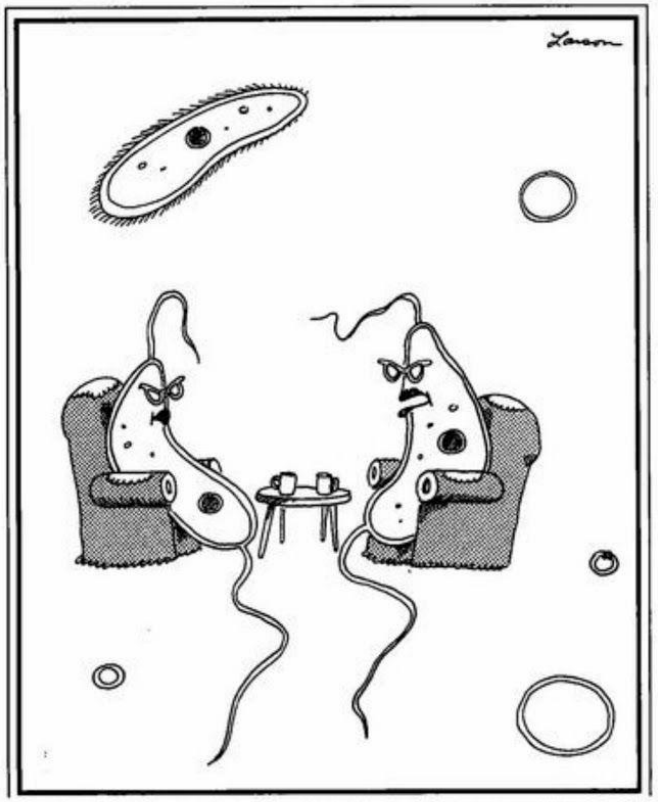
Colegio de
San Francisco de Paula

BLOQUE 4. MICROBIOLOGÍA Y BIOTECNOLOGÍA

4.2 Bacterias



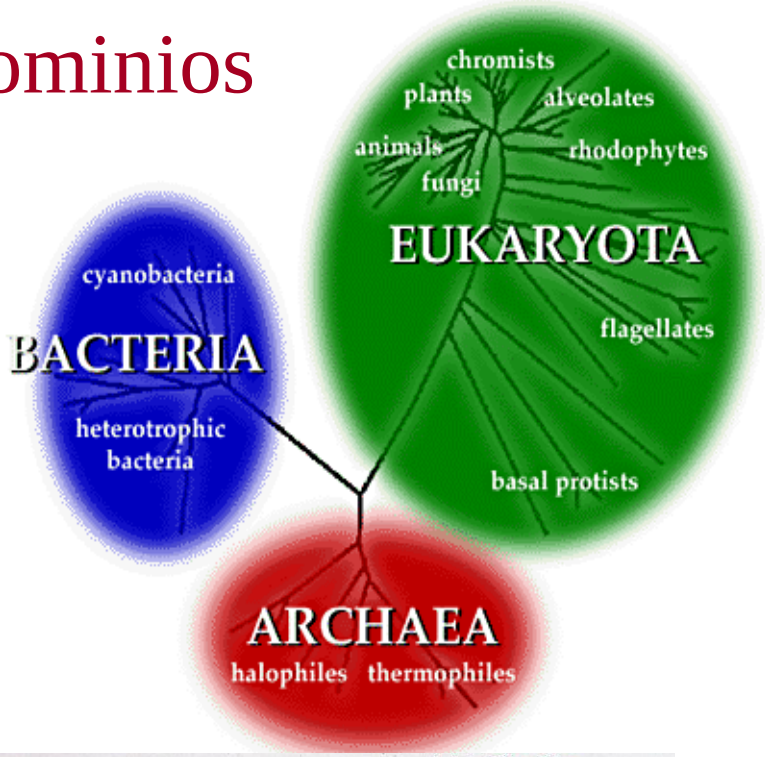
"He told you *that*? Well, he's pulling your flagellum, Nancy."

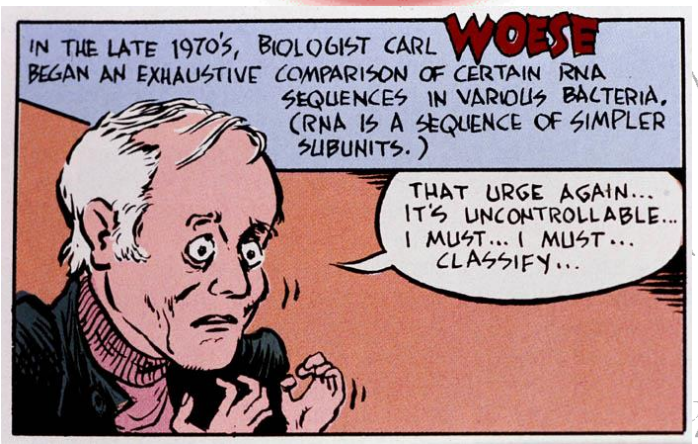
Germán Tenorio
Biología 12º

Idea Fundamental: Los microorganismos son un grupo heterogéneos de seres vivos que se caracterizan por su tamaño microscópico.

Los tres dominios

- Otro científico, **Carl Woese**, intentó 30 años más tarde mejorar la precisión del sistema de clasificación a partir de los nuevos conocimientos obtenidos de la biología molecular.
- Observó que dentro de los propios procariotas existían **grandes diferencias en su ARNr 16S**, y que estas diferencias eran tan grandes como las existentes entre procariotas y eucariotas.
- Woese dividió entonces los procariotas en dos grupos, **Eubacteria** y **Archaea**, pasando a tener el nuevo modelo de clasificación de los seres vivos 3 dominios: Eukarya, Eubacteria y Archaea.





Resumen características de los tres dominios

Característica	Eubacteria	Archaea	Eukarya
ADN cromosómico	Circular doble cadena	Circular doble cadena	Lineal doble cadena
Histonas asociadas al ADN	Ausente	Proteínas parecidas a histonas	Presente
ARN polimerasa	Una clase	Varias clases	Varias clases
Intrones	Ausente	En algunos ADN	Presente
Tamaño ribosoma	70S	70S	80S
Estructura lípidos membrana celular	Sin ramificar con presencia de enlace éster	Algunos ramificados con enlace éter	Sin ramificar con presencia de enlace éster
Peptidoglucano en la pared celular	Presente	Ausente	Ausente
Señal comienzo síntesis proteínas	Formilmetionina	Metionina	Metionina
Orgánulos membranosos	Ausente	Ausente	Presente
Membrana nuclear	No	No	Sí (doble)

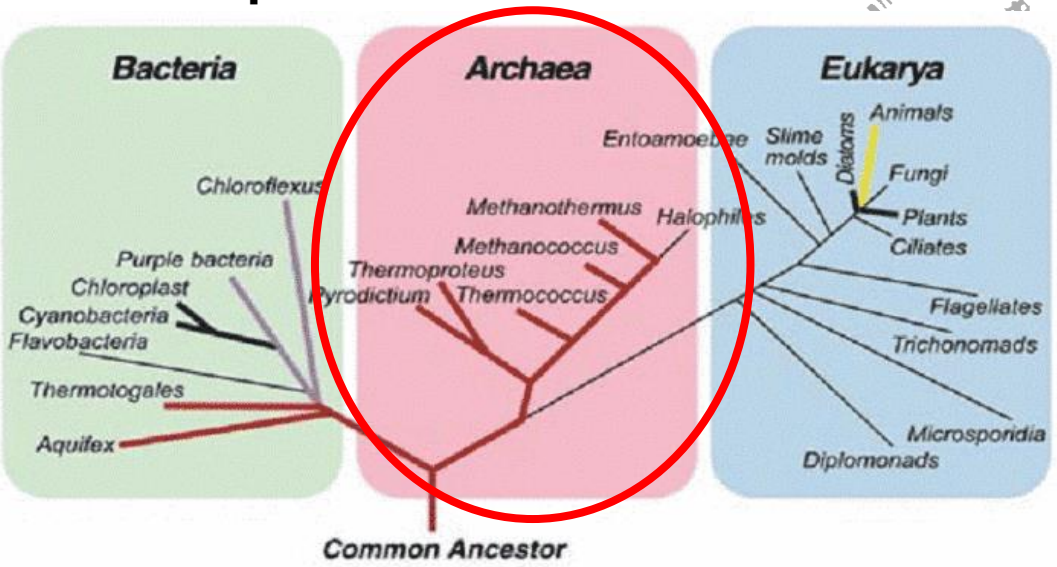
Diversidad de hábitats del dominio Archaea

- Las bacterias pertenecientes al dominio Archaea se caracterizan por vivir en **ambientes extremos (bacterias extremófilas)**, donde las temperaturas son extremas, hay carencia de oxígeno o por ejemplo, la concentración salina es muy alta.
- Algunos científicos han teorizado que estas condiciones extremas son similares a las condiciones encontradas en la Tierra primitiva, por lo que estos organismos pueden ser descendientes de bacterias que vivieron bajo estas condiciones primitivas.
- Hay **tres grupos principales de arqueobacterias**:

  - Metanógenas.

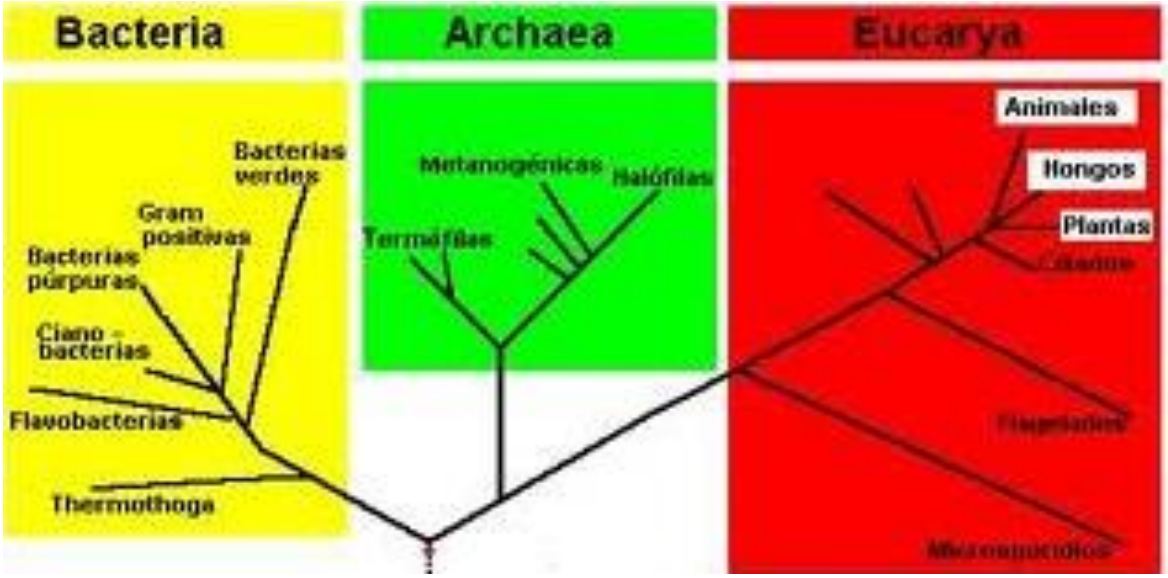
  - Termófilas.

  - Halófilas.



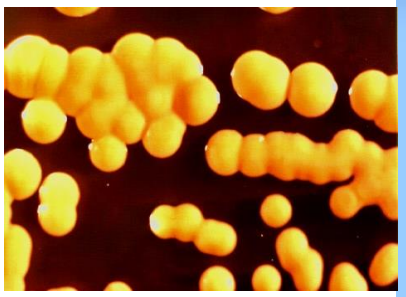
Diversidad del dominio Eubacteria

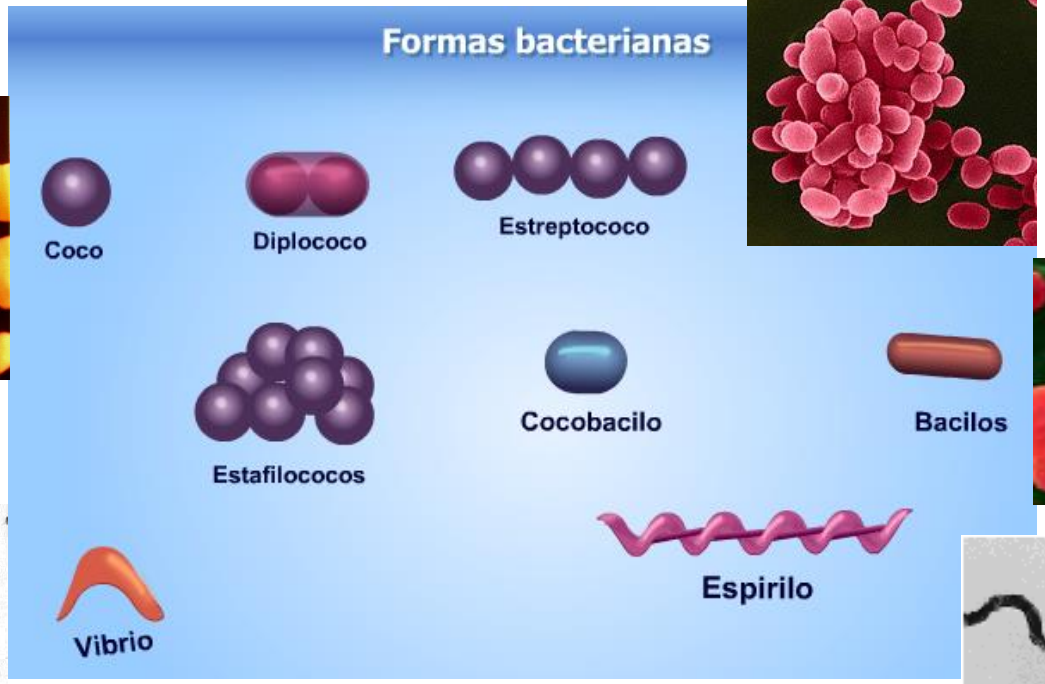
- Grupo muy amplio de bacterias que, debido a su gran variedad genética, participan en gran cantidad de actividades, desde patógenos hasta la producción de yogur, pasando por el reciclado de nutrientes en el suelo.
- La **gran diversidad de este grupo**, se pone de manifiesto principalmente a nivel estructural y metabólico, encontrándose prácticamente en todos los hábitats existentes en la Tierra.

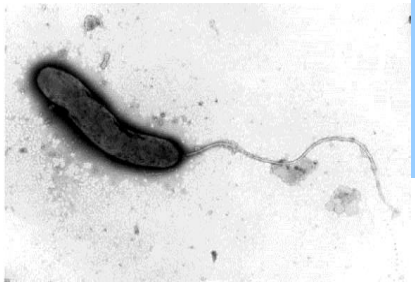


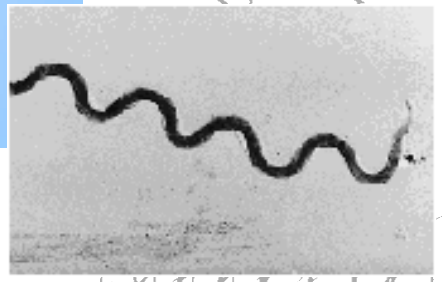
Diversidad del dominio Eubacteria

- A **nivel estructural**, las eubacterias presentan cinco tipos de morfologías principales, esféricos aislados o en grupo (cocos), alargados y cilíndricos (bacilos), bacilo ovalado (cocobacilos), helicoidales (espirilos), y cortos y curvados con forma de coma (vibrios).





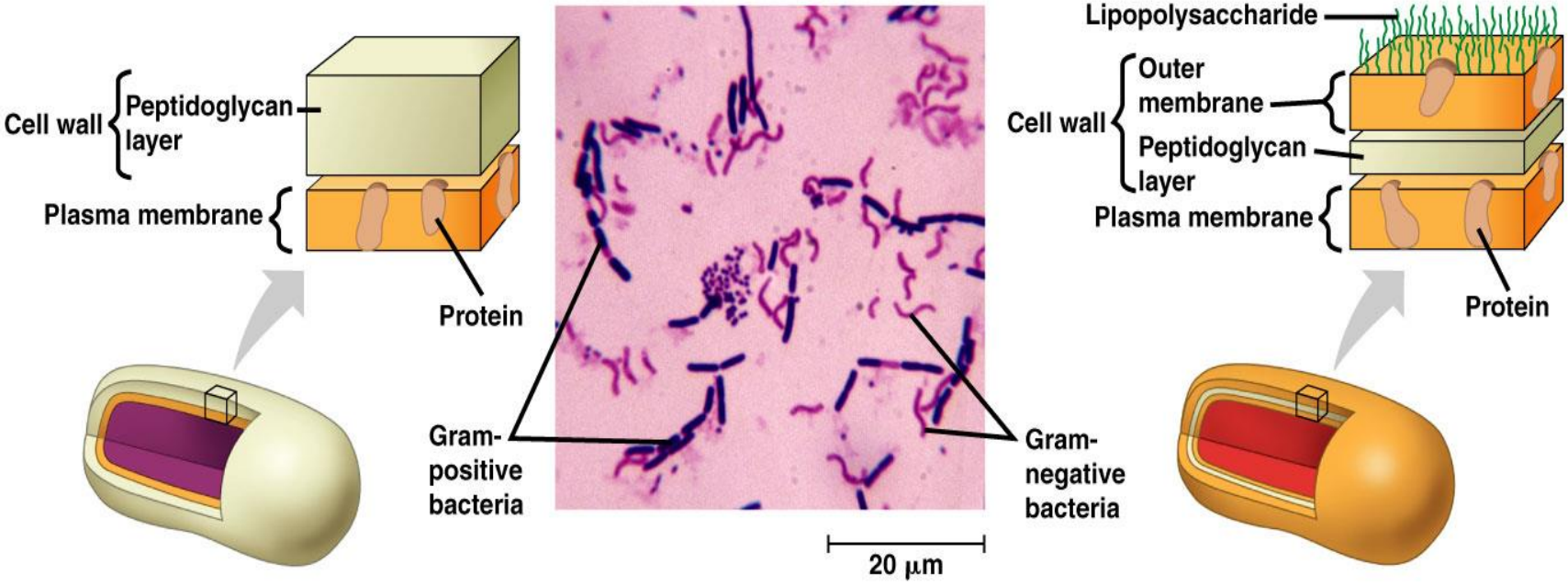




Web1

Diversidad del dominio Eubacteria

- Otro método usado en la identificación de las eubacterias, se basa en la estructura de su pared celular, pudiéndose distinguir dos grupos en función de la tinción ideada por el médico danés Hans Christian **Gram**: Gram + (púrpura) y Gram - (rosa).



(a) Gram-positive (b) Gram-negative

Copyright © 2005 Pearson Education, Inc. Publishing as Pearson Benjamin Cummings. All rights reserved.

Características estructurales del dominio bacteria

- Las bacterias verdaderas son microorganismos unicelulares procariotas, cuyo tamaño varía entre 1-10 micrómetros, adaptadas a vivir en cualquier ambiente y que **poseen todos los tipos de nutrición**: autótrofa (fotosintética y quimiosintética) y heterótrofas (saprófitas, simbióticas y parásitas).

- Esta diversidad las hace indispensables para el mantenimiento del equilibrio ecológico, al intervenir en los ciclos biogeoquímicos que reciclan la materia en la biosfera.

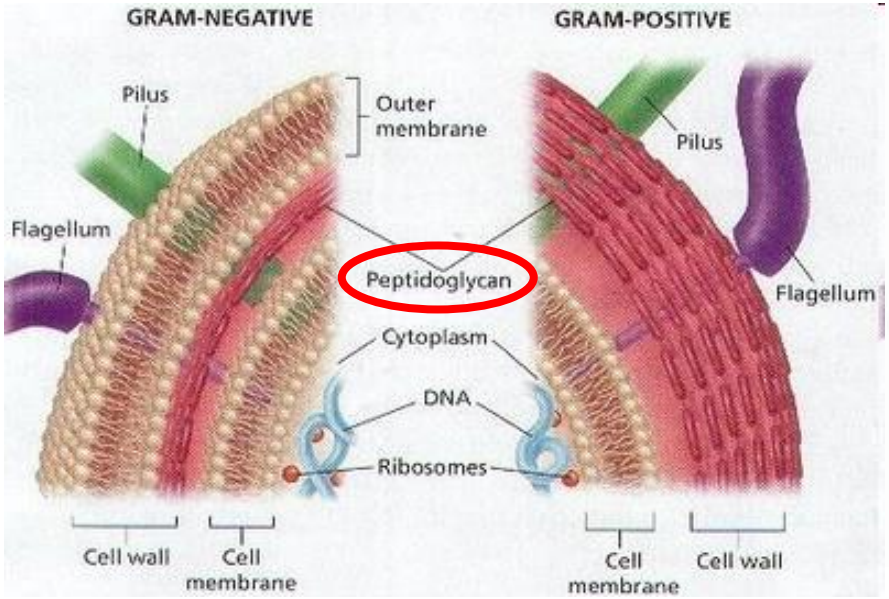
- La ultraestructura de las bacterias sólo es visible al microscopio electrónico, distinguiéndose hacia el interior:

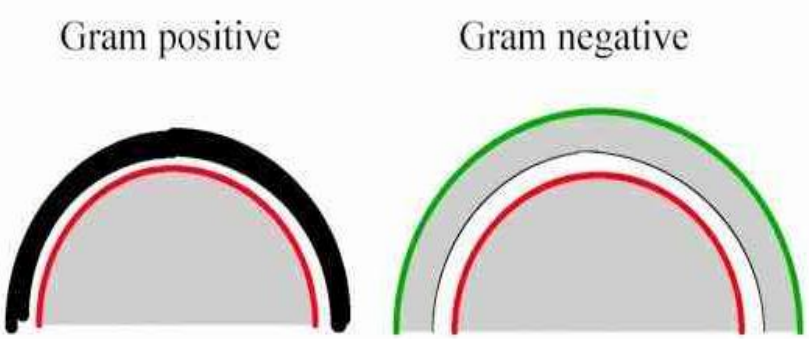
  - **Cápsula o glucocálix**: Capa viscosa formada por polisacáridos y sólo presente en algunas bacterias. Protege de la desecación, del ataque de los anticuerpos y virus, y de la fagocitosis por los leucocitos.

  - **Pared celular**: Responsable de la rigidez de la célula, la protege de una rotura osmótica en medios acuosos.

Estructura de la pared celular de las Eubacterias

- Las bacterias Gram - tienen una pared celular mucho más compleja que las Gram +.
- El peptidoglucano es un polímero tipo heterósido formado de azúcares unidos a polipéptidos que actúa como una gigante red molecular protectora.
- La diferencia entre ambos tipos de bacterias es la cantidad de peptidoglicano, teniendo las Gram + mayor cantidad (80-90% de la pared) de peptidoglucano que las Gram - (20-10% de la pared).

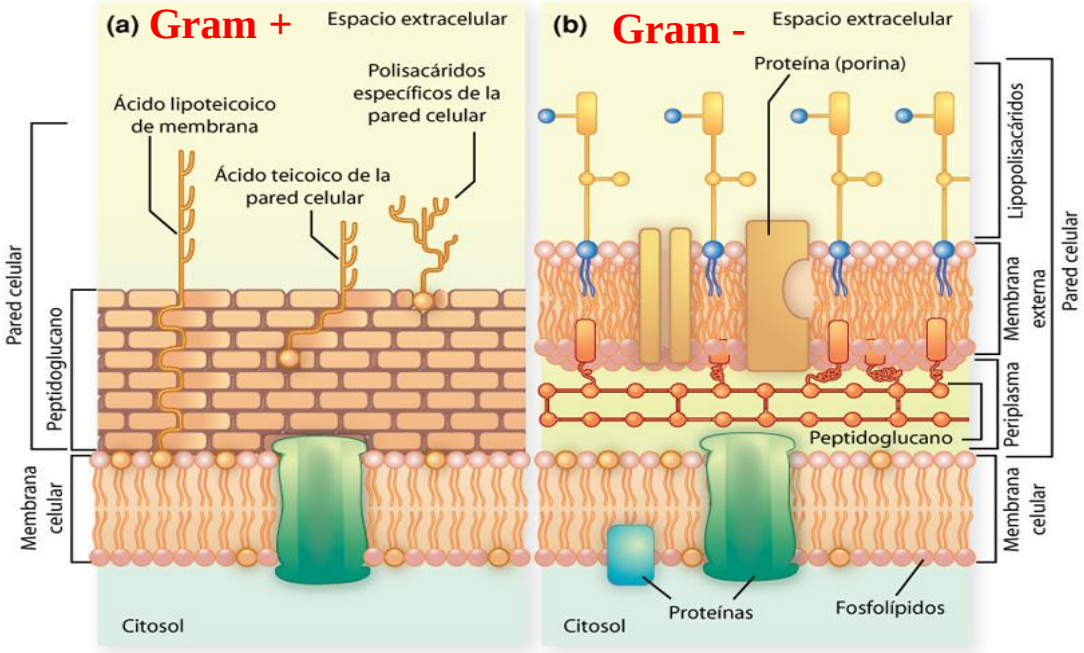




Red: cell membrane
Black: peptidoglycan
Green: Outer membrane

Estructura de la pared celular de las Eubacterias

- Las bacterias Gram + tienen una pared celular formada únicamente por una gran cantidad de peptidoglucano.
- Las bacterias Gram - tienen una pared celular formada por una delgada capa de peptidoglucano que limita a ambos lados con una bicapa lipídica. Por la parte interior limita con la membrana plasmática, y por la exterior con una <u>membrana externa</u> con lipopolisacáridos (exclusivas de bacterias) responsables de la resistencia a bactericidas.



- El espacio entre ambas membranas y donde se localiza el peptidoglucano se denomina periplasma.
- ¿Contra qué tipo de bacteria son más eficaces los antibióticos?

Comparación estructura pared celular Eubacterias

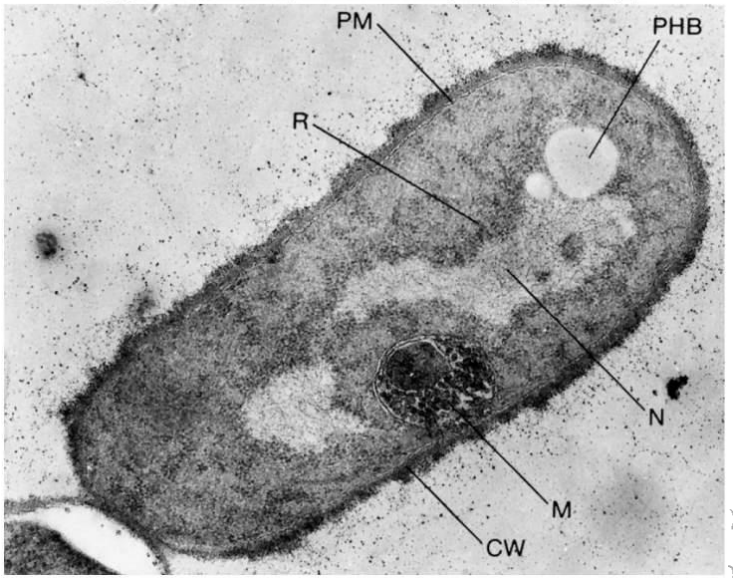
Pared celular	Bacteria Gram +	Bacteria Gram -
Estructura	Simple	Compleja
Cantidad de peptidoglucano	Mucha	Poca
Localización peptidoglucano	Exterior de la membrana celular	Entre membrana celular y membrana externa
Membrana externa	Ausente	Presente con polisacáridos unidos

Características estructurales del dominio bacteria

- **Membrana plasmática**: Al igual que la de células eucariotas, está formada por una bicapa lipídica, pero a diferencia de las eucariotas, carece de esteroles.

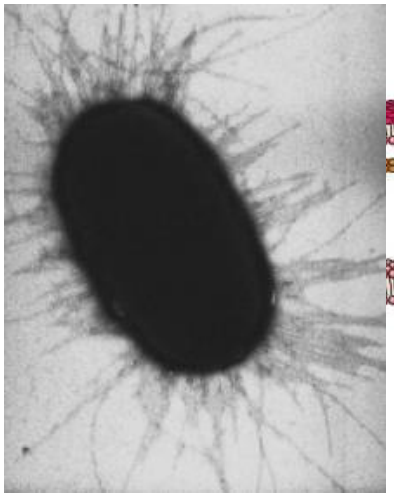
- **Mesosomas**: Son invaginaciones de la membrana, es decir, zonas donde la membrana se repliega aumentando su superficie, lo que permite una mayor actividad metabólica. En ellos se localizan sistemas enzimáticos responsables de la formación de la pared, replicación y distribución del ADN durante la división celular, enzimas fotosintéticas en las cianobacterias, etc.

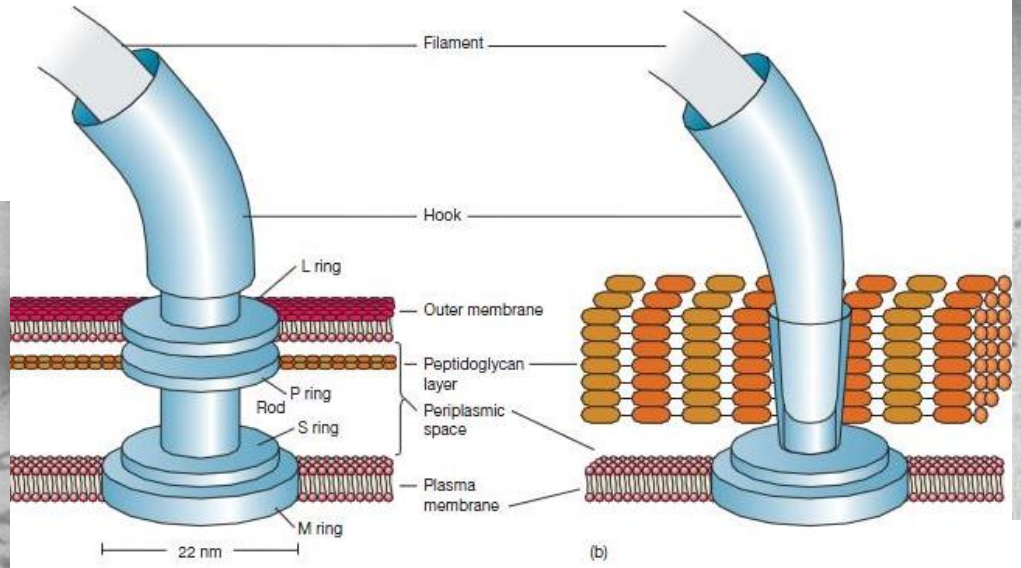
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

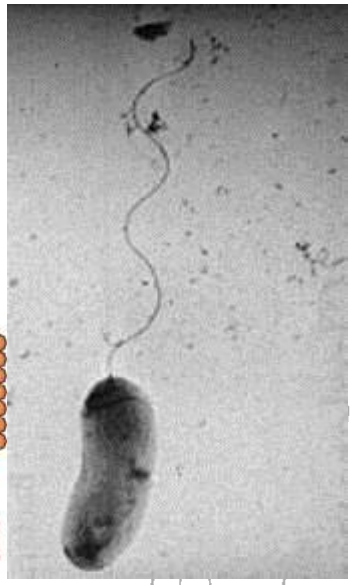


Características estructurales del dominio bacteria

- **Flagelos**: Apéndice largos y finos que realizan un movimiento de rotación para permitir el desplazamiento de la bacteria por el medio. Están formados por muchas unidades de la proteína **flagelina**, que en la base se anclan al citoplasma mediante un ensanchamiento llamado **corpúsculo basal**.

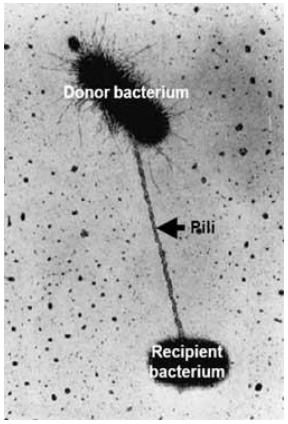






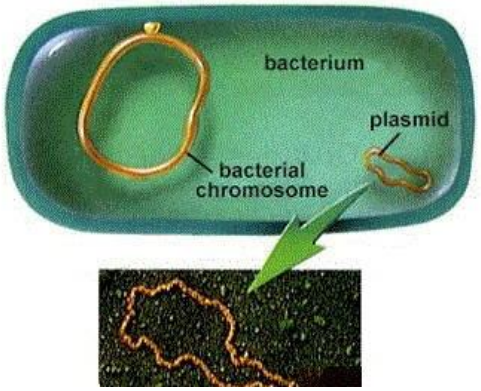
- **Fimbrias**: Filamentos proteicos más cortos y numerosos que los flagelos y que no intervienen en el movimiento, sino que favorecen la adherencia a otras células o superficies.

Características estructurales del dominio bacteria



- **Pili**: Apéndices huecos semejantes a las fimbrias, pero más anchos y largos que intervienen en el intercambio de ADN durante la conjugación.

- **Citoplasma**: Matriz compuesta de agua (70%) y proteínas en la que ocurren la mayor parte de las reacciones vitales. Carece de orgánulos limitados por mebrana, pero contiene:



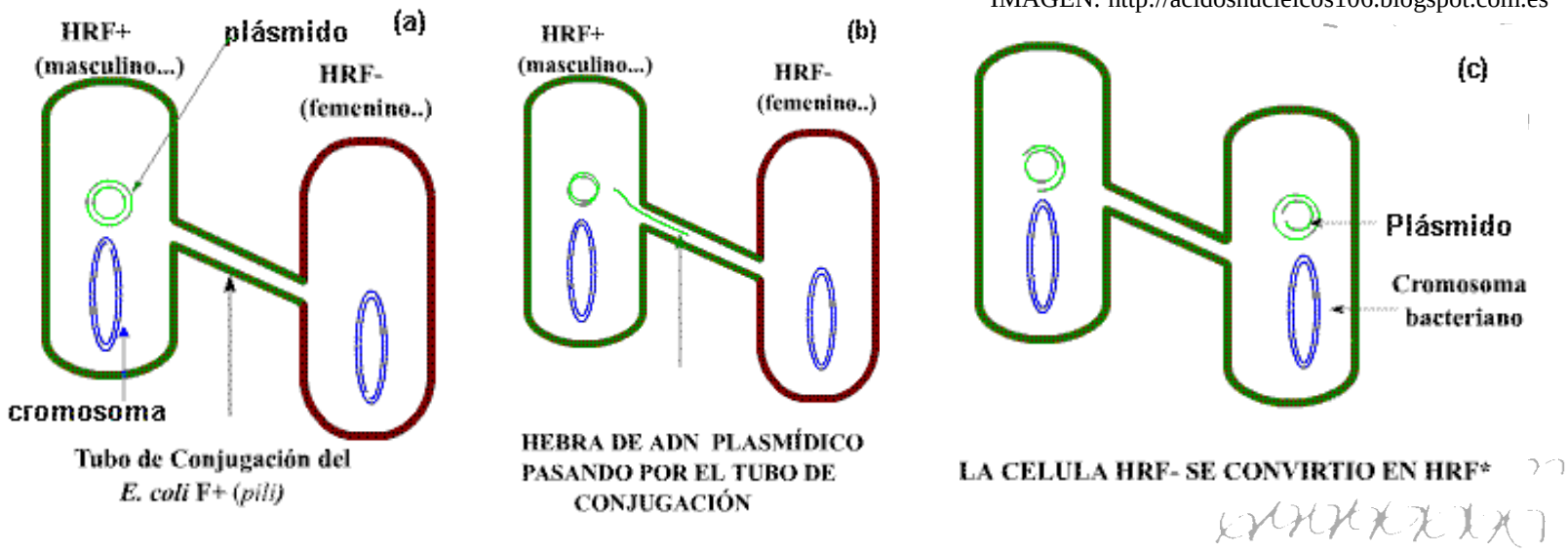
* **Nucleoide**: Zona que contiene el cromosoma bacteriano, constituido por una molécula circular de ácido nucleico de doble cadena.

* **Plásmidos**: ADN circular portador de genes no esenciales, como la resistencia a antibióticos. Se replican independientemente del cromosoma bacteriano. No todas las bacterias lo poseen.

Características estructurales del dominio bacteria

- Los plásmidos pueden ser, según el tipo de genes que transportan:
  - **Episomas**. Se pueden integrar reversiblemente en el cromosoma bacteriano. Se replican con él.
  - **Conjugativos.** Tienen genes que codifican pili sexuales que les permiten transferir copias de sí mismo a otras bacterias por conjugación. A veces, entre bacterias de distintas especies. El **factor R** es un plásmido conjugativo que confiere a la bacteria resistencia a antibióticos. Algunos plásmidos conjugativos son también episomas, como el **factor F**.
  - **No conjugativos**. No pueden ser transferidos por conjugación.

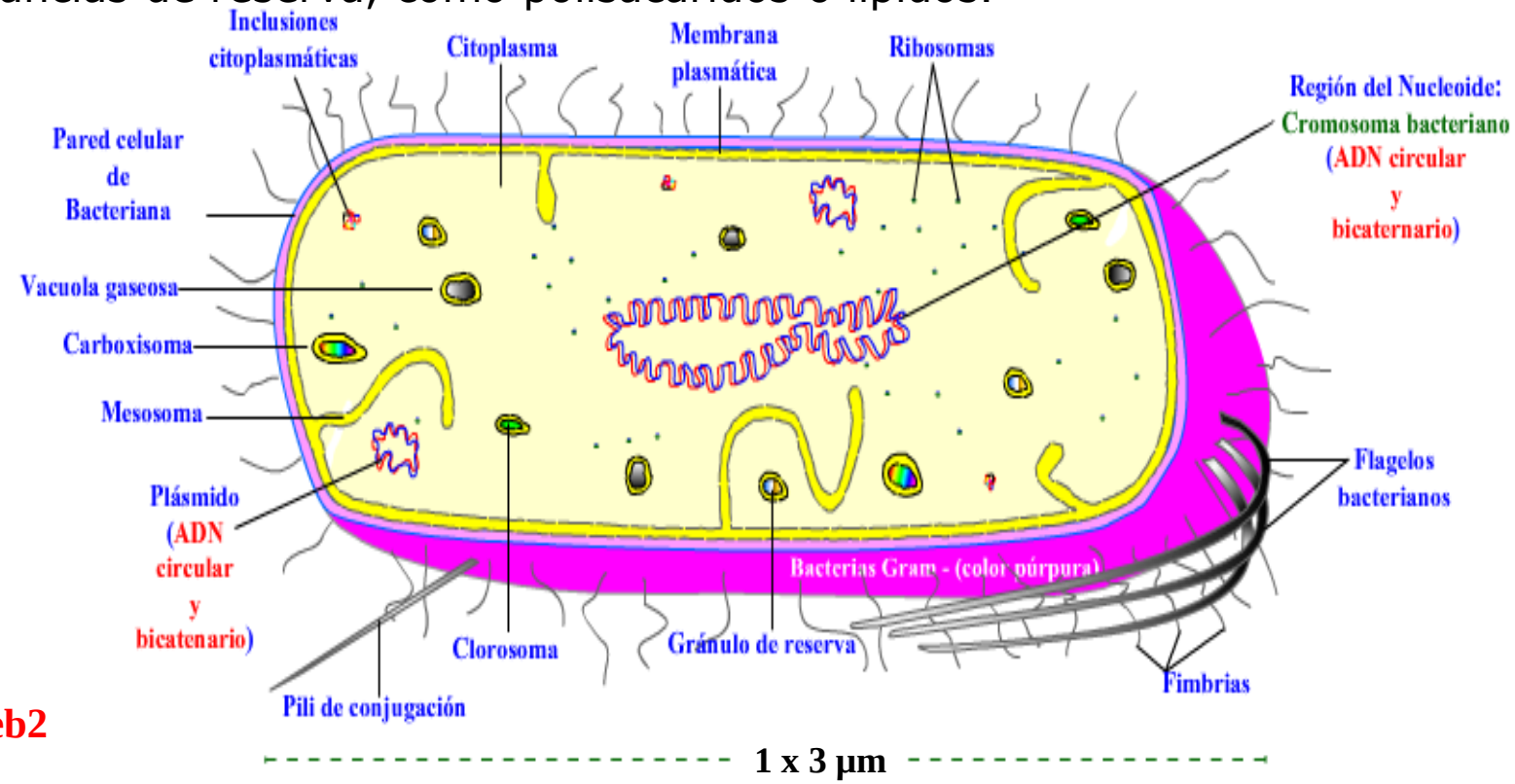
IMAGEN: http://acidosnucleicos106.blogspot.com.es



Estructura de *Escherichia coli*

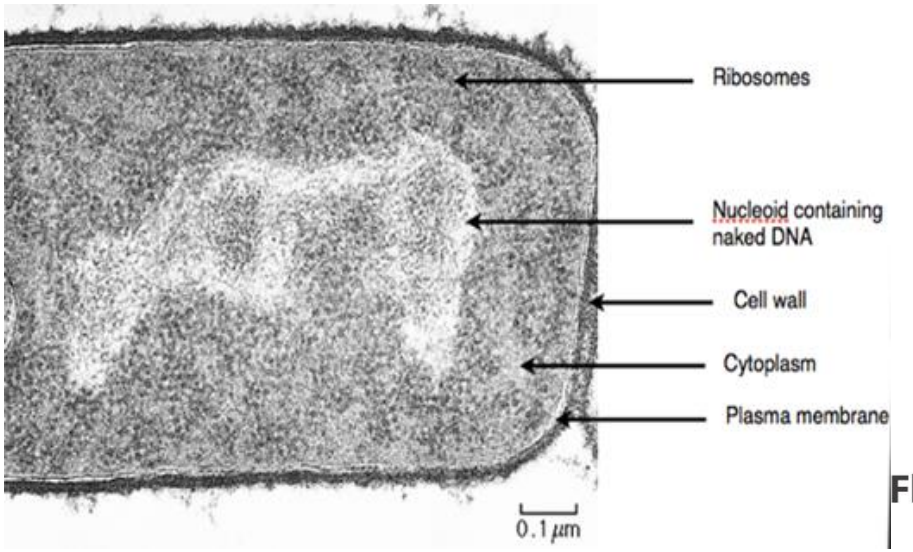
* **Ribosomas**: Pequeños orgánulos formados por dos subunidades (70S = 30S + 50S) responsables de la síntesis de proteínas.

* **Inclusiones**: Gran variedad de gránulos que son depósitos de sustancias de reserva, como polisacáridos o lípidos.



Web2

Micrografía electrónica de *Escherichia coli*



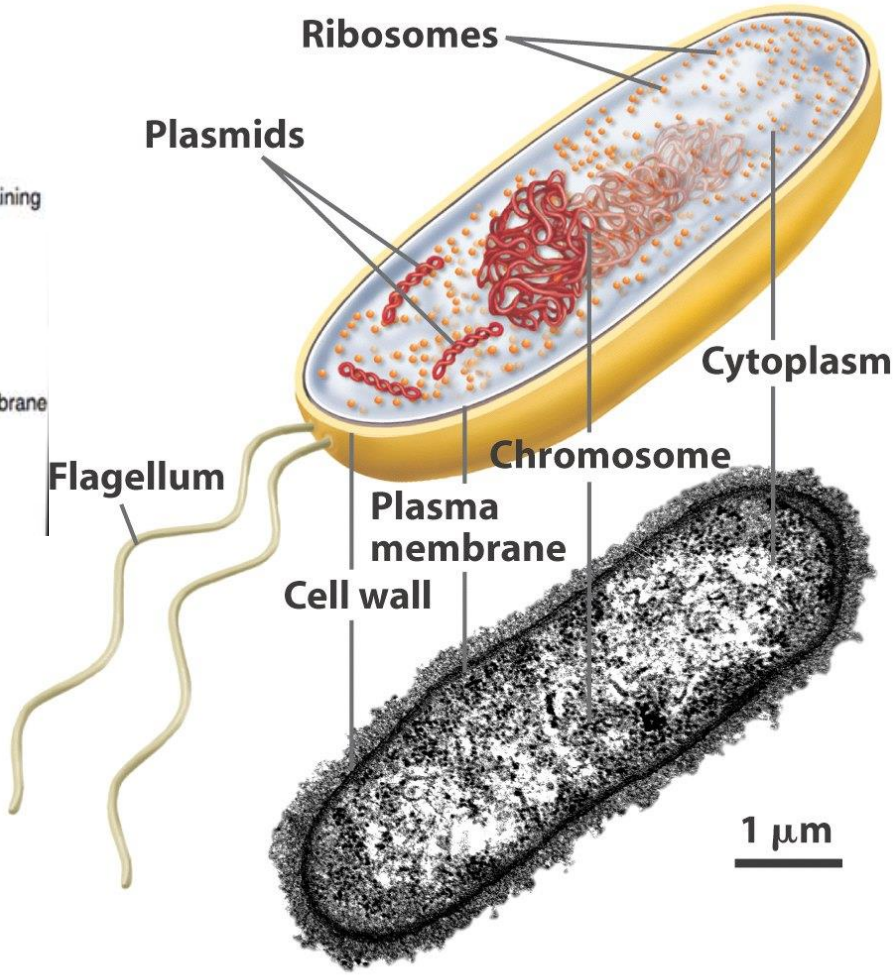
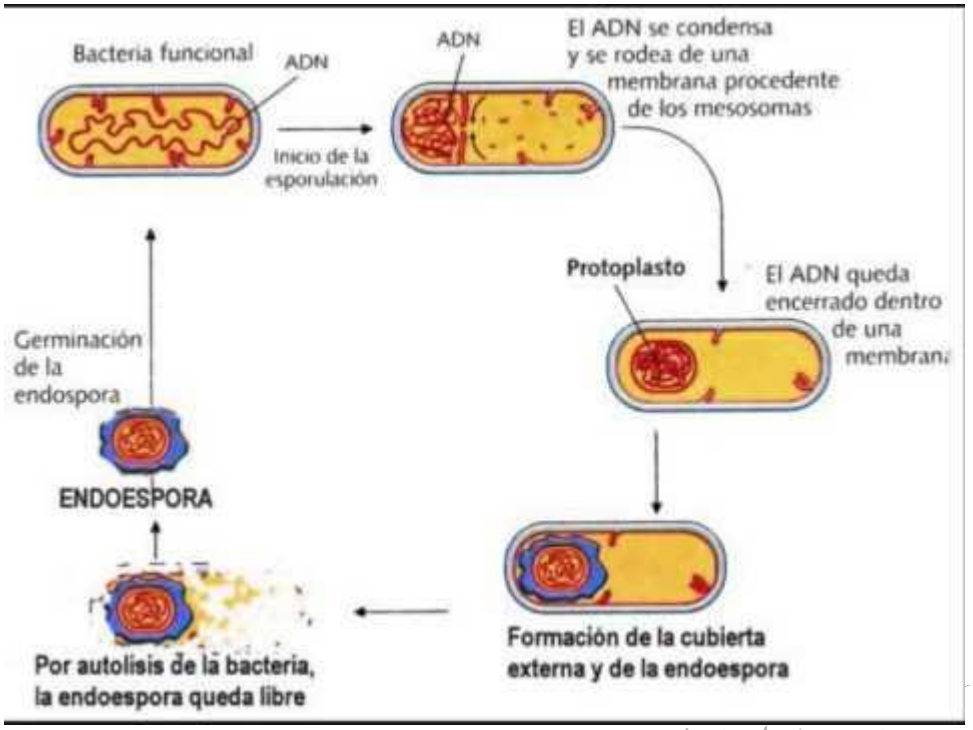


Figure 7-1 Biological Science, 2/e

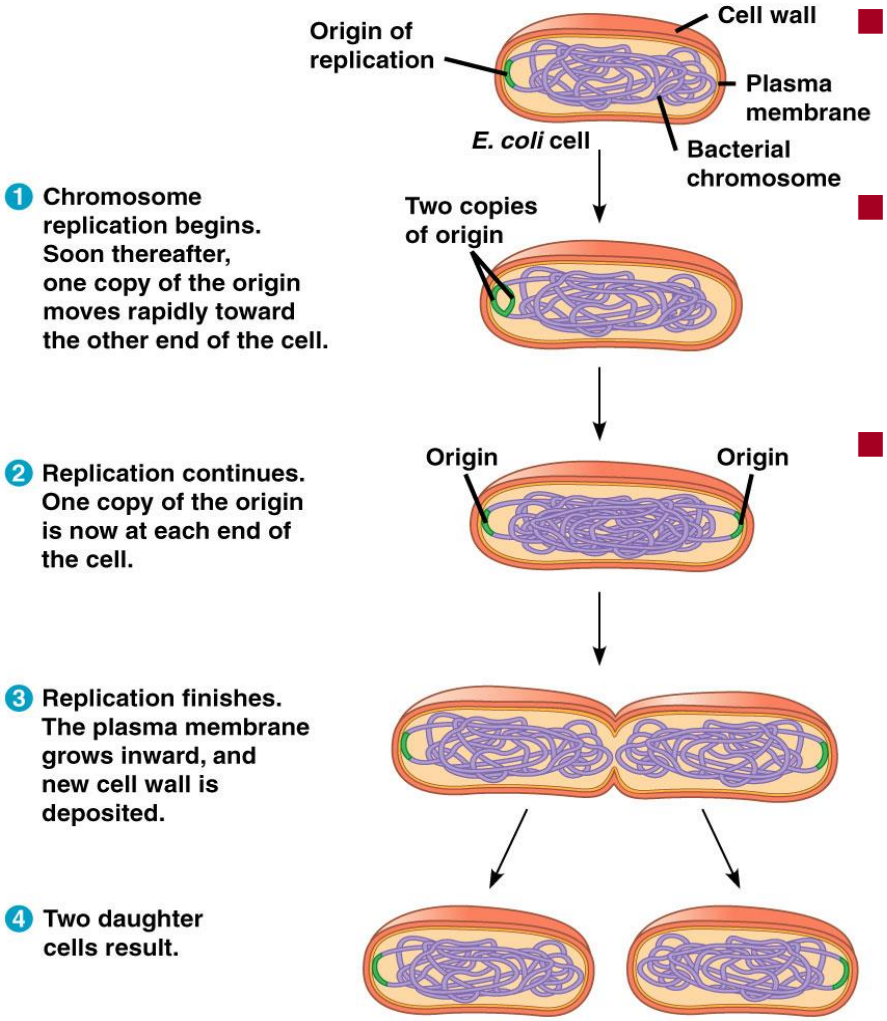
© 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

Función de relación del dominio bacteria

- Las bacterias responden a gran cantidad de estímulos ambientales mediante modificaciones de su actividad metabólica o de su comportamiento. Como muchas bacterias son móviles (flagelos), la respuesta más generalizada a los estímulos es el **movimiento**, llamado **taxia** (sobre todo quimiotaxias, respondiendo a sustancias químicas o fototaxias, a la luz).
- Ciertas bacterias (Gram +), ante estímulos adversos, forman unas estructuras de resistencia denominadas **esporas** -al ser intracelulares, **endosporas**-. Su actividad metabólica se reduce al estado de **vida latente**. Pueden resistir altas temperaturas (hasta 80ºC) y ciertos agentes físicos o químicos. En condiciones favorables **germinan** y dan lugar a una nueva bacteria.

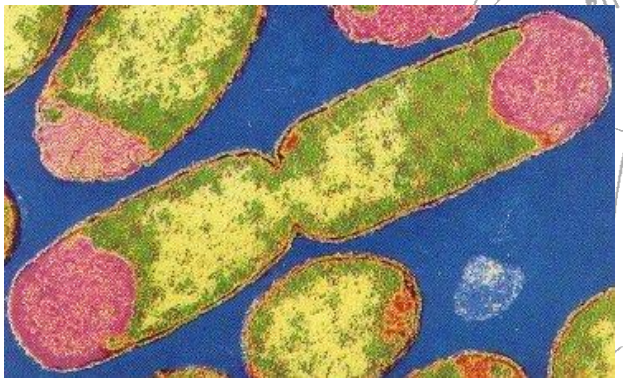


Función de reproducción del dominio bacteria



Copyright © 2005 Pearson Education, Inc. Publishing as Pearson Benjamin Cummings. All rights reserved.

- Se reproducen asexualmente por **bipartición o fisión binaria**, que ocurre tras la replicación del ADN.
- La membrana plasmática se invagina y la pared bacteriana crece hasta formar un tabique transversal que divide a las dos bacterias.
- En condiciones normales pueden dividirse cada 20 minutos, lo que les permite adaptárse rápidamente a cambios en el ambiente.



Función de reproducción del dominio bacteria

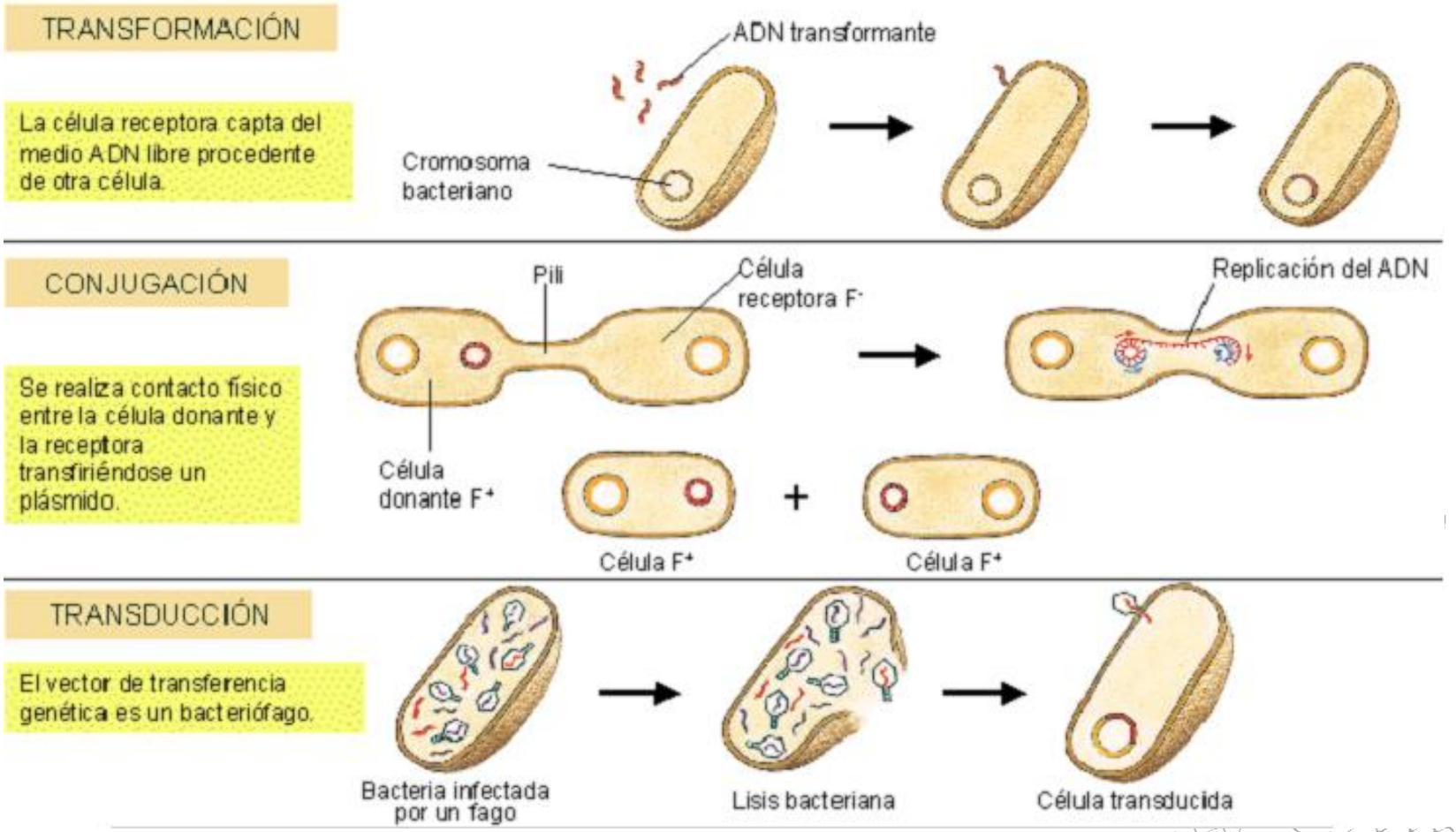
- Además, las bacterias presentan **mecanismos parasexuales** de intercambio de ADN que no implican aumento del número de individuos:

  - **Transformación**: Se transfiere un fragmento de ADN libre procedente de una bacteria donadora hasta la receptora. **No es necesario el contacto** entre ambas.

  - **Conjugación**: Se transfieren plásmidos conjugativos **a través de pili** sexuales. Se requiere contacto.

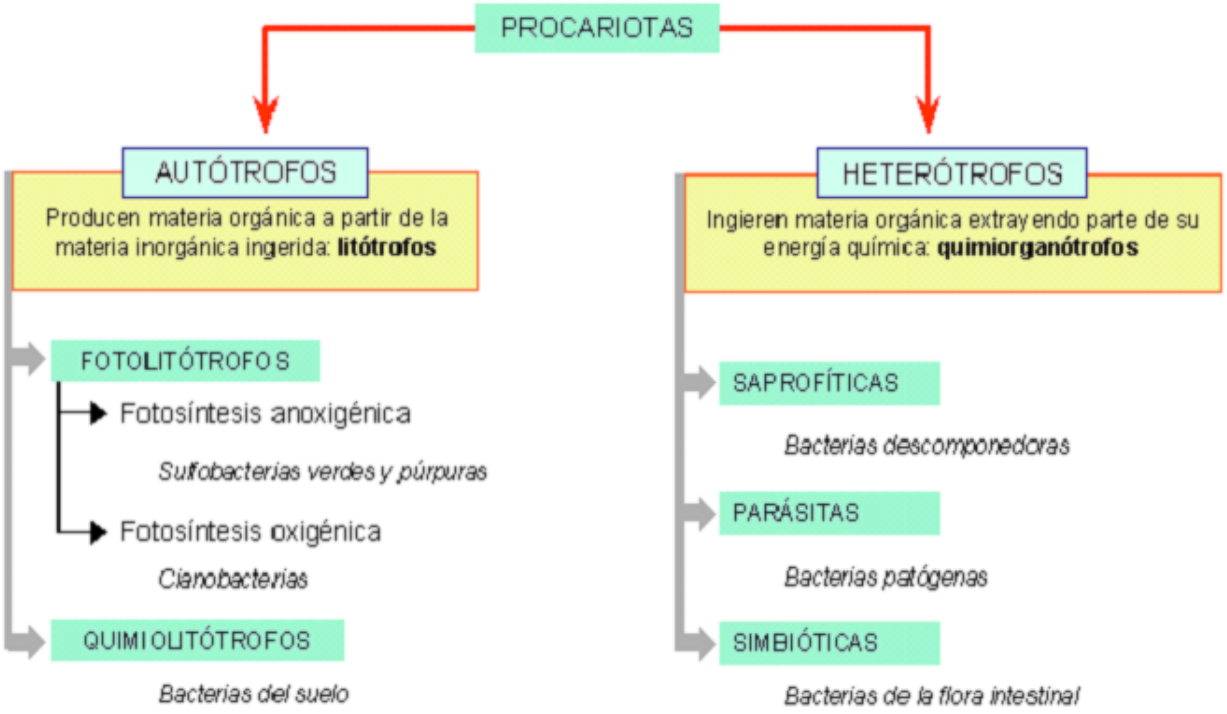
  - **Transducción**: Se transfieren fragmentos de ADN desde la bacteria donadora a la receptora **a través de un virus lisogénico**.

Función de reproducción del dominio bacteria



Función de nutrición del dominio bacteria

- La diversidad del dominio Eubacteria también se pone de manifiesto observando la amplia diversidad nutricional que presentan.



- Independientemente del tipo de nutrición, las bacterias pueden necesitar O_2 (bacterias aerobias) o no (anaerobias). Para algunas bacterias el O_2 es letal (anaerobias estrictas), mientras que otras lo utilizan cuando está presente, aunque pueden vivir sin él (anaerobias facultativas).

Tipos de nutrición bacteriana

- Las bacterias, grupo muy heterogéneo, pueden colonizar todos los ambientes, ya que **presentan todos los tipos de metabolismo conocido**, y algunas son capaces de cambiar de metabolismo en función del tipo de nutrientes que encuentran en el medio.

- La bacterias se pueden clasificar en función de:

  - Si la **fuente de energía** es la de la luz (fotótrofas) o la de compuestos químicos (quimiótrofas).

  - Si la **fuente de carbono** son moléculas inorgánicas como el CO_2 (autótrofas) o moléculas orgánicas sencillas (heterótrofas).

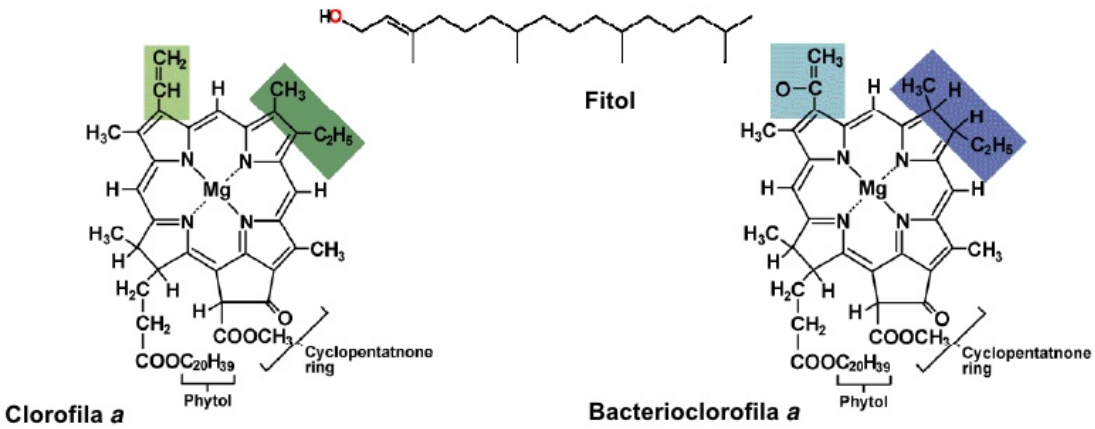
  - Si la **fuente de protones y electrones** son moléculas inorgánicas simples (litótrofos) o moléculas orgánicas complejas (organótrofos).

Tipos de nutrición bacteriana

Fotolitotrofofas

- Las **bacterias fotosintéticas** utilizan la luz como fuente de energía para generar ATP y el CO_2 atmosférico como fuente de carbono para producir compuestos orgánicos.
- Algunas realizan la fotosíntesis anoxigénica (los electrones no proceden del agua, por lo que no liberan oxígeno). Presentan **cromatóforos**, vesículas que contienen **bacterioclorofila**. Ejemplos: bacterias rojas y verdes.
- Las cianobacterias hacen la fotosíntesis oxigénica y poseen clorofila.

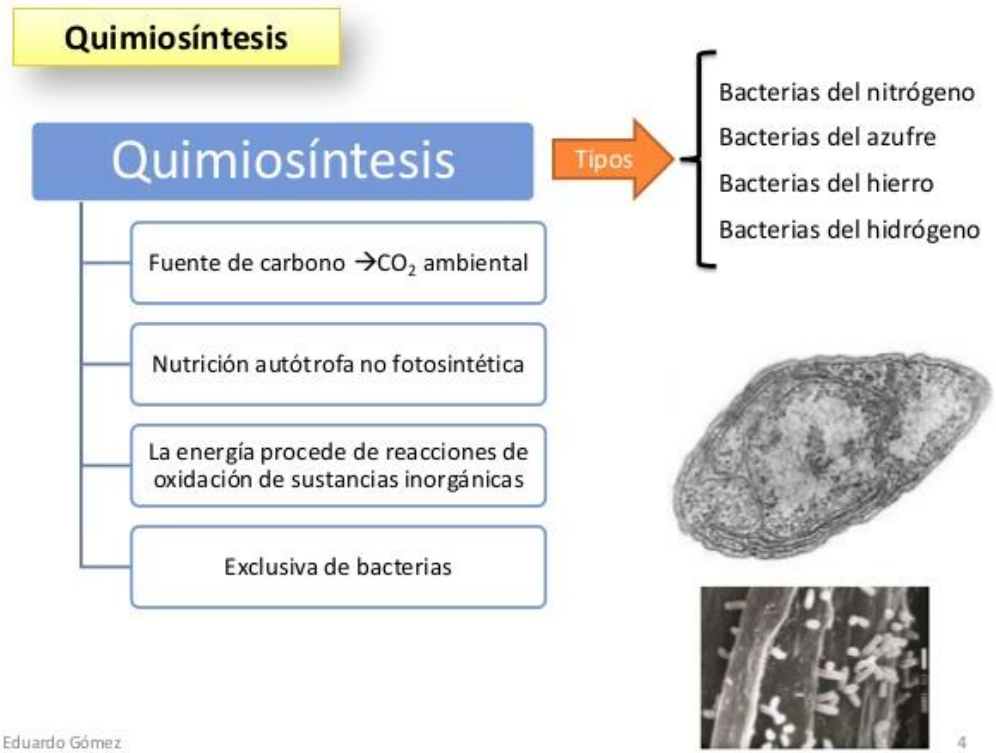
Pigmentos fotosintéticos: Clorofilas y bacterioclorofilas



Quimiolitotrofas

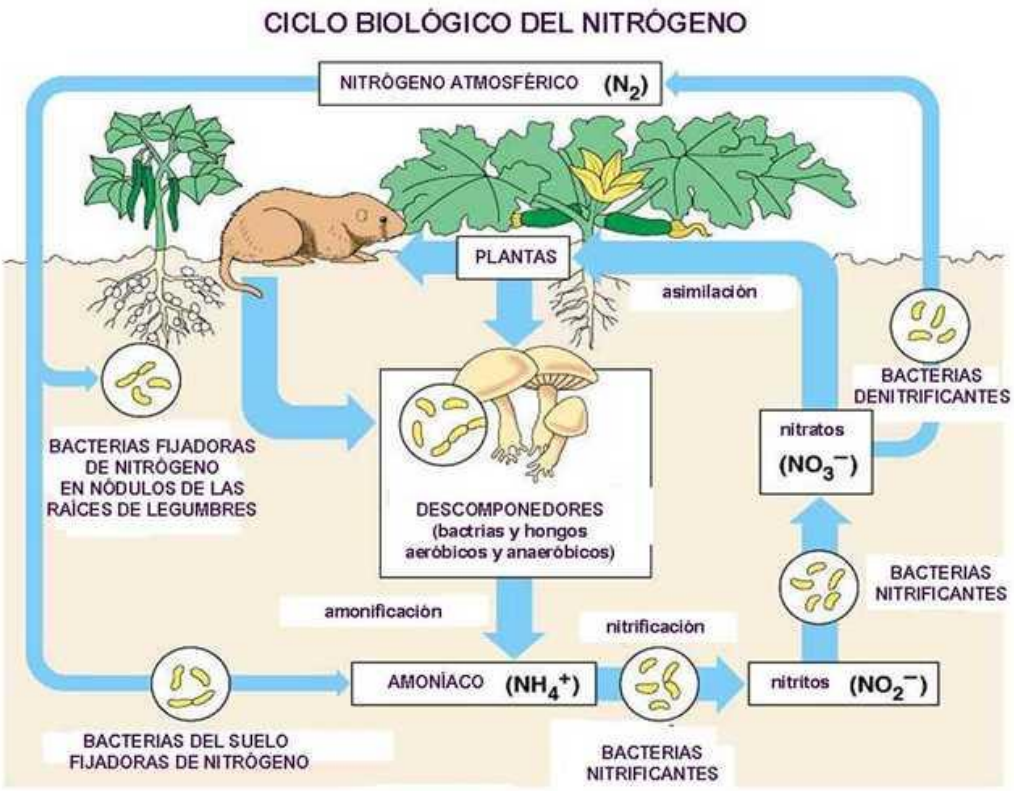
- Las **bacterias quimiosintéticas** usan energía de reacciones químicas como fuente de energía para generar ATP y el CO_2 atmosférico como fuente de carbono para producir compuestos orgánicos.

- Obtienen energía oxidando sustratos inorgánicos (H_2, NH_3, H_2 S, S, etc.), con la que obtienen ATP y NADPH (o NADH), que luego emplean para la asimilación reductora del carbono, mediante el ciclo de Calvin, como las plantas y del nitrógeno.



Quimiolitotrofas

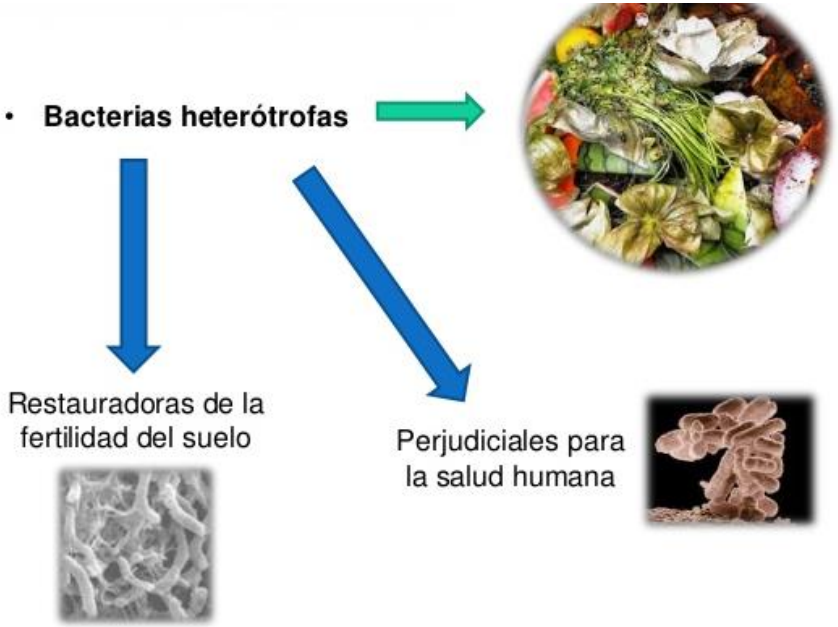
- Son importantísimas en los ciclos biogeoquímicos, pues mineralizan la materia orgánica.
- Participan en la **asimilación reductora del nitrógeno**. La mayoría de las bacterias deben reducir los **nitratos** a **nitritos** y éstos a **amoniaco,** con el fin de fabricar grupos **amino**. Algunas bacterias, sin embargo, pueden fijar (reducir) directamente el **nitrógeno atmosférico** y reducirlo a **nitrógeno orgánico**. Por ejemplo: *Rhizobium legominosarum*.



Organotrofas

- Las **bacterias heterótrofas**, se nutren a expensas de compuestos orgánicos elaborados por otros seres vivos, que descomponen mediante la digestión (hidrólisis) realizada por enzimas liberados por exocitosis.

- Pueden ser **fotoorganotrofas**, que usan la luz como fuente de energía o **quimioheterótrofos**, si usan las energía de reacciones químicas como fuente de energía para generar ATP, pero en ambos casos, usan compuestos orgánicos de otros organismos como fuente de carbono.



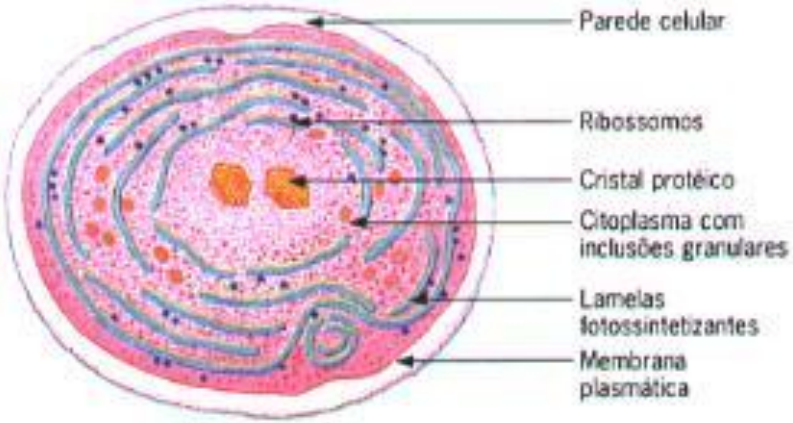
- Las **saprófitas** realizan fermentaciones y putrefacciones de gran interés ecológico e industrial. Las **simbióticas** se encargan, por ejemplo, de degradar la celulosa en los rumiantes, de fijar N_2 atmosférico en los nódulos de las leguminosas, etc. Las **parásitas** producen enfermedades.

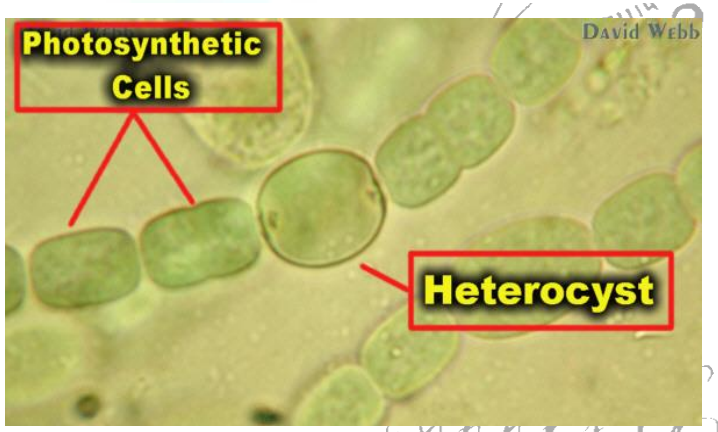
Comparación tipos de nutrición

		Fuente de carbono	
		Compuestos inorgánicos como CO_2	Compuestos orgánicos
Fuente de energía	Luz	**Fotoautótrofo** (bacterias verdes sulfurosas: *Chlorobium*)	**Fotoheterótrofo** (bacterias púrpuras no sulfurosas: *Rhodospirillum*)
	Química	**Quimioautótrofo** (bacterias oxidantes del hierro: *Thiobacillus ferrooxidans*)	**Quimioheterótrofo** (La mayoría de bacterias: *E. coli)*

Cianobacterias

- Son un grupo de bacterias muy particulares. Son **procariotas autótrofos** que tienen casi la misma forma y tamaño que las algas unicelulares. Igual que ellas hacen la **fotosíntesis oxigénica.**
- Tienen la pared como las Gram negativas y muchas producen envueltas mucilaginosas que permiten la formación de colonias.
- Internamente poseen un complejo sistema multilaminar de **membranas** con las sustancias necesarias para la fotosíntesis oxigénica (pigmentos, enzimas, etc.). Todas poseen los fotosistemas I y II.
- Algunas cianobacterias, como la cianobacteria filamentosa ***Anabaena***, pueden fijar el nitrógeno atmosférico en unas células especializadas (incoloras y redondeadas) llamadas **heterocistos**.





Cianobacterias

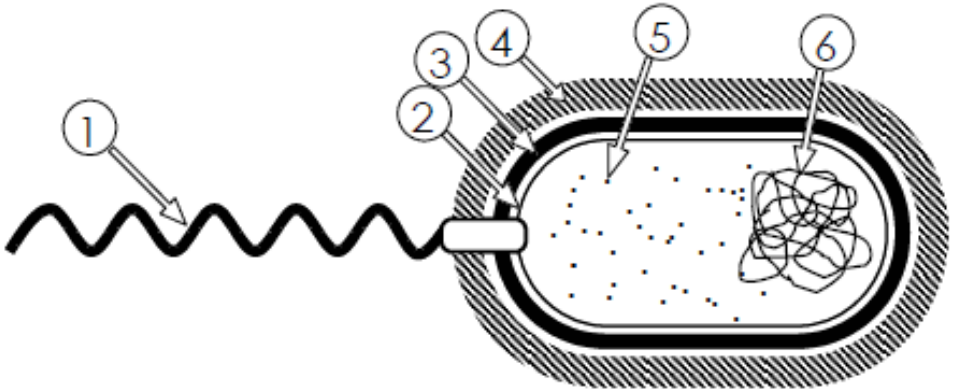
- Su **nutrición** es muy simple: al ser fotosintéticas, obtienen los compuestos orgánicos a partir de inorgánicos y energía solar. Utilizan nitratos o amoníaco como fuente de N. Otras, como *Anabaena*, pueden fijar el N_2.
- No se mueven (carecen de flagelos). Se reproducen por fisión binaria, gemación, fragmentación y por fisión múltiple. Viven aisladas o formando colonias. Se encuentran en casi todos los ambientes (resistencia a la desecación y a las altas temperaturas).
- Algunas viven en simbiosis con plantas. La cianobacteria fija el nitrógeno atmosférico (es innecesario agregar fertilizantes nitrogenados para la planta) y la planta le proporciona un ambiente protegido.

  Algunas especies pueden envenenar a animales próximos ya que producen toxinas.

Pruebas PAU

3. Describa la estructura de un bacteriófago [1] y cite cinco componentes estructurales de la célula a la que infecta [1].

6.- En relación con la figura adjunta, responda las siguientes cuestiones:



a).- ¿Qué tipo de célula representa la imagen? [0,2]. ¿Cuál es su mecanismo de división? [0,2]. Identifique el nombre del componente que señala cada número [0,6].

b).- Indique la función que realiza cada uno de los componentes numerados [1].