



## CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS Y MORFOLÓGICAS DE LAS BACTERIAS

### A) Tipos celulares:

\* Células eucariotas: “eu” = verdadero y “karyo” = núcleo.

\* Células procariotas: el núcleo es más primitivo.

Las células procariotas y eucariotas difieren principalmente en organización y división nucleares, en organización citoplasmática y estructura de los orgánulos de transformación de energía y en el carácter de los órganos de locomoción (si los poseen).

Diferencias más notables:

<b>ESTRUCTURA / / MOLÉCULA</b>	<b>CÉLULA PROCARIOTA</b>	<b>CÉLULA EUCARIOTA</b>
<b>Pared celular</b>	Químicamente compleja. Poseen ácido murámico, componente exclusivo de los procariotas.	Cuando existe, está compuesta de materiales simples orgánicos e inorgánicos.
<b>Membrana citoplasmática</b>	Carece de esteroides.	Posee esteroides.
<b>Región nuclear</b>	Carecen de membrana nuclear. No hay mitosis.	Sí poseen membrana nuclear y sufren mitosis.
<b>ADN</b>	Consta de una sola molécula cerrada (circular) no asociada con histonas.	Poseen varios cromosomas formados por moléculas lineales asociadas a histonas.
<b>Reproducción sexual</b>	Sin meiosis previa.	Le precede la meiosis.
<b>Mitocondrias</b>	No las poseen. La función respiratoria se efectúa en la membrana plasmática o en mesosomas.	Las poseen, actuando estas como sistema respiratorio.
<b>Ribosomas</b>	Poseen un índice de sedimentación de 70 S.	Poseen un índice de sedimentación de 80 S.
<b>Composición del citoplasma</b>	Muy rico en ribosomas y pobre en el resto de orgánulos. Carece de mitocondrias, aparato de Golgi, retículo endoplasmático, lisosomas, centriolos, ...	De tamaño más pequeño. Posee prácticamente todos los orgánulos.

## B) Concepto y forma de las bacterias:

Microorganismos unicelulares con estructura celular procariota. Grupo muy numeroso y variado, tanto en su morfología como en su metabolismo. Su tamaño es muy variado, generalmente oscila entre una y 400

micras de longitud por una micra de diámetro. Su tamaño es parecido al de las mitocondrias eucariontes.

Exteriormente pueden adoptar varias formas:

**1. Cocos:** bacterias más o menos esferoidales, aunque algo aplanadas. Son inmóviles y pueden presentarse en grupos o aislados. Según su disposición observamos varios tipos de agrupaciones:

- 1.a. De forma aislada, independientes unas de otras: *cocos*.
- 1.b. Agrupadas en parejas: *diplococos*.
- 1.c. Dispuestas en cadenas, a modo de rosario: *estreptococos*.
- 1.d. Formando acumulaciones irregulares, como racimos de uva: *estafilococos*.
- 1.e. Agrupamientos cúbicos, a manera de rectángulos: *sarcinas*.

**2. Bacilos:** Posen forma cilíndrica o de bastón, con múltiples variedades: cortos, largos, filamentosos,... Aparecen solas, en cadena, o en disposición paralela (empalizada). Son móviles, generalmente por flagelos.

**3. Curvas:** Son de forma helicoidal. Generalmente aparecen como células aisladas o en cadenas cortas Pueden ser:

- 3.a. *Espirilos:* con forma de hélice o espiral, cortos y gruesos, generalmente con dos o tres vueltas de espira. Móviles.
- 3.b. *Espiroquetas:* finas y largas, más flexibles y delgadas, con varias vueltas de espira. Móviles.
- 3.c. *Vibrios:* incluyen sólo parte de una vuelta de espira; forma de coma. Móviles.

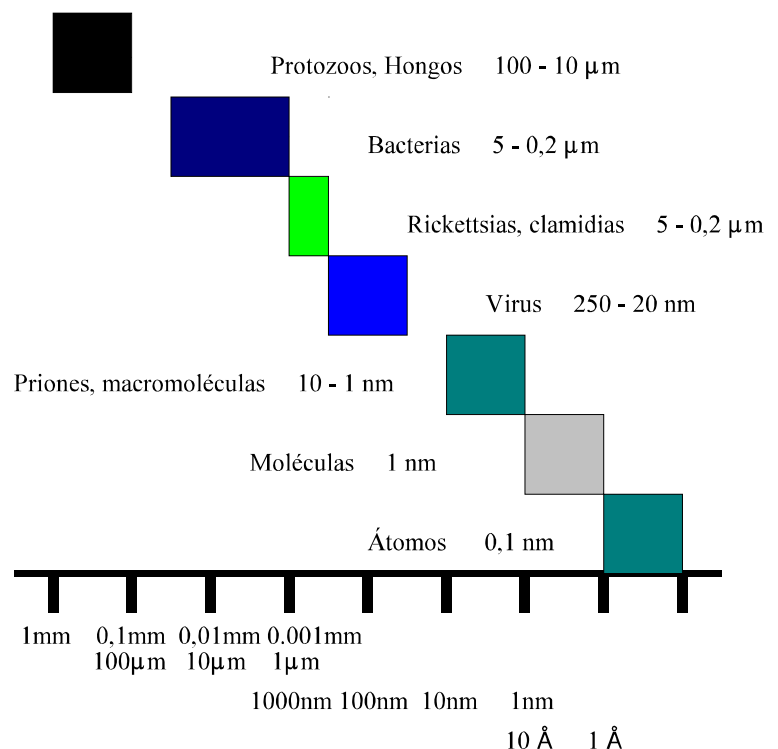
Muchas bacterias, en algún momento de su desarrollo, presentan formas irregulares o variantes conocidas como **formas pleomórficas**.

## C) Tamaño de las bacterias:

Aunque la mayoría de las células procariotas son pequeñas, existe una gran variedad de tamaños entre los diferentes organismos. Las células más pequeñas pertenecen al grupo de los micoplasmas y son demasiado pequeñas para verse al microscopio óptico.

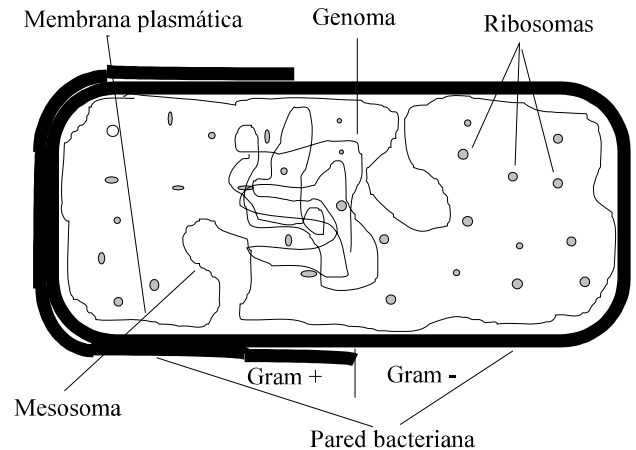
La regla empleada en microscopía es un pequeño disco de vidrio con una regla grabada, llamado micrómetro ocular, el cual debe ser calibrado para cada microscopio y objetivo. Sin que sirva de regla:

- \* Los cocos suelen medir alrededor de  $1 \mu\text{m}$  de diámetro.
- \* Los bacilos,  $1 \mu\text{m} \times 4$  a  $6 \mu\text{m}$ .
- \* Los espirilos suelen tener el tamaño muy variable.



## D) Estructura de las bacterias:

Poseen estructura típica de las células procariotas. Si se practica un corte a una de ellas se pueden distinguir una serie de estructuras o partes que, de fuera hacia dentro, son: cápsula y cubiertas mucilaginosas, pared bacteriana, membrana plasmática, citoplasma y nucleoide. También se pueden encontrar en algunos grupos ciertas estructuras externas, como son los flagelos y las fimbrias o pili.



### 1. Cápsula bacteriana y cubiertas mucilaginosas:

la cápsula es una capa mucilaginosa o gelatinosa con un grosor de 100 a 400 Å, que aparece en casi todos los grupos de bacterias patógenas. Es una estructura muerta considerada como excreción de la bacteria. Tiene como función la regulación de los intercambios de agua, iones, nutrientes, ... También les sirve de protección frente a anticuerpos, fagocitos y bacteriófagos, y protege a la bacteria de la desecación del medio al presentar gran capacidad para retener agua. Hay propiedades antigénicas de la bacteria que dependen de la cápsula. La capacidad de producir cápsula es una propiedad hereditaria del organismo.

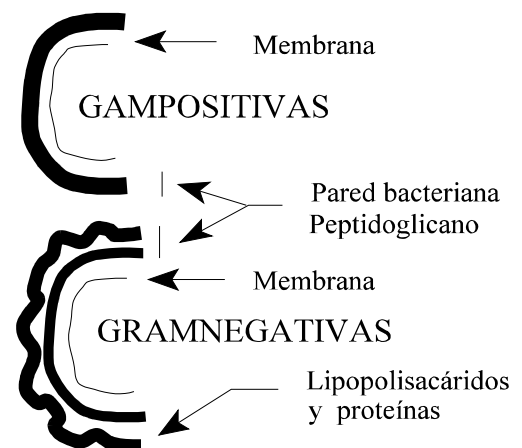
**2. Pared bacteriana:** estructura rígida y elástica que rodea a la membrana plasmática de las bacterias y les permite mantener una forma propia. Además les presta protección mecánica frente al medio. Salvo algunas excepciones, todas las bacterias la presentan y no pueden sobrevivir sin ella.

Hay dos tipos de pared bacteriana, lo que da lugar a que se puedan considerar dos tipos de bacterias: grampositivas y gramnegativas, que se tiñen de distinto color con ciertos colorantes. Ambas son similares en composición química. Contienen dos derivados de azúcares: N-acetilglucosamina y ácido N-acetilmurámico, y un pequeño número de aminoácidos (alanina, ácido glutámico, lisina, ...). Estos constituyentes están conectados formando una unidad estructural repetitiva denominada glucopéptido o mureína, la cual es en realidad una gran macromolécula del tamaño de una célula. Las grampositivas tienen además asociadas unas moléculas de carácter ácido (ácidos teicoicos).

\* Pared grampositiva: monoestratificada, formada por una sola capa gruesa base de glucopéptido, ácidos teicoicos y proteínas.

\* Pared gramnegativa: formada por dos capas o estratos. La capa más interna, en contacto con la membrana plasmática, tiene una composición similar a la anterior pero es más fina. Sobre esta capa existe otra de naturaleza lipídica que le da el carácter negativo.

Al microscopio electrónico la pared no aparece continua, sino llena de poros, a través de los cuales pasan el agua y diversos materiales químicos, siendo, pues, una barrera sólo para macromoléculas.



### 3. Membrana plasmática:

Posee la misma estructura que la de las células eucariotas. Presenta permeabilidad selectiva y se dan en ella fenómenos de difusión, ósmosis y transporte activo (permeasas), pero no de endocitosis. En la membrana se sintetizan determinados componentes de la pared celular y la cápsula. También está ligada a los procesos de respiración mediante unas estructuras membranosas denominadas mesosomas. Los mesosomas parecen

ser extensiones, invaginaciones, de la membrana en las que se llevan a cabo los procesos de respiración celular. Parece ser que están implicados, además, en el reparto del material genético (ADN) durante la división de la célula.

**4. Citoplasma:** presenta gran simplificación estructural, con pocos orgánulos citoplasmáticos. Entre estos destacan los ribosomas, de menor tamaño que los de las células eucariotas y libres en el citoplasma al no poseer retículo endoplasmático. Están formados por ARN y presentan dos subunidades. Su función es la síntesis de proteínas.

También se pueden encontrar en el citoplasma inclusiones granulares, gránulos de composición variada cuya función más usual es la de almacenar sustancias de reserva; pueden ser de polisacáridos, lípidos, volutina (ácido fosfórico), azufre, ...

En las bacterias fotosintéticas hay unas estructuras laminares denominadas cromatóforos que contienen bacterioclorofila y es donde se realiza la fotosíntesis.

**5. Cuerpo nuclear (nucleoide):** las células bacterianas carecen de membrana nuclear, por eso no se habla de núcleo. Presentan un solo cromosoma con las siguientes características: es una doble hélice circular de ADN desnuda, no posee proteínas asociadas al ADN. El cromosoma lleva información para un número entre mil y mil quinientas proteínas.

Ciertos tipos de bacterias pueden presentar pequeños fragmentos de ADN extracromosómico que contienen información genética para algunos caracteres. Dichos fragmentos de ADN se denominan plásmidos.

**6. Apéndices:**

**a) Flagelos:** son apéndices filiformes cuya longitud es mayor que la de la célula. Hay bacterias que no los presentan (cocos y algunas especies de bacilos). Aparecen en número de uno a cien, característico de cada especie.

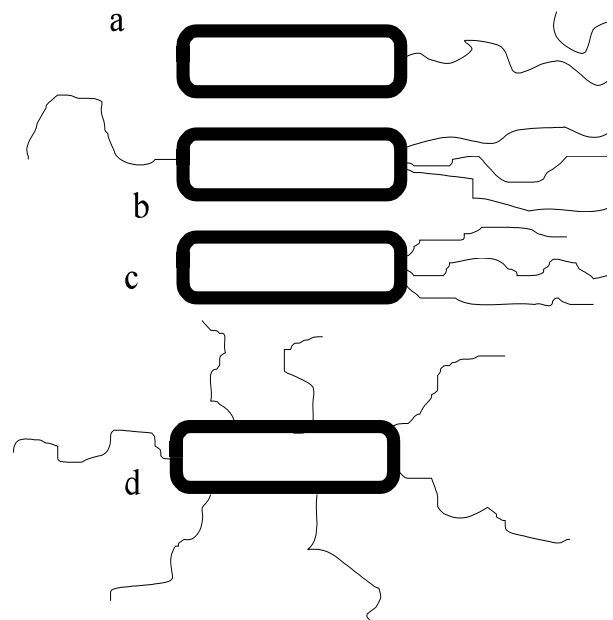
Según el número y disposición de los flagelos se distinguen cuatro tipos de bacterias:

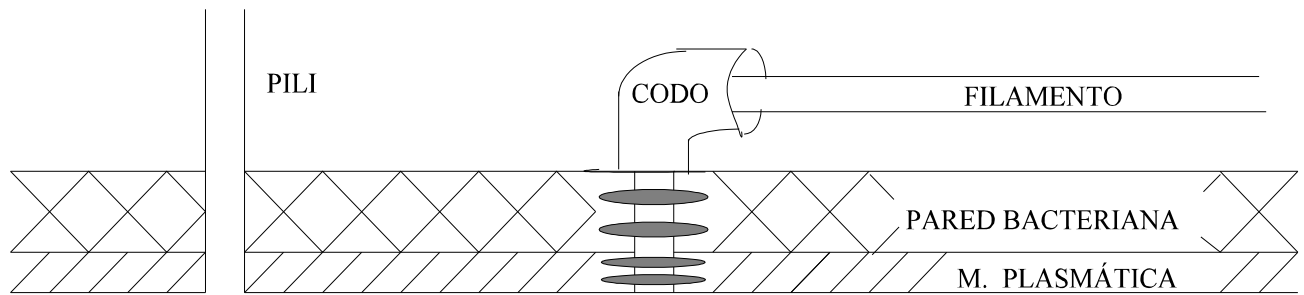
- a) Monotricas: un flagelo en un polo.
- b) Anfitricas: un flagelo, o grupo de flagelos, opuesto a otro.
- c) Lofotricas: un grupo de flagelos en un polo.
- d) Peritricas: flagelos repartidos por toda la superficie celular.

Los flagelos se visualizan a microscopía electrónica. Están compuestos por una proteína globular contráctil denominada flagelina. Su estructura es más simple que la de los flagelos de células eucariotas. Se distinguen dos zonas:

Zona basal, unida a la membrana plasmática y pared celular mediante cuatro anillos fijadores que anclan el flagelo a las envolturas celulares.

Tallo: filamento formado por una o más fibras de flagelina, muy largo y fino.





**b) Fimbrias (Pili):** son unos apéndices filamentosos muy delgados, más cortos, numerosos y rectos que los flagelos, y que se presentan en muchas bacterias. Nacen en el citoplasma y atraviesan la membrana citoplasmática y la pared celular, son sólo visibles a microscopía electrónica. Están formados por una proteína denominada pilina y se encuentran tanto en bacterias móviles como inmóviles, siendo un carácter hereditario. Algunos tipos de pili son huecos y parece que están relacionados con ciertos fenómenos de sexualidad que presentan determinadas especies de bacterias. Otros pili sirven como estructuras de adherencia, no tienen función motora.

## E) Fisiología de las bacterias.

**1. Funciones de nutrición.** La mayoría de las bacterias son heterótrofas, pero existen grupos de bacterias autótrofas. La entrada de nutrientes puede realizarse mediante una absorción pasiva inespecífica (difusión y ósmosis) o mediante un transporte activo con una alta especificidad absorbiendo nutrientes en contra del gradiente de concentración gracias a la acción de proteínas específicas de la membrana plasmática denominadas permeasas.

Se pueden distinguir dos tipos de bacterias atendiendo al tipo de nutrición que presentan:

1. Bacterias autótrofas: utilizan sustancias inorgánicas simples y una fuente de energía para sintetizar moléculas orgánicas complejas. Pueden ser, atendiendo a la fuente de energía:
  - a) Quimiosintéticas: utilizan la energía que desprenden determinadas reacciones químicas que ellas mismas provocan (Nitrobacterias, Nitrosobacterias, Sulfobacterias, Ferrobacterias, ...).
  - b) Fotosintéticas: utilizan la energía de la luz gracias a la presencia de bacterioclorofila. Son muy pocos los grupos de bacterias fotosintéticas (bacterias purpúreas, ...)
2. Bacterias heterótrofas: Necesitan incorporar, además de los nutrientes inorgánicos, nutrientes orgánicos. Pueden ser:
  - a) Parásitas: viven y se desarrollan sobre animales y vegetales, alimentándose de ellos y produciéndoles enfermedades (bacterias patógenas).
  - b) Saprófitas: se nutren a expensas de la materia orgánica en la que viven. Descomponen esta materia orgánica por medio de enzimas hidrolíticas y oxidantes ocasionando los procesos de fermentación y putrefacción, según el sustrato.

De este tipo son las bacterias que producen fermentaciones de interés industrial y las bacterias que forman parte de la flora intestinal de los animales superiores, incluido el hombre; estas bacterias contribuyen en gran medida a la degradación de los alimentos en el tubo digestivo y al reciclaje de la materia orgánica en la naturaleza; constituyen el grupo de los descomponedores.

c) Simbióticas: viven asociadas con animales o vegetales con beneficio mutuo (*Rhizobium leguminosarum*). También son de este tipo las que viven en el intestino de herbívoros y Xilófagos.

**Metabolismo:** La mayoría de las bacterias son aerobias, precisan oxígeno para su respiración; hay algunas que pueden ser aerobias y anaerobias, se denominan anaerobias facultativas. Un tercer grupo son anaerobias estrictas, sólo crecen en ausencia de oxígeno (*Clostridium*).

**2. Funciones de relación.** Incluyen el movimiento y la formación de esporas.

**a) Movimiento:** casi todas las bacterias pueden desplazarse. Se han descrito tres tipos de movimiento:

\* **Flagelar:** el mecanismo no se conoce muy bien, se cree que es debido al encogimiento y alargamiento de la flagelina. Los flagelos se mueven con velocidad elevada, hay bacterias que se desplazan a razón de doscientas micras por segundo.

\* **Flexuoso:** es característico de las espiroquetas, más rápido que el flagelar. Pueden trasladarse simultáneamente por rotación, sacudidas, vibraciones, ... Todo ello da como resultado un movimiento flexuoso parecido al de las serpientes, pero en espiral. Los orgánulos motores se reducen a una serie de fibrillas que atraviesan en toda su longitud al citoplasma y se hallan adheridas a los extremos de la bacteria.

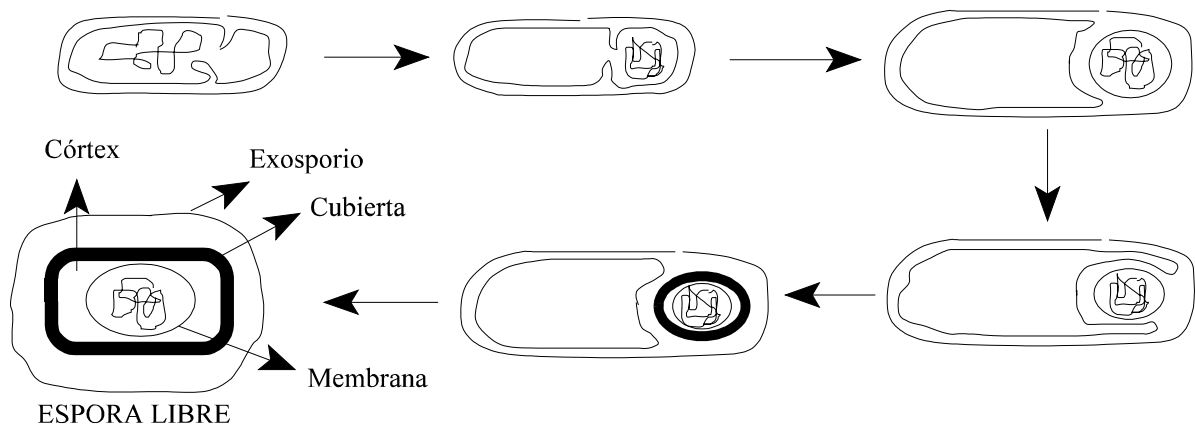
\* **Reptación o deslizamiento:** no hay estructuras diferenciadas para el movimiento. Las bacterias que lo presentan (*Mixobacterium* y *Beggiatoa*) segregan una sustancia llamada limo que facilita el deslizamiento. La velocidad, muy pequeña, es proporcional a la cantidad de limo segregado. Además de movimientos individuales también es posible el desplazamiento de la colonia completa; a este desplazamiento de toda la colonia se le denomina pululación.

**b) Formación de esporas, esporulación:** Algunas especies bacterianas, bacilos grampositivos (típicamente los géneros *Bacillus* y *Clostridium*), en condiciones adversas como pueden ser la falta de agua, el cambio brusco de temperatura, temperaturas extremas, falta de nutrientes, ..., se protegen mediante la formación de esporas que, al ser intracelulares, se denominan endosporas. Cada célula genera una sola espora, esto indica que no se trata de una forma de multiplicación, sino de un medio de resistencia y defensa de la especie ante las circunstancias desfavorables para su vida y desarrollo. La bacteria formadora de la espora se destruye cuando esta queda en libertad.

La formación de esporas se inicia con la migración de un nucleoide condensado hacia uno de los extremos de la célula. A continuación se produce el crecimiento hacia adentro de un mesosoma que formará un septo. Por fuera de la membrana de la espora se forma una capa gruesa y dura compuesta por muchos anillos concéntricos de glucopéptidos denominada córtex, que presenta una estructura en láminas concéntricas. Por fuera del córtex se forma la cubierta o cutícula, formada por una proteína del tipo de las queratinas, muy resistente. Las esporas de algunas especies están rodeadas por una cuarta capa denominada exosporio, que no es otra cosa que una membrana lipoproteica no esencial para la supervivencia de la espora.

Una vez formadas las cubiertas de la espora, el resto de la bacteria acaba por desaparecer, quedando libre la espora, a la que las cubiertas confieren una gran resistencia a la acción de los agentes exteriores. Las características más importantes de las esporas son: presentan poca agua libre, presentan un alto porcentaje en proteínas y lípidos, contienen un ácido dipicolínico característico, un alto porcentaje en Ca y Mg y son más refringentes que la célula vegetativa.

Las esporas tienen su metabolismo muy reducido y pueden resistir durante años hasta que las circunstancias les sean favorables y les permitan germinar, dando lugar, nuevamente, a la forma vegetativa de la bacteria que la originó.



**c) Funciones de reproducción (multiplicación):** Típicamente, las bacterias se multiplican por bipartición. La división celular requiere la duplicación de todos los constituyentes celulares y su reparto ordenado entre las dos células hijas. La primera etapa de la división es, pues, la duplicación de la dotación de ADN de la región nuclear, que se produce por separación de las dos cadenas y la replicación a lo largo de cada una de ellas de una nueva cadena complementaria. Debido a su enorme longitud, la repartición del ADN duplicado entre las dos células hijas se piensa que no va a ser fácil. Se cree que la molécula de ADN queda fijada en algún punto de la membrana celular, y después de la replicación, cada una de las dobles cadenas se dirige hacia una de las dos mitades celulares. Sólo después de que se ha completado esta etapa puede formarse un nuevo *septum* transversal. Durante la formación de esta pared transversal puede verse un mesosoma unido al septo, por lo que se piensa que este mesosoma desempeña una función en la síntesis de la pared transversal. Las dos bacterias hijas poseen la misma información genética que la madre.

Además de este tipo de multiplicación asexual, algunas bacterias presentan fenómenos de sexualidad (mecanismos parasexuales), es decir, de transferencia genética entre bacterias macho y bacterias hembra de la misma o de distinta especie. La transferencia de material genético puede realizarse de tres formas diferentes:

1. **Conjugación:** la transferencia de material genético se realiza por unión real de las bacterias apareadas a través de un puente citoplasmático originado por pili sexuales. Las razas donantes de material genético reciben el nombre de  $F^+$  o machos, y las receptoras  $F^-$  o hembras. La bacteria receptora pasará a ser  $F^+$  y el ADN puede recombinarse con el cromosoma o puede quedar libre en su citoplasma. La capacidad para ser donador o receptor está determinada genéticamente.
2. **Transformación:** tiene lugar cuando una bacteria es capaz de captar fragmentos de ADN, generalmente de tamaño bastante grande, que se encuentran en el medio, procedentes de otras bacterias. El ADN puede o no integrarse en el cromosoma bacteriano. Su utilización en el laboratorio ha dado lugar a la ingeniería genética. Fue establecido por primera vez en los neumococos.
3. **Transducción:** transferencia de material genético de una bacteria a otra, realizada por un vector. Normalmente el transportador es un virus bacteriano.

## **CIANOFÍCEAS (algas verde azuladas).**

Son seres unicelulares o filamentosos de organización primitiva, predominantemente verde azulados debido a la presencia de clorofila y ficocianina entre otros pigmentos. La presencia de estos pigmentos hace que posean una nutrición autótrofa fotosintética.

Las células presentan una pared celular compuesta por pectina, hemicelulosa y, a veces, celulosa. La membrana plasmática es de tipo unitario y el citoplasma aparece dividido en dos zonas:

- \* Una zona central donde se encuentra el ADN, que representa el equivalente del núcleo, y se denomina centroplasma.

- \* Rodeando al centroplasma, sin límite preciso, se encuentra el cromatoplasma periférico, donde se encuentran los pigmentos fotosintéticos (clorofila a, carotenoides, ficocianina, ficoeritrina, ...) Encerrados en laminillas (tilacoides) ordenadas en paquetes o paralelas a la membrana. En esta zona aparecen también ribosomas, gránulos de volutina, ...

Las cianofíceas no poseen flagelos, pero existe un movimiento reptante por corrientes citoplasmáticas y secreción de sustancias mucilaginosas.

Son ubiquistas, colonizan cualquier lugar, siempre que haya humedad; viven en agua dulce, en el mar, rocas, suelo, animales, plantas, y en simbiosis formando los líquenes. Pueden formar colonias y su reproducción es asexual por bipartición.

## **MYCOPLASMAS.**

Son seres unicelulares; son las células más sencillas y primitivas que se conocen. Son organismos autónomos e independientes, poseen metabolismo propio. Su tamaño oscila entre 150 y 300 milimicras, no son detectables con el microscopio óptico. Carecen de pared celular, están limitados por una membrana parecida a la membrana citoplasmática de las células animales. En el centro de la célula se sitúa una molécula de ADN no asociado a histonas; es una cadena doble y cerrada. También presentan los tres tipos de ARN y ribosomas muy parecidos a los mitocondriales.

Son parásitos de seres pluricelulares, sobre todo de Vertebrados, y en su mayoría anaerobios. Su reproducción es amitótica por bipartición, por esporas o por gémulas.

El más conocido es el *M. Pneumoniae*, que es el causante de una neumonía atípica en el hombre. Generalmente los Mycoplasmas patógenos son específicos para ciertos órganos y tejidos en los animales que parasitan. También son específicos de una especie.