientes así liberados.



En las condiciones adecuadas, una serie de células vegetativas se agregan y construyen un CUERPO FRUCTIFICANTE, Dentro del cual algunas de las células se convertirán en estructuras de resistencia denominadas MIXOSPORAS.

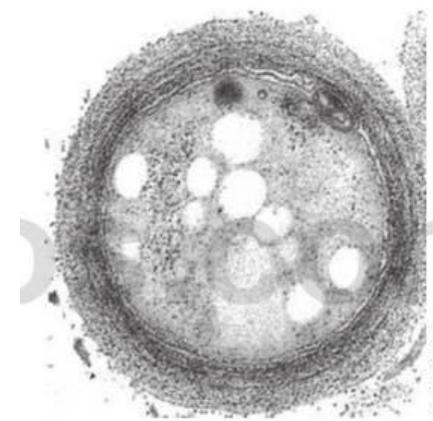


Myxococcus xanthus

Célula vegetativa

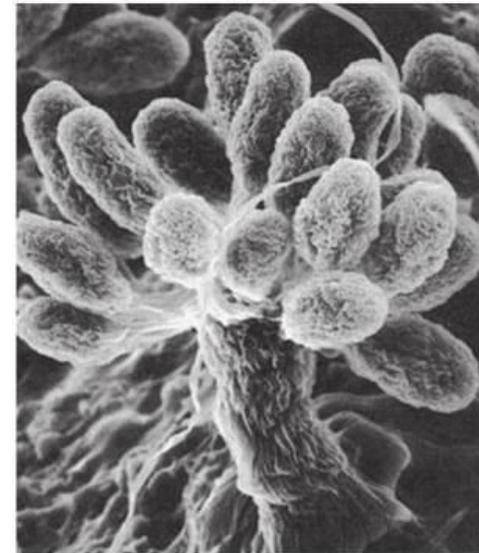


Mixospora



CUERPOS FRUCTIFICANTES

- ❖ Varían desde simples MASAS GLOBULARES de MIXOSPORAS en una MUCOSIDAD ligera hasta formas complejas con un cuerpo fructificantes con pared y con tallo.
- ❖ A menudo exhiben COLORES LLAMATIVOS y son MORFOLÓGICAMENTE COMPLEJOS.
- ❖ Pueden verse sobre PEDAZOS HÚMEDOS DE MADERA EN DESCOMPOSICIÓN u otro material vegetal usando una lupa de mano o un microscopio de disección.
- ❖ También sobre EXCREMENTOS (deyecciones de conejo) una vez que éstas han sido incubadas durante unos días en una cámara húmeda.



David White

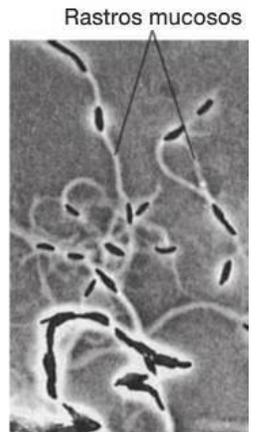
CICLO DE VIDA DE UNA MIXOBACTERIA FRUCTIFICANDO



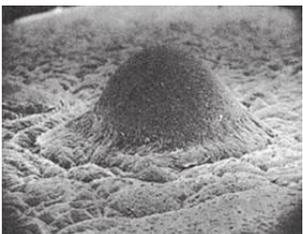
- ❖ Una célula vegetativa secreta MUCOSIDAD y conforme se desplaza sobre una superficie sólida va dejando un rastro de dicha mucosidad.
- ❖ Este rastro es utilizado por otras células en el grupo de manera que se va creando un PATRÓN RADIAL característico, en el que las células migran a lo largo de los rastros de mucosidad establecidos previamente.
- ❖ Finalmente se forma el CUERPO FRUCTIFICANTE.
- ❖ Es una estructura compleja generada por la DIFERENCIACIÓN de CÉLULAS en una región del TALLO y en una CABEZA portadora de MIXOSPORAS.
- ❖ Al agotarse los NUTRIENTES necesarios para el crecimiento vegetativo los grupos de células vegetativas comienzan a ASOCIARSE.
- ❖ Se AGREGAN, probablemente por una respuesta quimiotáctica o *quorum sensing*, migrando unas junto a otras y formando montículos.
- ❖ Conforme estas masas de células se hacen más altas, comienza la diferenciación entre el tallo y la cabeza del CUERPO FRUCTIFICANTE.



Myxococcus xanthus sobre agar



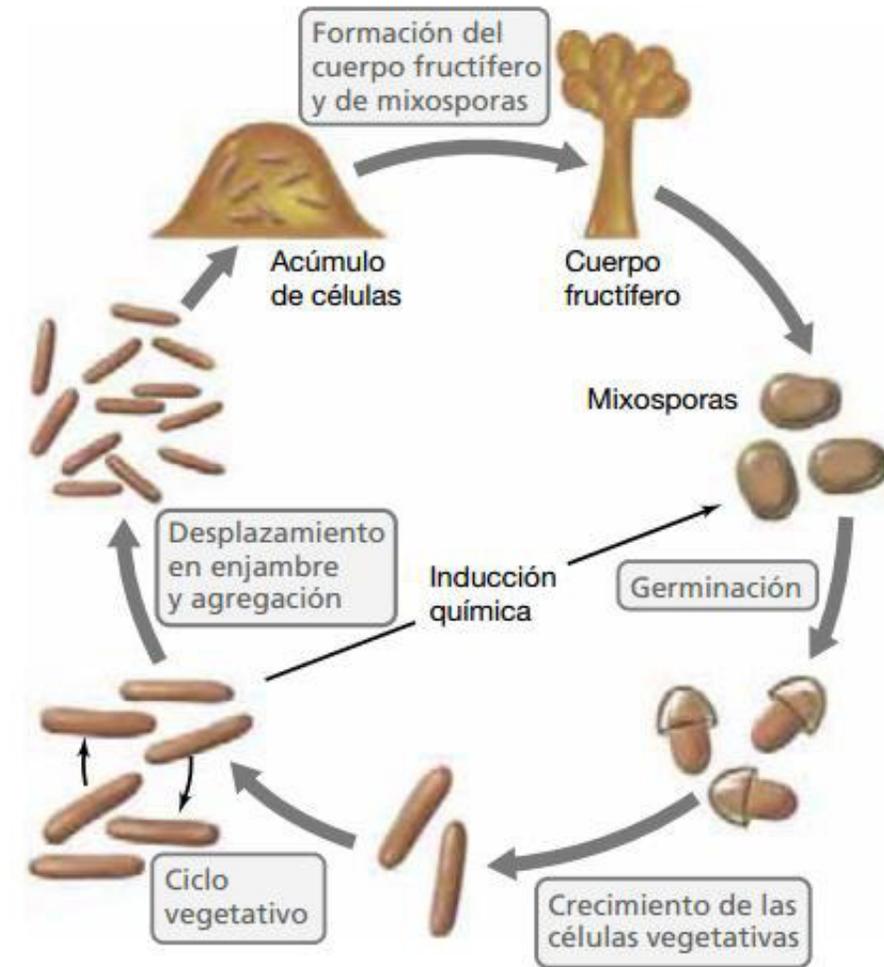
Células individuales de *M. fulvus*, mostrando los rastros mucosos sobre el agar.



Un único cuerpo fructificante puede constar de 10^9 o más células.

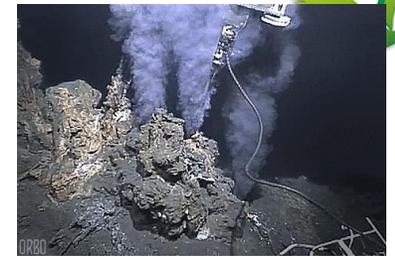
Diferenciación en tallo y cabeza del cuerpo fructificante.

- ❖ El tallo está compuesto de mucosidad, dentro de la cual unas pocas células pueden estar atrapadas.
- ❖ La mayoría de las células se acumulan en la CABEZA del cuerpo fructificante, donde sufren su DIFERENCIACIÓN hasta MIXOSPORAS.
- ❖ La función principal de las MIXOSPORAS ENQUISTADAS es por tanto permitir al organismo SOBREVIVIR a la DESECACIÓN durante su dispersión o durante la desecación de su hábitat.
- ❖ Tras diseminarse a un HÁBITAT APROPIADO o al RESTAURARSE las condiciones de crecimiento adecuadas, la mixospora acaba GERMINANDO a través de una ruptura localizada de su cápsula, con el consiguiente crecimiento y la salida de una nueva célula vegetativa.

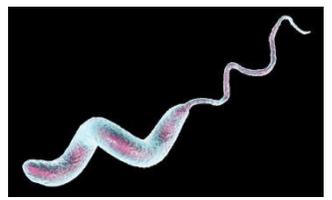




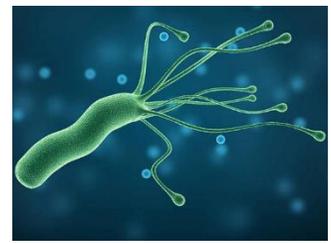
EPSILONPROTEOBACTERIAS:



Abundantes en las interfases aerobia-anaerobia de ambientes RICOS EN AZUFRE, alrededor de las chimeneas hidrotermales del fondo del océano, donde catalizan la transformación metabólica del azufre y viven asociadas con animales que habitan en dichas áreas.



Campylobacter y *Helicobacter*



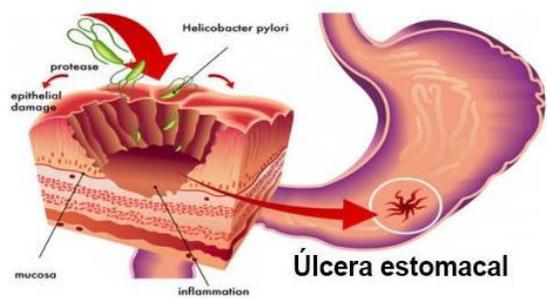
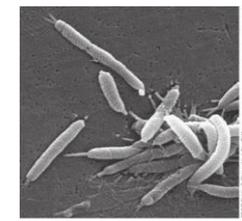
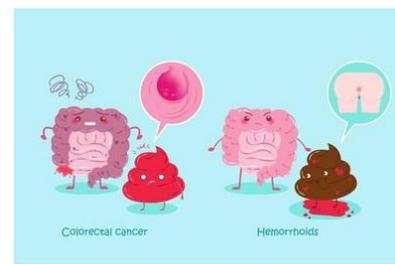
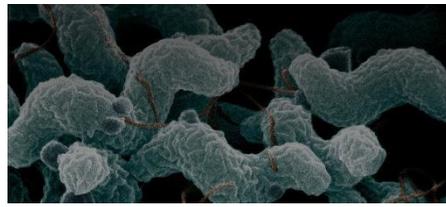
- ❖ Espirilos móviles Gram -, oxidasa y catalasa +, la mayoría son PATÓGENAS para humanos y otros animales.
- ❖ Son microaerobias y se cultivan a partir de muestras clínicas incubando a baja concentración de O₂ (3-15%) y alta concentración de CO₂ (3-10%).

Campylobacter

Más de una docena de especies causan **gastroenteritis aguda**, y se manifiesta por una **diarrea sanguinolenta** y cuya patogenia se debe a varios factores, entre ellos una **enterotoxina** parecida a la toxina colérica.

Helicobacter pylori

Causa **gastritis agudas y crónicas** que llevan a la formación de **úlceras pépticas**.

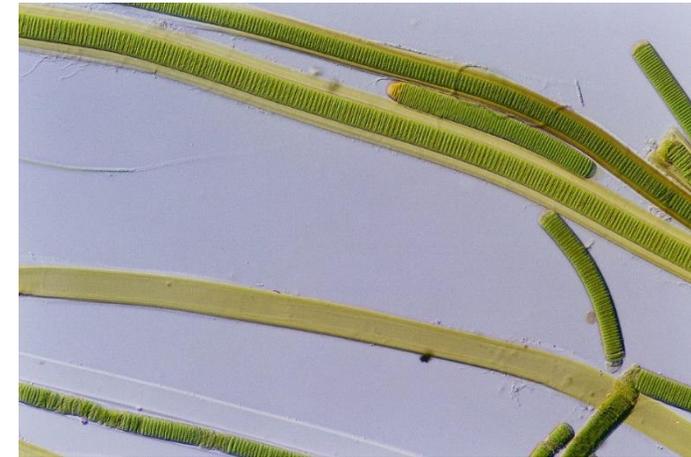
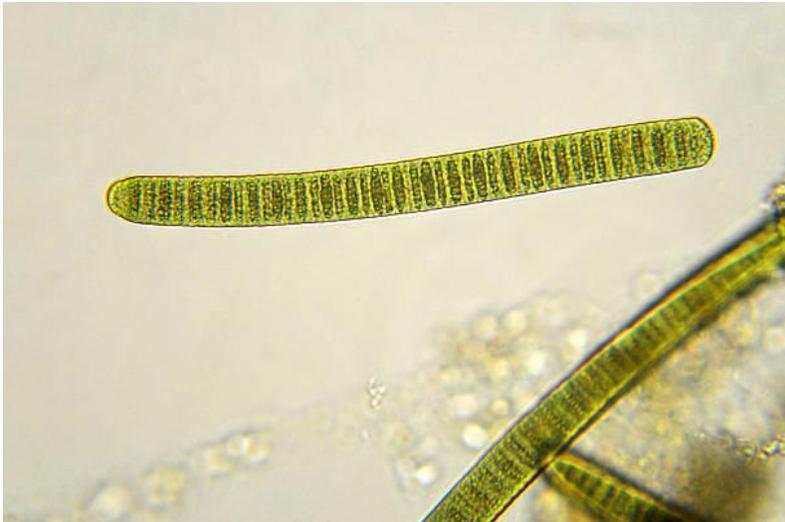


CIANOBACTERIAS

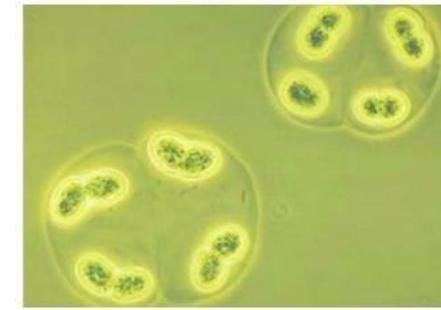


BACTERIAS FOTÓTROFAS OXIGÉNICAS

- ❖ Se diferencian en varios aspectos fundamentales de las bacterias verdes y rojas.
- ❖ Fueron los **PRIMEROS FOTÓTROFOS PRODUCTORES** de O_2 sobre la Tierra y fueron los responsables de la transformación de una atmósfera terrestre **ANÓXICA** hacia una atmósfera **ÓXICA**.
- ❖ Se encuentran en formas unicelulares y formas filamentosas.
- ❖ Son 5 grupos morfológicos.

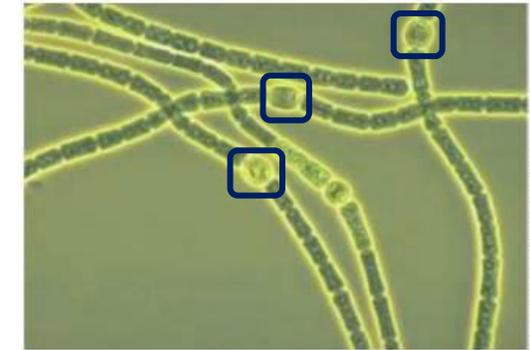


1) Unicelulares, que se dividen por fisión binaria.



2) Unicelulares, que se dividen por fisión múltiple (colonial)

3) Filamentosas que contienen células diferenciadas, los HETEROCISTOS que participan en la fijación de nitrógeno atmosférico (N_2).



4) Filamentosas carentes de heterocistos.

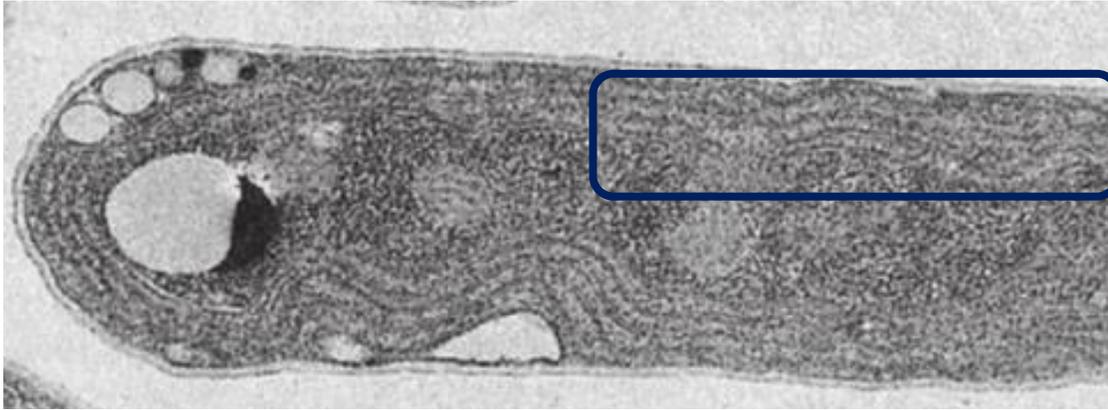
5) Filamentosas ramificadas.



SISTEMA DE MEMBRANAS FOTOSINTÉTICAS



Es a menudo **COMPLEJO** y consta de **MÚLTIPLES CAPAS**, aunque en algunas de las cianobacterias más sencillas las **MEMBRANAS TILACOIDALES** están distribuidas de modo regular formando **CÍRCULOS CONCÉNTRICOS** en la periferia del citoplasma.

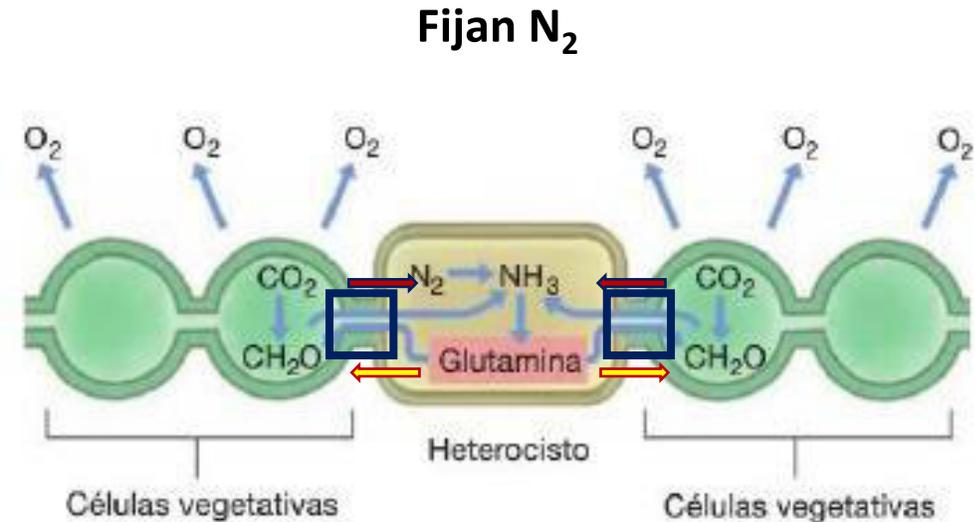


Membranas tilacoidales dispuestas en paralelo a la pared celular.

Sólo tienen clorofila A y **BILIPROTEÍNAS**, unos pigmentos característicos.

- ❖ Las **FICOCIANINAS** son una clase de **FICOBILINAS** de color **AZUL** que, en combinación con la **CLOROFILA A** de color **VERDE**, son responsables de su color **VERDE-AZULADO**.
- ❖ Algunas especies producen **FICOERITRINA**, que es una **FICOBILINA** de color **ROJO** y en consecuencia éstas presentan un color **ROJO** o **MARRÓN**.

Algunas cianobacterias filamentosas forman células especializadas, redondeadas y más grandes denominadas HETEROCISTOS.



- ❖ Los heterocistos tienen conexiones intercelulares con las células vegetativas adyacentes, de modo que entre estas células se produce un activo intercambio de material.
- ❖ Los productos de la fotosíntesis se desplazan de las células vegetativas hacia los heterocistos y los productos de la fijación de N₂ se mueven de los heterocistos hacia las células vegetativas.

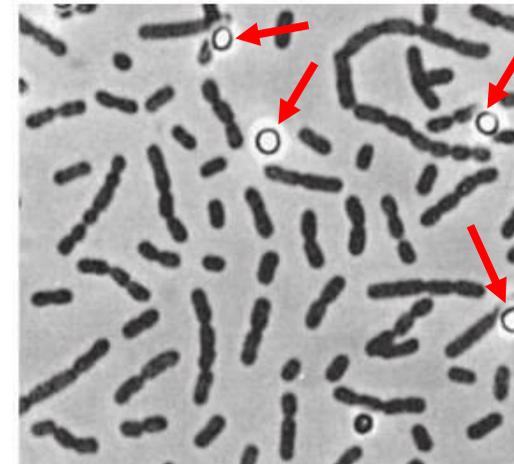
BACTERIAS VERDES DEL AZUFRE



- ❖ Bacilos largos o cortos.
- ❖ Fotótrofas ANOXIGÉNICAS, ANAEROBIAS Estrictas carentes de movilidad.
- ❖ Usan H_2S como donante de e^- .
- ❖ El AZUFRE producido se deposita en el exterior de la célula, lo oxidan primero hasta S^0 y luego hasta SO_4^{2-} .
- ❖ Tienen BACTERIOCLOROFILA A y cualquiera de las BACTERIOCLOROFILAS C, D o E.
- ❖ Localizadas en estructuras características denominadas CLOROSOMAS.



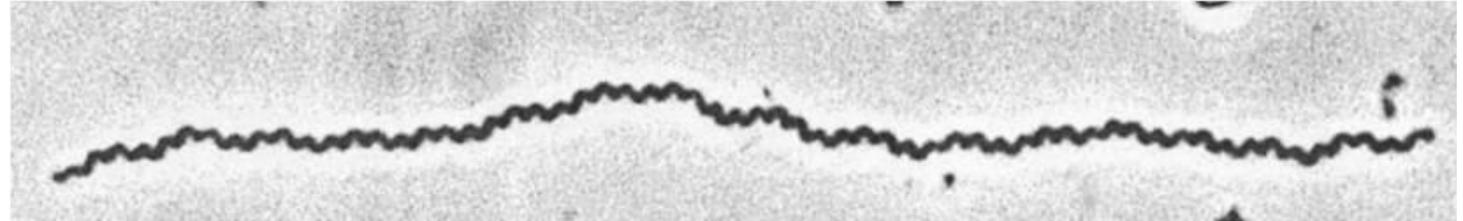
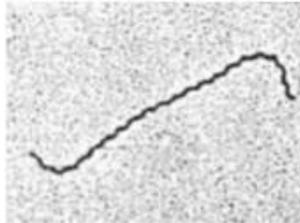
Chlorobaculum tepidum



ESPIROQUETAS

Bacterias Gram -, móviles, enrolladas en forma de espiral cerrada,

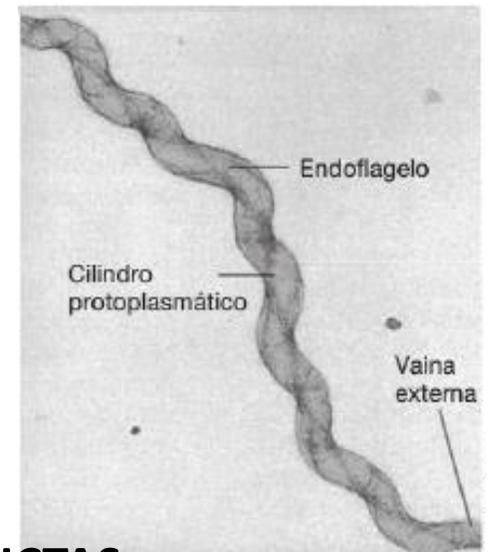
Dos espiroquetas observadas con el mismo aumento



Presentes en muchos ambientes acuáticos y en animales.

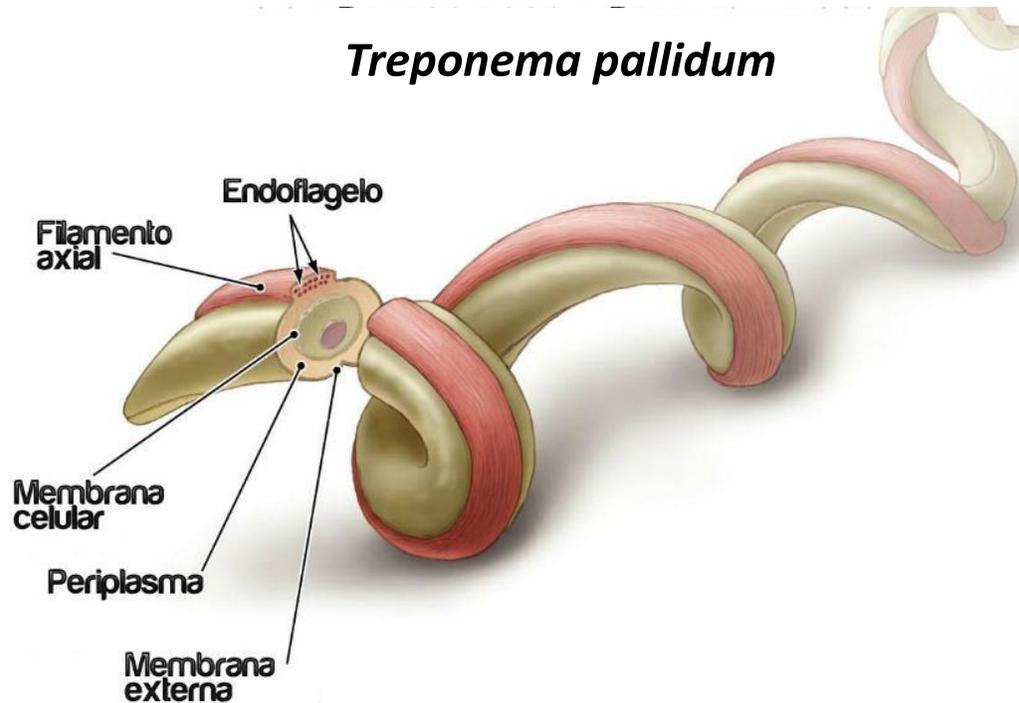
Algunas causan enfermedades, como la SÍFILIS (importante ETS humana).

Las células están formadas por un cilindro citoplasmático, que incluye las regiones envueltas por la pared celular y la membrana citoplásmica



Leptospira y *Leptonema* incluyen espiroquetas AEROBIAS ESTRUCTAS

- ❖ La movilidad la confiere uno o más **FLAGELOS** que emergen de **AMBOS POLOS**.
- ❖ A diferencia de los típicos flagelos bacterianos, éstos **SE PLIEGAN DESDE EL POLO HACIA EL CILINDRO PROTOPLASMÁTICO** y se mantienen localizados en el **PERIPLASMA** de la célula.
- ❖ Por esto se denominan **ENDOFLAGELOS**.
- ❖ Tanto los endoflagelos como el cilindro protoplasmático están envueltos por una **MEMBRANA MULTICAPA FLEXIBLE** denominada **VAINA EXTERNA**.

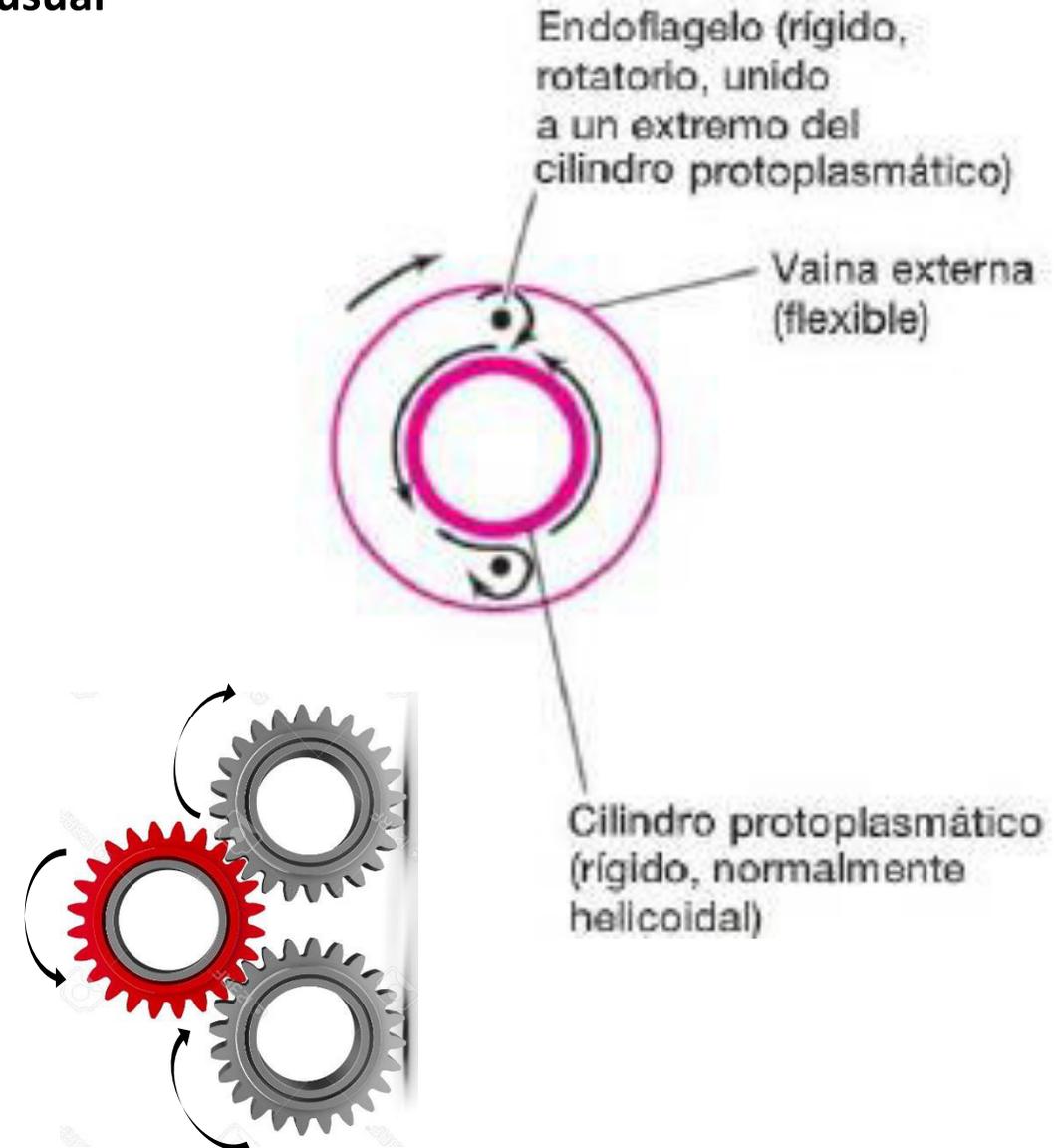
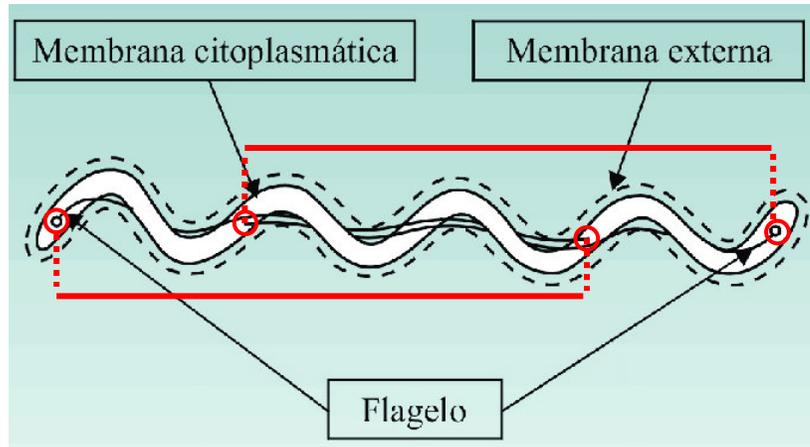


MOVILIDAD EN LAS ESPIROQUETAS



Tienen una movilidad inusual

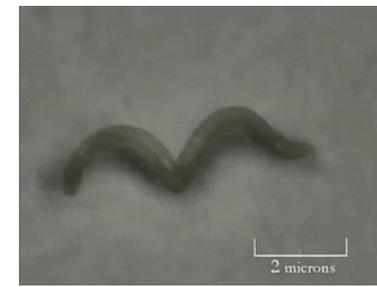
- Cada ENDOFLAGELO está ANCLADO en uno de sus extremos y se extiende alrededor de 2/3 de la longitud celular.
- Los endoflagelos tienen movimiento ROTATORIO, igual que los flagelos bacterianos típicos.
- Sin embargo, como el CILINDRO PROTOPLASMÁTICO es RÍGIDO mientras que la VAINA EXTERNA es FLEXIBLE, cuando los 2 endoflagelos giran en la misma dirección, el cilindro protoplasmático gira en dirección opuesta, generando TORSIÓN EN LA CÉLULA.



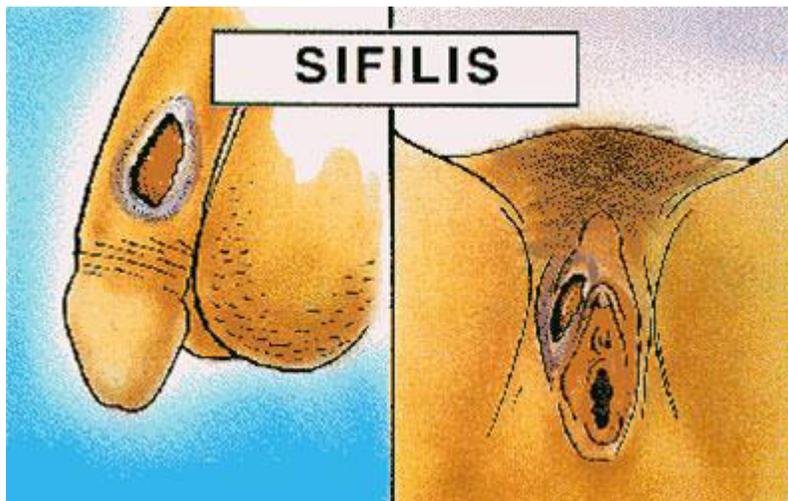
Treponema pallidum



- ❖ Gram –que provoca la SÍFILIS, una ETS de alta incidencia.
- ❖ Transmitida por CONTACTO SEXUAL.
- ❖ El SER HUMANO es el ÚNICO HUÉSPED.
- ❖ Otras especies del género *Treponema* son organismos COMENSALES de la CAVIDAD ORAL del ser humano.

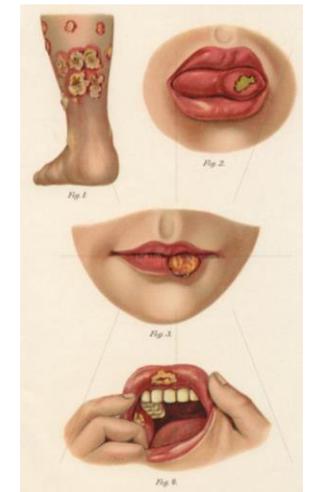


Entra al organismo por una herida en la piel o penetrando membranas mucosas como genitales.

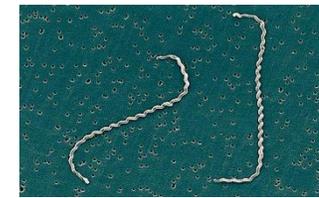


Bacteria
Treponema Pallidum

Llaga abierta
o chancro



LEPTOSPIROSIS



- ❖ Enfermedad más habitual producida por *Leptospiras*.
- ❖ La bacteria se localiza en los RIÑONES y puede causar un fallo renal y la MUERTE.
- ❖ Entran en el cuerpo a través de las MUCOSAS o a través de HERIDAS en la piel.
- ❖ Después de multiplicarse transitoriamente en diversas partes del cuerpo se dirige a los RIÑONES y al HÍGADO y produce NEFRITIS e ICTERICIA.
- ❖ La bacteria sale del cuerpo por la ORINA.
- ❖ La INFECCIÓN de otro individuo suele producirse por contacto con ORINA INFECTADA.



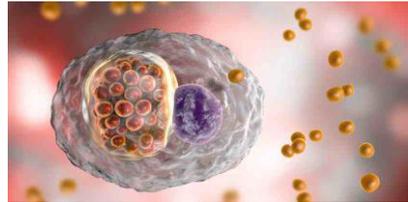
CLAMIDIAS

Filum *Chlamydia* (*Chlamydia* y *Chlamydophila*)

Bacterias PARÁSITAS ESTRUCTAS con reducida capacidad metabólica

Chlamydophila psittaci

Psitacosis

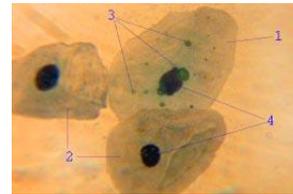


Enfermedad epidémica en loros, pavos y palomas, que ocasionalmente se transmite a humanos y produce síntomas parecidos a una neumonía.



Chlamydophila pneumoniae

Síndromes respiratorios

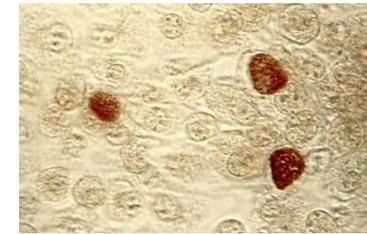


Ataca células pulmomares



Chlamydia trachomatis

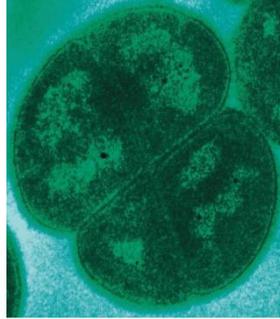
Tracoma y otras enfermedades en humanos



Enfermedad ocular crónica con vascularización, ulceración y cicatrización de la córnea. Es la causa principal de ceguera en humanos. Se transmiten por el aire para introducirse en el aparato respiratorio.

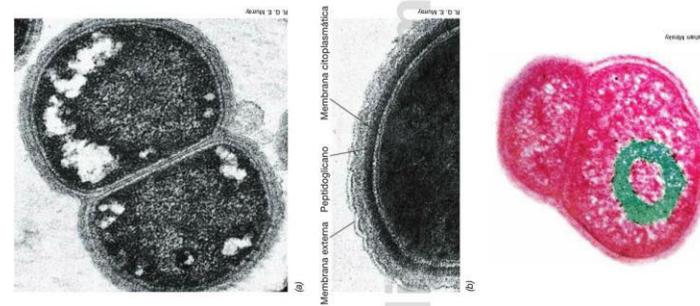


DEINOCOCOS



- ❖ Este grupo incluye pocos géneros, los más conocidos *Deinococcus* y *Thermus*.
- ❖ Cocos Gram + que contienen una forma poco habitual de peptidoglicano, en el cual la ORNITINA sustituye al ácido DIAMINOPIMÉLICO en los enlaces cruzados con el ácido murámico
- ❖ *Thermus* está formado por bacterias TERMÓFILAS QUIMIOORGANÓTROFAS, incluyendo a *Thermus aquaticus*, de quien se obtiene la POLIMERASA de ADN o *Taq*.
- ❖ *Thermus* y *Deinococcus* crecen AERÓBICAMENTE mediante el catabolismo de azúcares, aminoácidos y ácidos orgánicos.

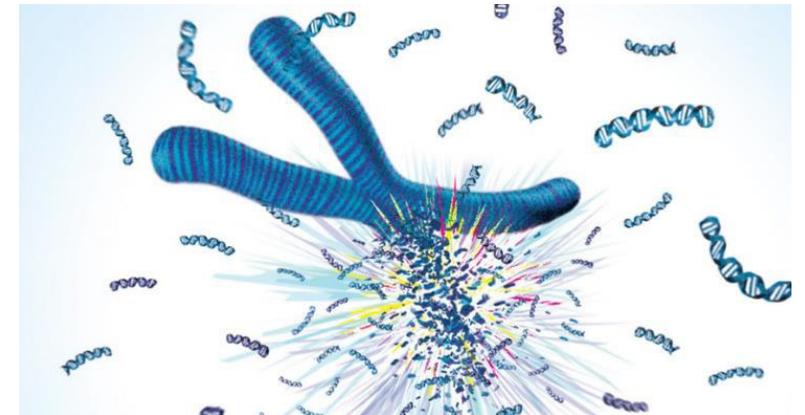
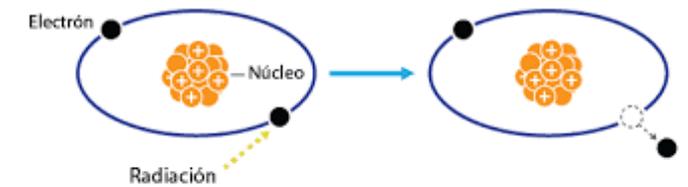
- El género *Deinococcus* comprende 4 especies, donde *Deinococcus radiodurans* es la más conocida.
- La mayoría son rojos o rosas debido a los carotenoides y muchas cepas son muy resistentes a la radiación UV y a la desecación.
- Habita principalmente en el suelo y también puede aislarse de partículas de polvo.



- ❖ *D. radiodurans* puede sobrevivir a la exposición de hasta 15.000 grays (Gy) de radiación ionizante (1 Gy= 100 rad).
- ❖ Esto debiera ser suficiente para destruir el cromosoma del organismo en cientos de fragmentos.
- ❖ Un ser humano puede morir por exposición a menos de 10 Gy.



Radiación ionizante



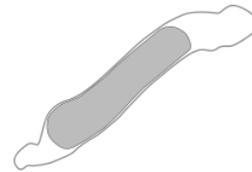
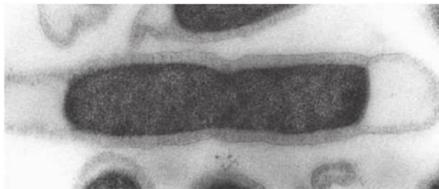
- ❖ *D. Radiodurans* es muy eficiente reparando el ADN dañado.
- ❖ Posee varias enzimas para la reparación del ADN (RecA).
- ❖ Sus procesos de reparación son tan eficientes que incluso pueden reensamblar el cromosoma a partir de sus fragmentos.



Thermotoga



- ❖ Bacilo Gram -, HIPERTERMÓFILO capaz de crecer hasta 90°C (óptima 80°C).
- ❖ NO produce esporas.
- ❖ Las células están cubiertas por una envoltura tipo vaina denominada TOGA.
- ❖ QUIMIOORGANÓTROFO ANAEROBIO FERMENTATIVO, que cataboliza azúcares y polímeros como almidón y produce lactato, acetato, CO₂ y H₂ como productos de fermentación.
- ❖ Se encuentran en manantiales termales terrestres y en chimeneas hidrotermales marinas.

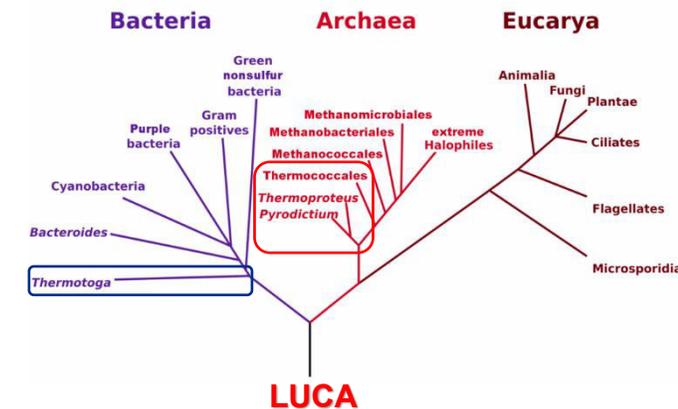
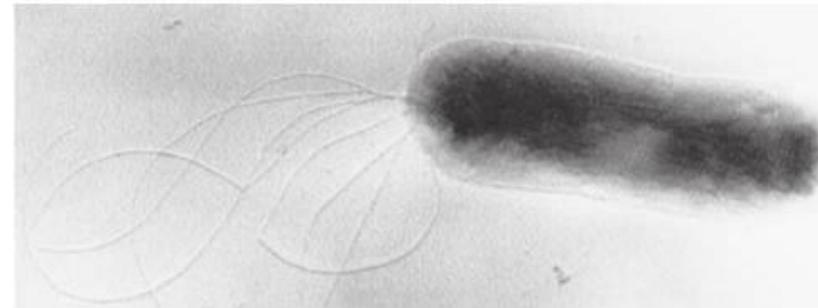


Aquifex

HIPERTERMÓFILO



- ❖ Habitan ambientes de hasta 95°C (óptimo 85°C).
- ❖ QUIMIOLITÓTROFO y AUTÓTROFO ESTRICTO.
- ❖ Es la **MÁS TERMÓFILO** de todas las BACTERIAS CONOCIDAS.
- ❖ Utiliza H_2 , S^0 o $S_2O_3^{2-}$ (tiosulfato) como donadores de e^- y O_2 o NO_3^- como aceptores de e^- .
- ❖ Sólo soporta concentraciones muy bajas de O_2 , por lo que junto a unas cuantas especies de arqueas, son los pocos HIPERTERMÓFILOS AEROBIOS (o más exactamente MICROAEROFILOS) que se conocen.

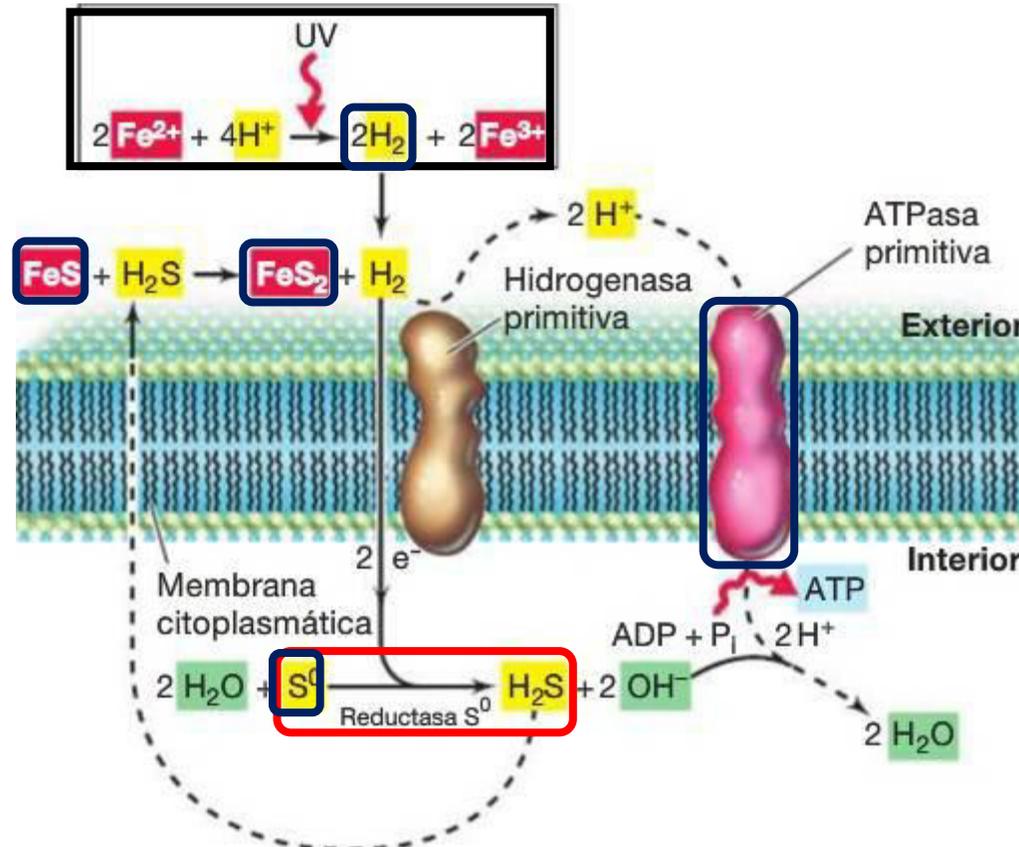


El descubrimiento de que tantas especies HIPERTERMÓFILAS de ARQUEAS y BACTERIAS sean QUIMIOLITÓTROFAS del H_2 , en combinación con el hecho de que se separan como linajes muy antiguos en sus respectivos árboles filogenéticos sugiere que el H_2 fue un donante de e^- clave para los organismos primitivos en las condiciones ambientales de la Tierra primigenia.



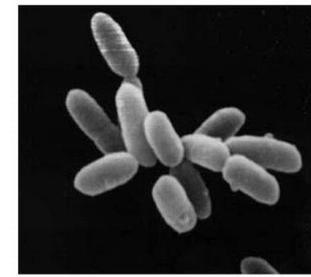
Modelo sencillo sobre el uso de H_2 para generar una fuerza protón motriz y en consecuencia energía en forma de ATP.

- La formación de pirita (FeS_2) produce H_2 y lleva a la reducción de S^0 , que alimenta una primitiva ATPasa.
- El H_2S juega tan sólo un papel de catalizador; los sustratos netos serían FeS [sulfuro de hierro(II)] y S^0 .
- Una fuente alternativa de H_2 podría haber sido la reducción de H^+ por el Fe^{2+} catalizada por UV.



ARQUEAS

Arcaico, ancestral



❖ Procariotas

❖ Fenotípicamente ≈ a Bacteria

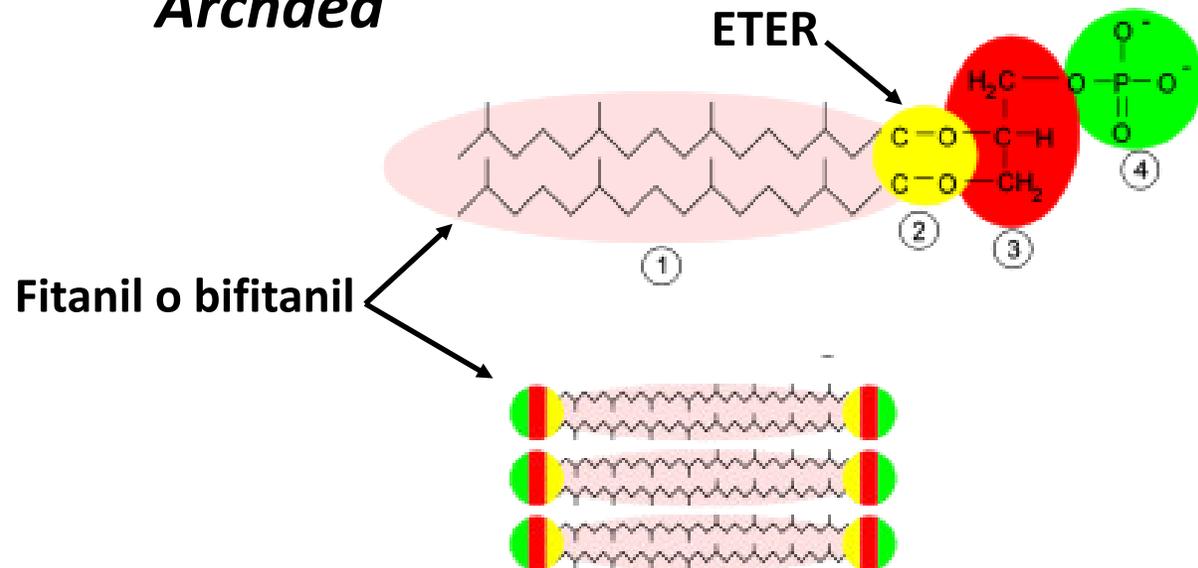
❖ 0,5 a 5 μm, formas de bacilos, cocos y espirilos

❖ Se reproducen por fisión, fragmentación o gemación

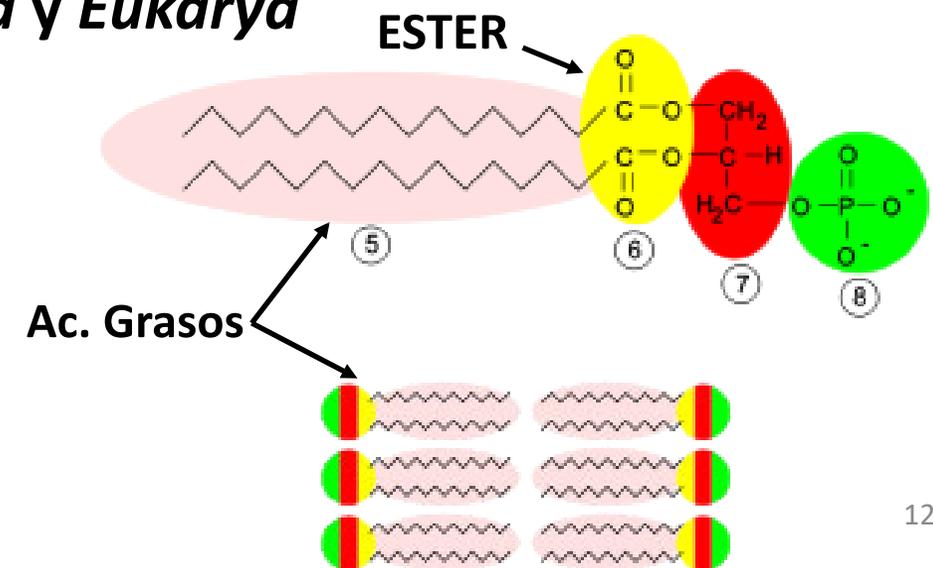
❖ No forman esporos

❖ Tamaño del genoma: 2-4 Mbp (≈ Bacterias)

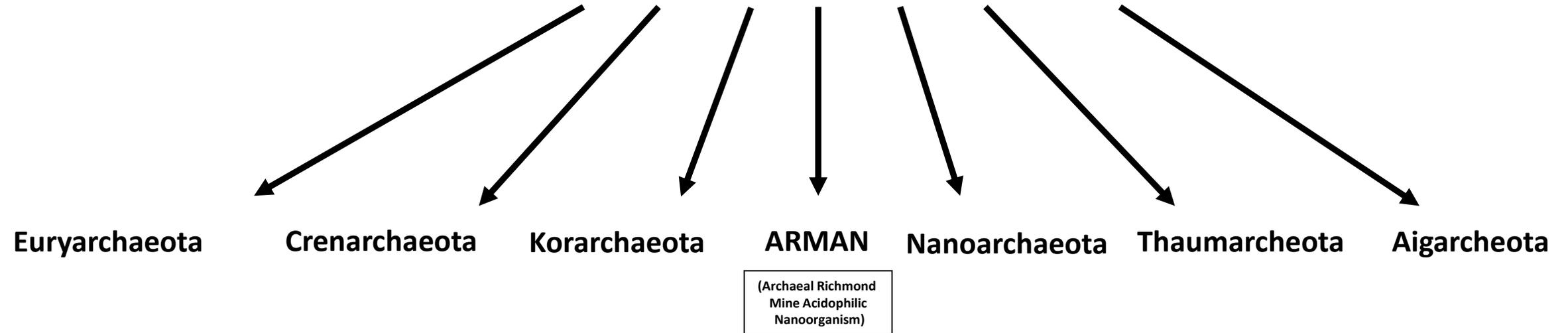
Archaea



Bacteria y Eukarya



7 grupos filogenéticamente diferentes



Hábitat

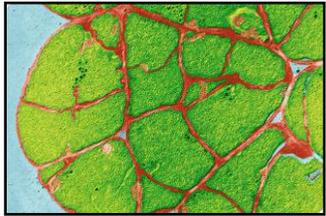
- Extremos
- Mar y suelos
- NO se conocen patógenas o parásitas (mutualistas y comensales)

Se diferencian por

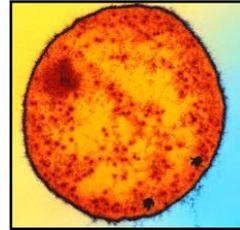
- El ARN
- El ambiente

EURYARCHEOTA

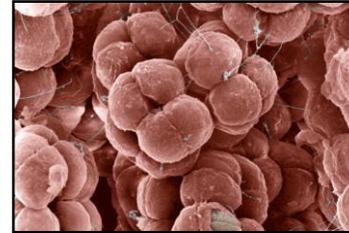
- Metanobacterias o arqueas metanogénicas (*Methanosarcina*)
- Halobacterias o arqueas halófilas extremas (*Halococcus*)
- Parte de las termófilas sulfodependientes (Thermococcales)
- *Thermoplasma* y *Archaeoglobus*



Metanosarcina rumen



Methanococcoides burtonii (-2,5°C)



Halococcus sp.

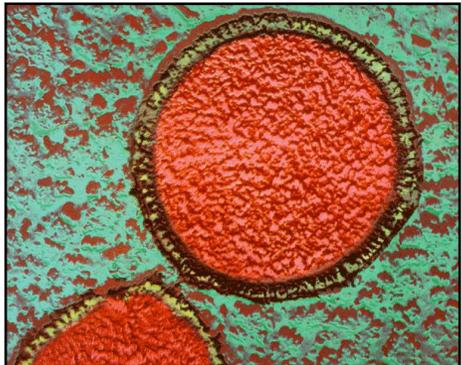


Halobacterium sp.

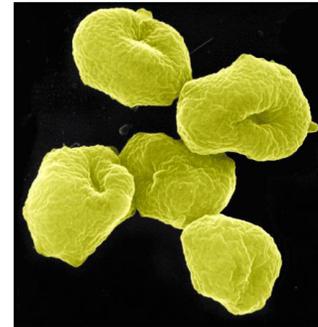
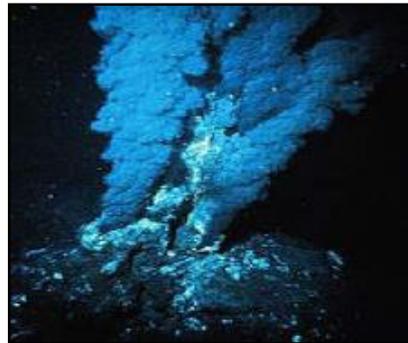


CRENARCHEOTA

- Resto de las termófilas sulfodependientes (Thermoproteales, Desulfurococcales, Sulfolobales)
- Arqueas mas abundantes en ecosistemas marinos



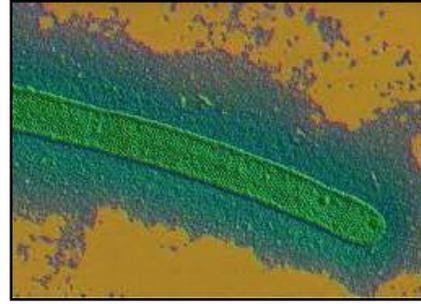
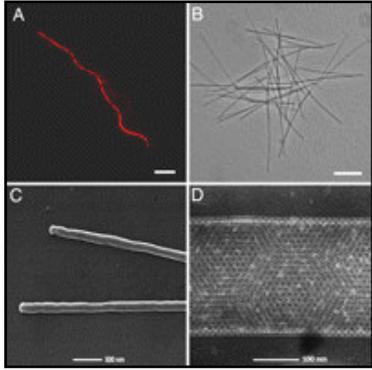
Staphylothermus marinus



Sulfolobus sp.

KORARCHEOTA

- Conocidas sólo a partir de muestras de secuencias ADNr 16S recogidas en ambientes naturales (termófilos).
- Procesos metabólicos son desconocidos (E y C) (*Korarchaeum cryptofilum*).

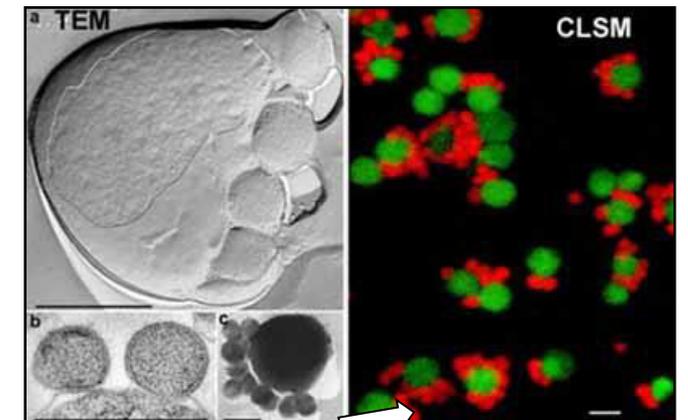
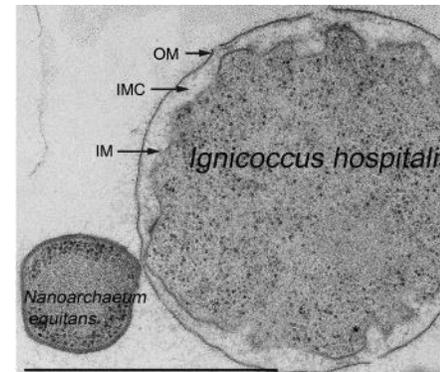
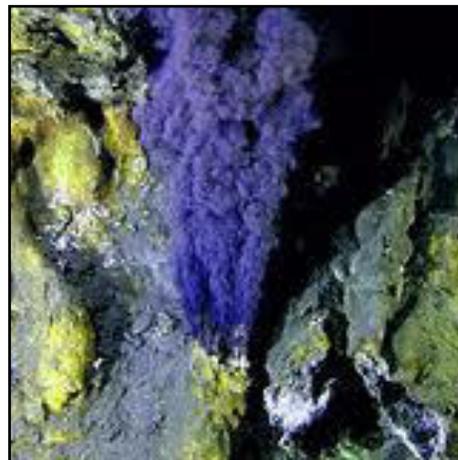
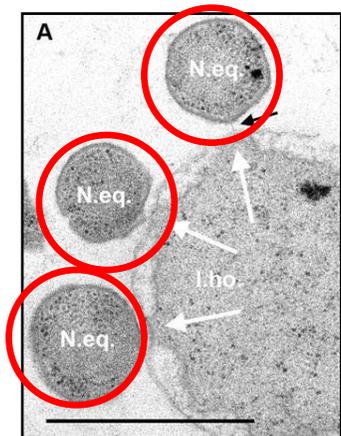


Korarchaeum cryptofilum

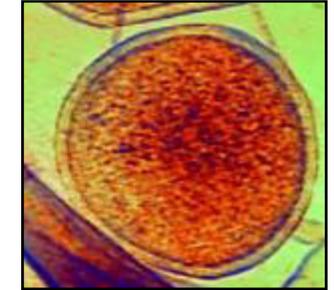
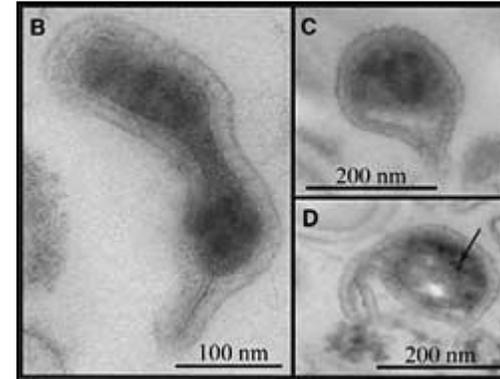


NANOARCHEOTA

- Taxón especialmente creado para la especie *Nanoarchaeum equitans* (simbionte obligado del crenarchaeota hipertermófilo *Ignicoccus hospitalis*)

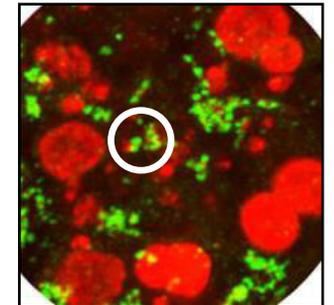
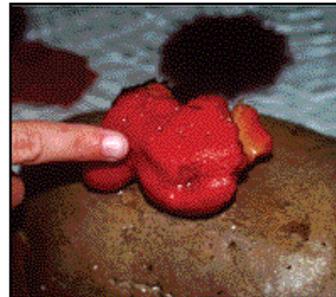


- Descubiertas en los ambientes ácidos ($\text{pH} < 1,5$) de una mina del norte de California (Iron Mountain Mine)
- ≈ 300 nm de diámetro, posiblemente las más pequeñas formas de vida libre (*Parvarchaenum acidiphilus*)



THAUMARCHEOTA

- Crenarchaeotas mesófilos y psicrófilos (NO termófilos)
 - *Cenarchaeum symbiosum*
- Simbionte con una esponja *Axinella mexicana* (no cultivable)

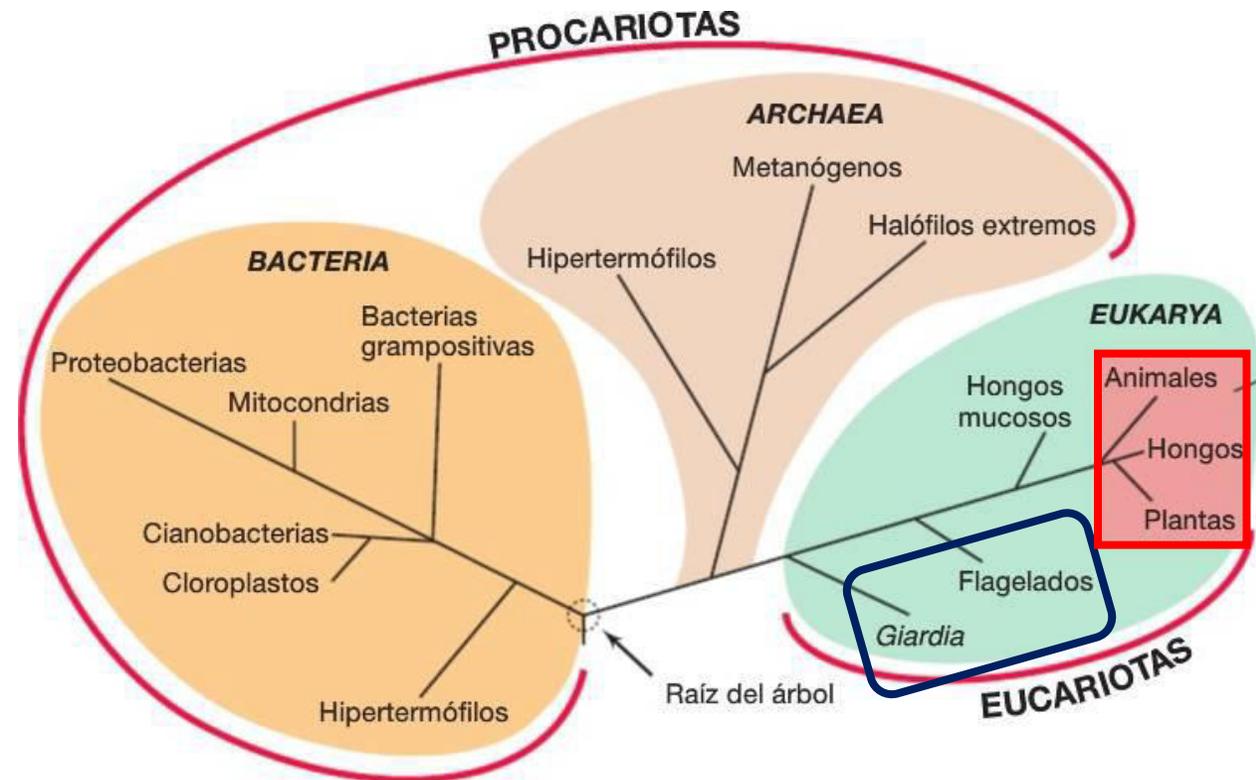


AIGARCHEOTA

- Primer representante no cultivable de HWCG I (*Hot Water Crenarchaeotic Group I*) proveniente de agua geotérmica de una mina de oro subterránea.
- *Caldiarchaeum subterraneum*

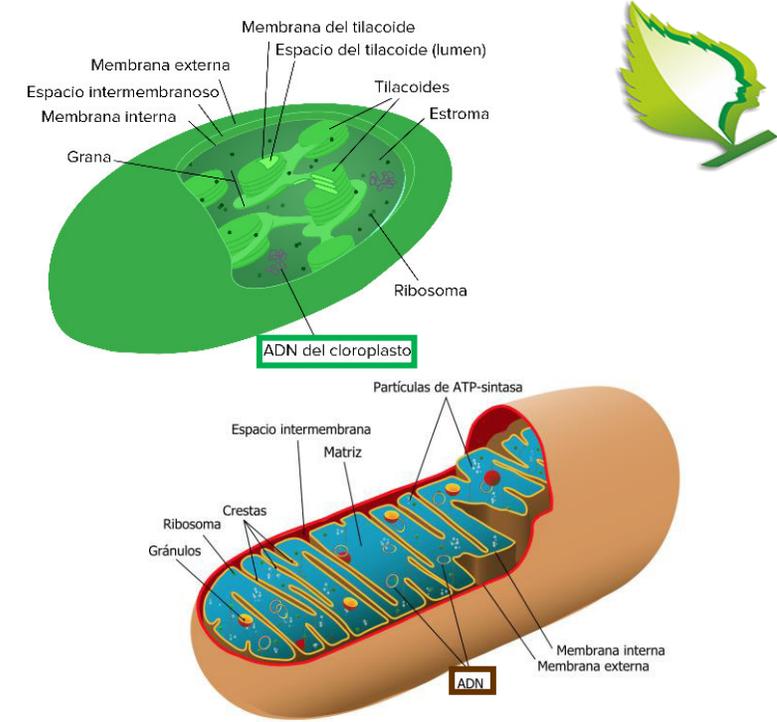


- ❖ Como todas las células de los animales y de las plantas son eucarióticas, se deduce que los MICROORGANISMOS EUCARIÓTICOS fueron los ANTECESORES de todos los ORGANISMOS PLURICELULARES.
- ❖ El árbol de la vida refleja claramente este hecho, ya que los eucariotas microbianos constituyen una rama temprana del árbol mientras que los animales y las plantas se localizan hacia el extremo terminal

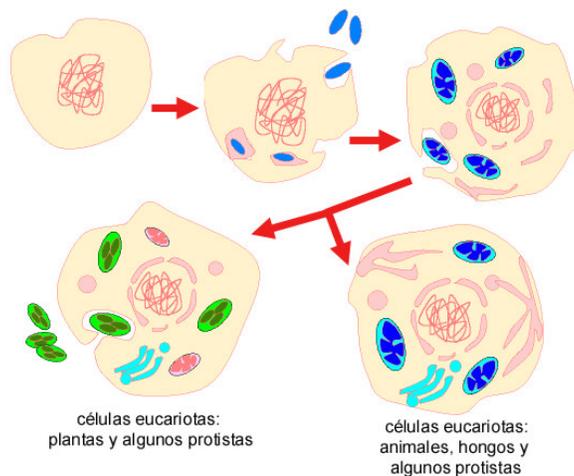




- ❖ La secuenciación molecular y otras evidencias han puesto de manifiesto que las células eucarióticas poseen genes de los 2 dominios.
- ❖ Además del genoma en los cromosomas, las mitocondrias y los cloroplastos de las células eucarióticas poseen sus propios genomas (ADN dispuesto en forma circular, como en los procariontes) y sus propios ribosomas.



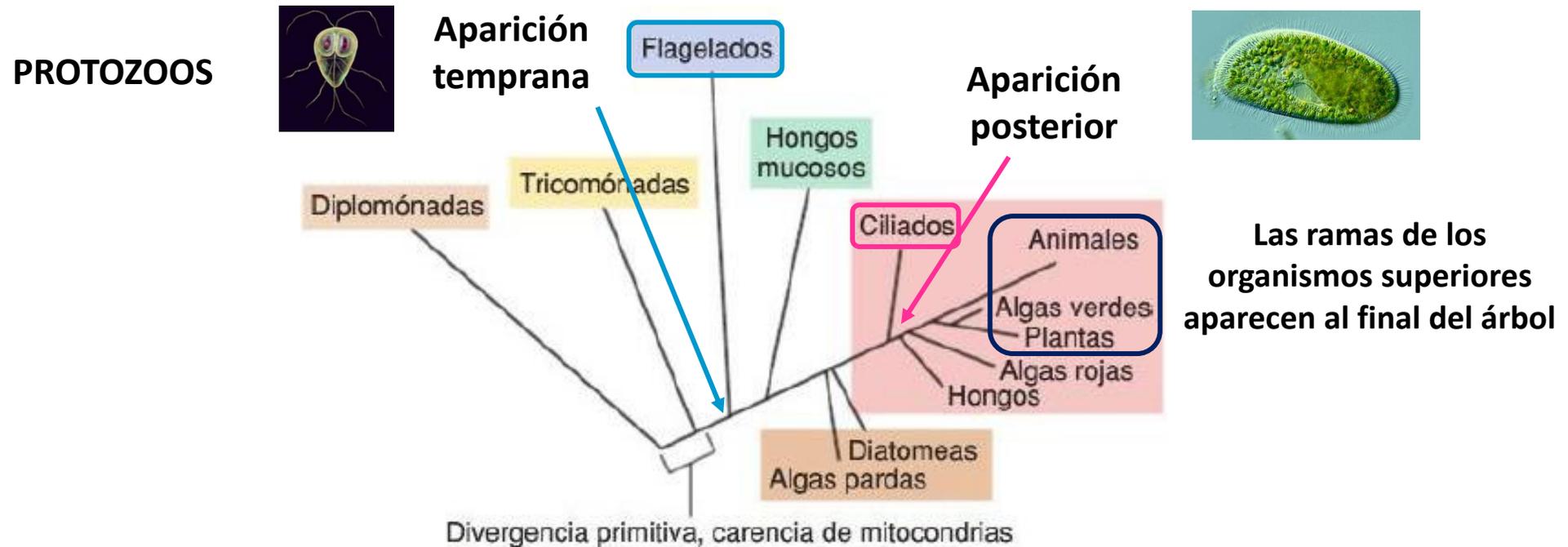
ENDOSIMBIOSIS



- ❖ Mediante secuenciación de ARNr, se ha demostrado que estos orgánulos derivan de antecesores específicos pertenecientes al dominio *Bacteria*.
- ❖ Las mitocondrias y los cloroplastos fueron células que vivían en estado libre y que establecieron una existencia intracelular dentro de células de *Eukarya* en tiempos primigenios.

- ❖ Algunas de las ramas más antiguas de *Eukarya* están formadas por eucariotas que son estructuralmente SENCILLOS y que CARECEN de MITOCONDRIAS y de OTROS ORGÁNULOS importantes.
- ❖ Por Ej. *Giardia* parece ser descendiente actual de células EUCARIÓTICAS PRIMITIVAS que NO REALIZARON ENDOSIMBIOSIS o que por otro motivo PERDIERON EL MICROORGANISMO ACOMPAÑANTE a lo largo de la evolución.
- ❖ La mayoría de estos EUCARIOTAS PRIMITIVOS son INCAPACES DE VIVIR EN ESTADO LIBRE e INDEPENDIENTE y PARASITAN al hombre y a otros animales.

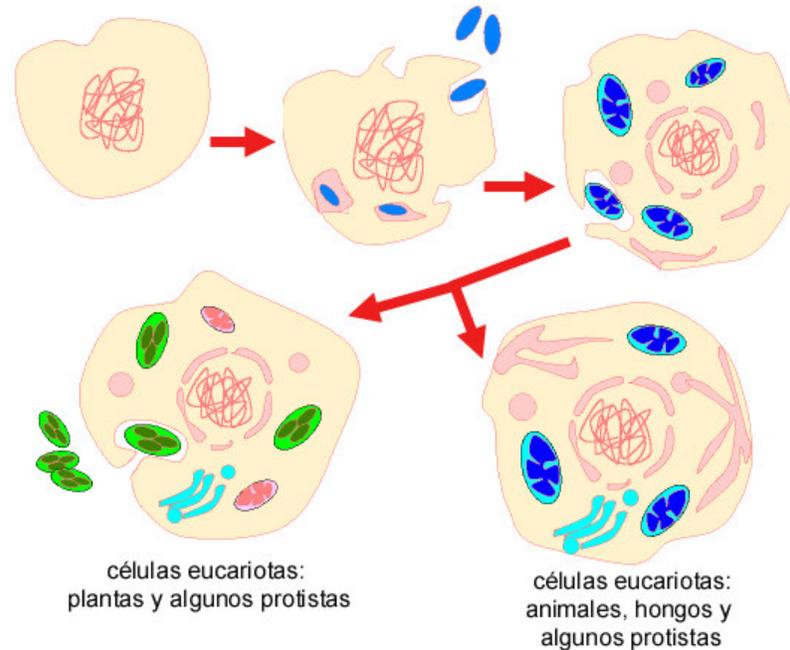
Árbol filogenético de Eucariotas



MITOCONDRIAS Y CLOROPLASTOS SON SIMILARES A LAS BACTERIAS



- ❖ Se reproducen por división; poseen su propio ADN; poseen ARNr semejantes a los de las bacterias.
- ❖ La incorporación intracelular de estos organismos procarióticos a la primitiva célula URCARIOTA, le proporcionó 2 características fundamentales de las que carecía: la capacidad de un METABOLISMO OXIDATIVO AEROBIO; y la posibilidad de realizar la FOTOSÍNTESIS.
- ❖ La célula primitiva le proporcionaba a las procariotas simbiotas un entorno seguro.
- ❖ La endosimbiosis es altamente ventajosa para los organismo implicados



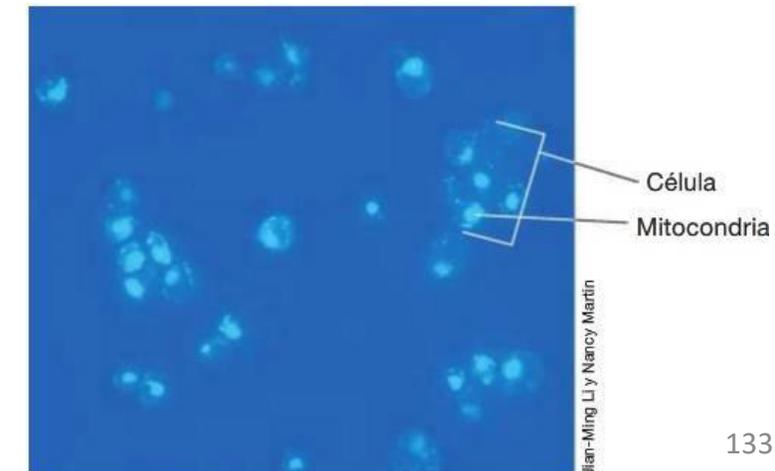
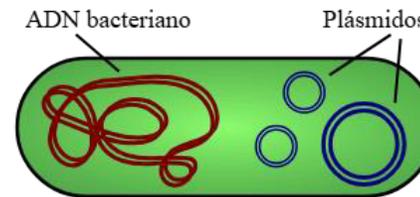
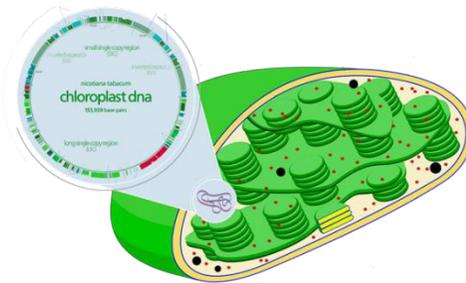
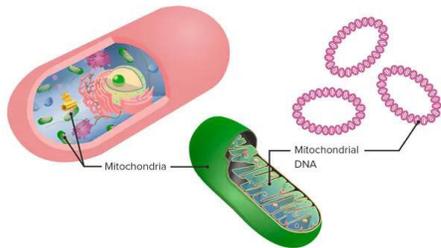
Plantas, musgos, algas, protistas

Animales, hongos, protistas

PRUEBAS MOLECULARES QUE APOYAN LA ENDOSIMBIOSIS



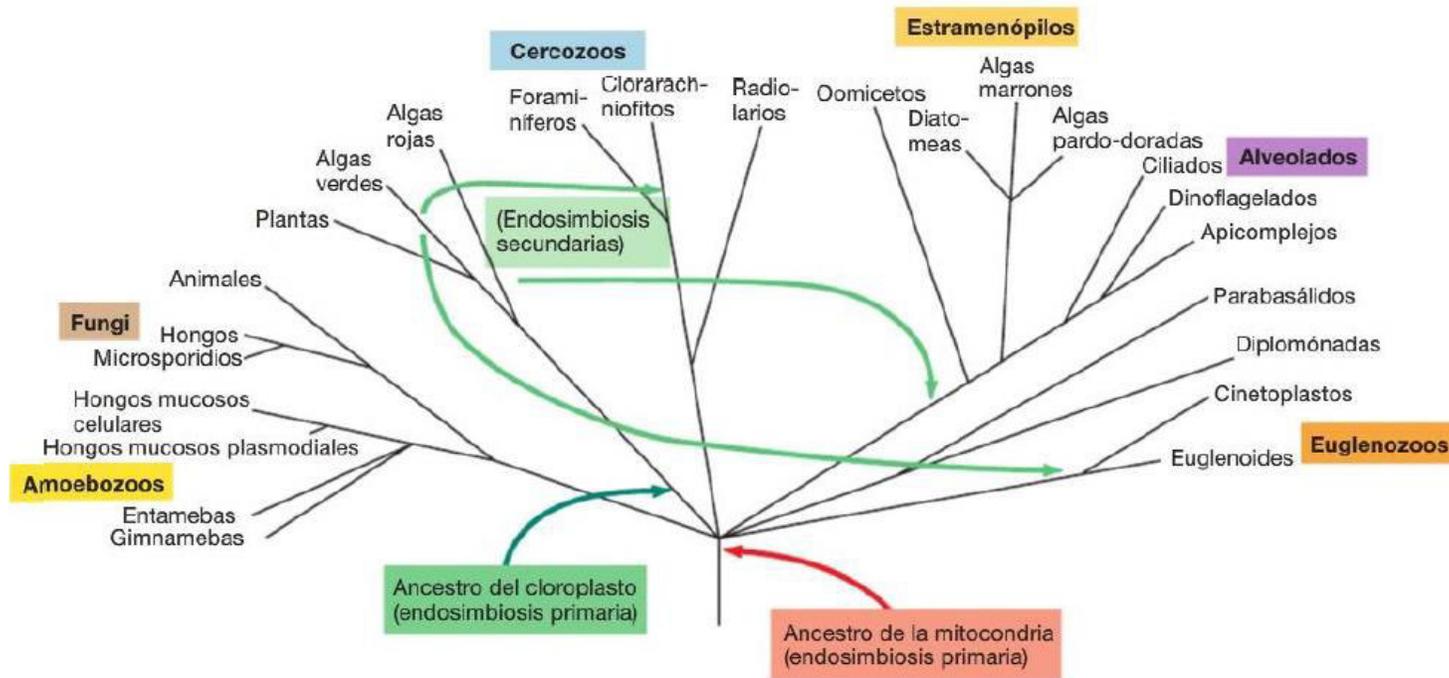
- ❖ La mitocondria y el cloroplasto contienen ADN, compuesto por moléculas CIRCULARES de ADN covalentemente cerradas, parecidas a las de bacterias.
- ❖ Aunque la mayoría de las FUNCIONES de la mitocondria y del cloroplasto están CODIFICADAS en el NÚCLEO, algunos de sus componentes están codificados por un pequeño GENOMA que se encuentra DENTRO de dichos orgánulos.
- ❖ Contienen ARNr, ARNt y los genes que codifican algunas proteínas de la cadena respiratoria (en la mitocondria) y del aparato fotosintético (en el cloroplasto).
- ❖ Las células eucariotas NO FOTÓTROFAS son quimeras genéticas que contienen ADN de 2 orígenes diferentes, *i)* el endosimbionte (que dio lugar a la mitocondria) y *ii)* su hospedador (el núcleo).
- ❖ Los eucariotas FOTÓTROFOS contienen ADN procedente de 3 orígenes diferentes, *i)* el endosimbionte que dio lugar a la mitocondria, *ii)* el que dio lugar al cloroplasto y *iii)* su célula hospedadora o sea el núcleo.



DIVERSIDAD DE LOS MICROORGANISMOS EUCARIOTAS

Protistas, hongos y algas unicelulares rojas y verdes

ÁRBOL FILOGENÉTICO DE *EUKARYA*



basado en la secuencia de varios genes y proteínas

- ❖ Muestra las relaciones entre los grandes grupos de organismos eucariotas.
- ❖ Las flechas gruesas indican endosimbiosis 1ra para la adquisición de la mitocondria (rojo) y del cloroplasto (verde).
- ❖ Las flechas finas indican eventos de endosimbiosis 2ra en la adquisición por varios protistas, de cloroplastos a partir de algas rojas y verdes.



GRACIAS



POR SU ATENCION