

Microbiología General

Tema 1.- Introducción, morfología y estructura de los microorganismos

Tema 1.- Introducción, morfología y estructura de los microorganismos

Concepto y alcance de la Microbiología. Células procarióticas y eucarióticas. Tipos morfológicos en bacterias y en microorganismos eucarióticos. Características del material genético procariótico, eucariótico y vírico. La pared celular bacteriana. La tinción de Gram. Las esporas de procariontes y de eucariontes.

Bibliografía recomendada: Cap. 3 de la 8ª edición de *Brock: Biología de los microorganismos*

CONCEPTO Y ALCANCE DE LA MICROBIOLOGÍA

La microbiología es el **estudio de los microorganismos**, de su biología, su ecología y, en nuestro caso su utilización en la producción de bienes agrícolas o industriales y su actividad en la alteración y deterioro de dichos bienes. Esta definición hace necesaria la de tres conceptos que se incluyen en ella: microorganismo, biología y ecología. El conocimiento de la biología y la ecología microbiana son imprescindibles para poder comprender de qué forma los microorganismos interactúan con los seres humanos y qué tipos de relaciones establecen con ellos.

Por **microorganismo** entendemos cualquier organismo vivo que no sea visible a simple vista. Esta definición operativa no incluye los hongos, tanto inferiores como superiores, ni las algas aunque ambos grupos son considerados microorganismos porque su organización es esencialmente unicelular (las células que los constituyen mantienen un alto grado de autonomía entre sí). Por otra parte, organismos pluricelulares pueden ser de tamaño tan pequeño que entren dentro de la definición anterior sin dejar por ello de ser estructuralmente tan complejos como cualquier animal superior.

En nuestro curso nos centraremos principalmente en **bacterias, virus y hongos**.

Dentro de la biología de los microorganismos estudiaremos su estructura, metabolismo y genética. La **estructura** de los microorganismos condiciona de forma muy importante su metabolismo. El **metabolismo** es el conjunto de reacciones de utilización de los alimentos y de producción de energía (catabolismo) que permiten a los microorganismos crecer y multiplicarse (anabolismo) y, como consecuencia, alterar el ambiente en el que se encuentran. La **genética** nos permitirá conocer el proceso de transmisión de la información que permite el desarrollo de un microorganismo con una morfología y un metabolismo determinado; esta transmisión de información puede ocurrir entre unas células y sus descendientes (transmisión vertical) o entre células que conviven en un mismo ambiente y que pueden no estar relacionadas genealógicamente (transformación, conjugación y transducción).

La **ecología microbiana** estudia cómo se relaciona un microorganismo con el ambiente que lo rodea, utilizando los nutrientes que encuentra y produciendo desechos que lo alteran de forma substancial. Esta alteración del ambiente puede tener valoraciones diferentes desde el punto de vista humano: por un lado, la alteración producida por ciertos grupos bacterianos o fúngicos son de interés en la producción de alimentos; mientras que las producidas por otros grupos dan lugar a procesos patológicos. Ambos tipos de alteraciones, en cualquier caso, sólo tienen una valoración desde el punto de vista humano sin que se diferencien desde el punto de vista ecológico.

Microbiología General

Tema 1.- Introducción, morfología y estructura de los microorganismos

Interacciones entre microorganismos

Un aspecto adicional a considerar en la ecología microbiana es el referente a los tipos de interacción que pueden establecer los microorganismos entre sí y con los seres humanos.

Los microorganismos están presentes en todas las superficies exteriores de los utensilios, en el aire, en el agua, en los alimentos y en las cavidades internas del cuerpo que tienen conexión con el exterior (tracto respiratorio y tracto digestivo). En condiciones normales, los órganos y cavidades internas carecen de microorganismos son estériles (estéril significa libre de microorganismos). De la misma manera, el interior de los músculos o de cualquier tejido sólido está estéril.

Los microorganismos no se encuentran aislados, sino que su número suele ser muy elevado por unidad de volumen o por unidad de superficie. Por consiguiente, allí donde se encuentran son **muy abundantes**. Además suelen formar agrupaciones de varios microorganismos que interactúan entre sí: unos pueden usar como alimento los productos residuales de otros, o pueden ser atacados por los vecinos que compiten por el mismo alimento. Estas interacciones dan lugar a sucesiones de microorganismos: la microflora de una superficie, de un alimento o del interior de una cavidad abierta del cuerpo puede variar con el tiempo.

Microorganismos como agentes geoquímicos

Desde la época de los estudios de Winogradsky se sabe que los microorganismos realizan unas funciones geoquímicas de gran importancia. Citaremos únicamente dos ejemplos: el **nitrógeno disponible** para la formación de materia orgánica lo es porque microorganismos de género *Rhizobium* son capaces de producirlo en su forma biológicamente utilizable a partir del nitrógeno atmosférico inutilizable por plantas o animales.

El segundo ejemplo se remonta a eras geológicas anteriores en las que la atmósfera del planeta era fuertemente reductora; la acción de bacterias fotosintéticas generó niveles de oxígeno suficientes para que la **atmósfera** pasara a ser **oxidante** y permitiera el desarrollo de los organismos aeróbicos que conocemos.

Microorganismos en los alimentos

La importancia de los microorganismos en los alimentos es más evidente. La **producción de alimentos** por técnicas microbiológicas es una actividad de larga historia: los microorganismos alteran los constituyentes de los alimentos de forma que los estabilizan permitiendo su mayor duración y, además, proporcionan compuestos que confieren sabores característicos a los alimentos por ellos producidos. Esta faceta se complementa con la acción de **microorganismos alterantes** de los alimentos y responsables de su deterioro de forma que se hagan inaceptables por los consumidores.

Desde el punto de vista sanitario, los alimentos pueden ser **vehículos de infecciones** (ingestión de microorganismos patógenos) o de **intoxicaciones** (ingestión de toxinas producidas por microorganismos) graves. En este sentido se han desarrollado las técnicas de control microbiológico de alimentos.

Microbiología General

Tema 1.- Introducción, morfología y estructura de los microorganismos

Entre las enfermedades que se transmiten a través de los alimentos se encuentran principalmente enfermedades bacterianas que discurren con patologías gastrointestinales preferentemente, aunque no podemos olvidar enfermedades víricas y parasitarias.

Entre las intoxicaciones, se producen intoxicaciones agudas de gravedad variable e intoxicaciones crónicas que conducen a generalmente problemas hepáticos.

Los microorganismos en biotecnología

En los últimos años se ha incrementado la utilización de microorganismos en **aplicaciones biotecnológicas**; esto es, en la utilización de nuestros conocimientos sobre la biología molecular y la genética de los microorganismos para poder dirigir en ellos la producción de compuestos de interés (fármacos, anticuerpos) y para el desarrollo de técnicas bioquímicas de diagnóstico molecular, por ejemplo.

Unidad de la Biología

Es importante tener en cuenta que todos los seres vivos que se encuentran en nuestro planeta comparten sus principales características: los sistemas de almacenamiento y transmisión de la información genética, las principales rutas metabólicas y los mecanismos básicos de obtención y manejo de la energía son esencialmente idénticos en bacterias, hongos, plantas y animales.

Esta identidad apoya la hipótesis de que todos los seres vivos proceden de uno inicial (tienen un antepasado común) del que, por evolución, han ido apareciendo de forma genealógica secuencial todos los demás. Por otra parte, esta identidad tiene dos consecuencias prácticas: (1) el estudio de unos organismos permite aprender características de otros cuyo estudio es más difícil (por ejemplo, se pueden estudiar enfermedades humanas usando hongos como modelo), y (2) los conceptos de ciencias básicas como la microbiología, genética, bioquímica o fisiología vegetal se integran en los de otras aplicadas tales como la mejora genética, procesos biológicos de industrias, filotecnia, protección de cultivos, etc.; formando un conjunto coherente.

CÉLULAS PROCARIÓTICAS Y EUCARIÓTICAS

Organismos eucarióticos son aquellos en cuyas células puede diferenciarse un núcleo que contiene el material genético separado de un citoplasma en el que se encuentran diferentes orgánulos celulares.

Los microorganismos eucarióticos más relevantes en agronomía son los hongos unicelulares o pluricelulares.

Organismos procarióticos son aquellos en los que no existe la separación entre núcleo y citoplasma. Dentro de este grupo se incluyen las bacterias, a las que dedicaremos la mayor parte del curso.

Mención aparte merecen los **virus**, partículas inanimadas de material genético protegido por capas más o menos complejas de proteínas y lípidos. Carecen de actividad metabólica cuando se encuentran libres.

Microbiología General

Tema 1.- Introducción, morfología y estructura de los microorganismos

En general, las células procarióticas son más simples que las eucarióticas ya que estas contienen membranas internas que diferencian órganos celulares (aparato de Golgi, retículo endoplásmico, vacuolas, etc.) no presentes en las células procariotas. En estas el citoplasma es continuo y en él se encuentran los encargados de la traducción del mensaje genético en proteínas.

Las células eucarióticas son el resultado de una simbiosis establecida hace muchos millones de años entre células procarióticas (que han dado lugar a las mitocondrias y a los cloroplastos) y un núcleo eucariótico (el núcleo de nuestras células). A causa de esta simbiosis, ciertos agentes quimioterápicos que son activos frente a procariotas pueden resultar tóxicos para eucariotas al interactuar con sus mitocondrias.

TIPOS MORFOLÓGICOS EN BACTERIAS Y EN MICROORGANISMOS EUCARIÓTICOS

La forma de las bacterias puede ser esférica (**cocos**), cilíndrica (**bacilos**), de coma (**vibrios**) o helicoidal (**espirilos**). La forma de las bacterias viene determinada principalmente por la estructura de su **pared celular** y es una de las características que sirven para identificarlas.

Las bacterias pueden presentarse como células aisladas o formando grupos. Esta característica es también importante para poder identificarlas. En algunos casos la aparición de las bacterias formando agrupaciones no es una característica de estas *in vivo* sino un efecto de ciertas técnicas de tinción (como en el caso del género *Staphylococcus* que aparece formando racimos sólo en preparaciones fijadas y teñidas; pero no en muestras vivas).

Las principales formas de formas de agrupamiento de las bacterias son las que se observan en **estreptococos** y **estreptobacilos** (cadenas de cocos o de bacilos, respectivamente), **estafilococos** (agrupaciones en forma de racimos de cocos), **diplococos** (parejas de cocos) **sarcinas** (agrupaciones en tétradas o en grupos de ocho cocos dispuestos en forma de cubo).

El tamaño de las células bacterianas es variable oscilando entre una micra (μm) de diámetro y varias decenas de longitud en las especies más grandes. En cualquier caso, su tamaño es más reducido que el de una célula eucariótica normal.

En las células eucarióticas, las formas son más variadas. Desde formas **elipsoidales** en las levaduras, a formas complejas mantenidas por sistemas de citoesqueleto en ciertos protozoos. A esto hay que añadir la **organización pluricelular** de hongos filamentosos y de algas.

CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL GENÉTICO PROCARIÓTICO, EUCARIÓTICO Y VÍRICO

El material genético de los microorganismos está compuesto por ácidos nucleicos (ADN y ARN). En este apartado, se revisará cómo está organizado dicho material en los diferentes tipos de microorganismos.

Microbiología General

Tema 1.- Introducción, morfología y estructura de los microorganismos

Organización del material genético de bacterias

1.- **Cromosomas:** Las bacterias y arqueas contienen normalmente **cromosomas cerrados**, esto es, sin extremos. El número de cromosomas es variable, desde un único cromosoma (*Escherichia coli*) a varios. Se consideran cromosomas a aquellas moléculas de ADN que portan información genética imprescindible para que la bacteria pueda crecer y multiplicarse.

En cualquier caso, los procariontes son organismos **haploides** porque sólo tienen una copia de cada uno de los cromosomas. En su ciclo biológico tampoco hay fases diploides.

Los cromosomas procarióticos parecen tener **un único origen de replicación**, a diferencia de los eucarióticos que tienen varios.

2.- **Plásmidos:** Las bacterias pueden contener plásmidos que son moléculas de ADN cerrado o abierto, con un único origen de replicación, portadores de información prescindible (pero necesaria para llevar a cabo ciertas funciones metabólicas, de producción de compuestos o de resistencia a antibióticos) cuyo número es variable (plásmidos de bajo número de copias con 1 ó 2 por célula y plásmidos de alto número de copias con decenas o centenas por célula).

Los genes de los procariontes no tienen, normalmente, intrones.

Organización del material genético de virus

Los virus presentan como material genético ADN o ARN de cadena simple o cadena doble en forma de moléculas abiertas o cerradas dependiendo de las especies. El número de moléculas por partícula vírica también es variable según las especies.

Organización del material genético del núcleo eucariótico

1.- **Cromosomas:** los cromosomas eucarióticos son moléculas abiertas de ADN bicatenario. Su número es característico de cada especie.

Los eucariontes son organismos diploides (con dos copias de cada uno de sus cromosomas), al menos durante algunas fases de su ciclo biológico. La presencia de varios cromosomas y de fases en las que en una célula hay varias copias de un mismo cromosoma hace necesarios sistemas de división celular que aseguren el reparto equitativo del material genético entre las células hijas. Estos sistemas son la **mitosis** y la **meiosis**

El material genético de los cromosomas eucarióticos está protegido por proteínas denominadas **histonas** que organizan el ADN en **nucleosomas** e intervienen en la modulación de la expresión génica.

2.- **Plásmidos:** se han observado en microorganismos tales como la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, donde se distinguen los **minicromosomas** (plásmidos que están en copia simple y contienen un centrómero por lo que se comportan como pequeños cromosomas) del **plásmido de 2 µm** de función desconocida. Es de esperar que existan plásmidos en otros tipos de eucariotas.

Microbiología General

Tema 1.- Introducción, morfología y estructura de los microorganismos

Organización del material genético de los orgánulos celulares eucarióticos

Como son de origen procariótico, presentan características de este tipo de microorganismos.

LA PARED CELULAR BACTERIANA. LA TINCIÓN DE GRAM

Las bacterias presentan una **membrana interna** que rodea el citoplasma bacteriano y presenta las características generales de las membranas plasmáticas. Hacia el exterior de la membrana interna, todas las bacterias (con excepción de los **micoplasmas** grupo de organismos al que pertenecen patógenos de los géneros *Mycoplasma*, *Ureaplasma* y *Fitoplasma*) presentan una **pared celular** formada por un polímero complejo denominado **peptidoglicano**. Algunos tipos de bacterias tienen una segunda membrana (**membrana externa**) que recubre la capa de peptidoglicano por su parte exterior. En aquellas bacterias en las que existe una membrana externa (**bacterias Gram-negativas**), la capa de peptidoglicano es más delgada que en las que carecen de ella (**bacterias Gram-positivas**). Se denomina **espacio periplásmico** al comprendido en las bacterias Gram-negativas entre las membranas interna y externa y al inmediatamente adyacente a la membrana interna en el caso de las bacterias Gram-positivas.

Estructura de la membrana interna

La membrana interna está formada por una bicapa lipídica. En el caso de las bacterias los lípidos que forman esta membrana son generalmente fosfolípidos y no se encuentran esteroides (salvo en el caso de los micoplasmas). Esto diferencia claramente las membranas bacterianas de las de células eucarióticas superiores que sí tienen esteroides en sus membranas.

Funciones de la membrana interna

1.- **Barrera de permeabilidad selectiva:** La membrana lipídica que recubre las células es impermeable a las moléculas cargadas y a los iones, mientras que es permeable a los compuestos orgánicos y moléculas neutras. Por ello es una barrera de permeabilidad que restringe el paso de los nutrientes al interior de la célula, y el de compuestos intracelulares al exterior.

La entrada de compuestos polares a través de la membrana lipídica se consigue de varias maneras:

a.- En ciertos casos existen poros a través de la membrana que permiten el paso selectivo de compuestos polares. Estos canales suelen estar dedicados a la entrada de solutos y su entrada está impulsada por la difusión libre a lo largo de un gradiente de concentración.

b.- En otros casos, existen moléculas transportadoras que recogen del exterior moléculas y las transportan al interior consumiendo energía en el proceso. La energía motriz en este caso es ATP.

Microbiología General

Tema 1.- Introducción, morfología y estructura de los microorganismos

c.- En el caso de ciertos iones intracelulares, éstos son transportados al exterior mediante sistemas de proteínas transportadoras de forma que se generan gradientes transmembranales. La energía que impulsa este transporte deriva de la oxidación de compuestos reducidos (potencial redox).

d.- En el caso de los protones (H^+) que se acumulan en el exterior de la célula estableciéndose un gradiente a través de la membrana, la entrada de estos cationes puede realizarse a través de canales especializados de forma que la energía que se libera como consecuencia de la entrada de los protones (destrucción del gradiente) se emplea para la síntesis de ATP. Estos canales son conocidos como protón-ATPasas.

e.- En el caso de proteínas de membrana que han de exportarse al exterior de la célula, éstas tienen secuencias especiales en su extremo amino-terminal que las dirigen hacia la membrana y son procesadas (las secuencias especiales son eliminadas) cuando se produce el tránsito a través de la membrana celular.

Los sistemas de **transporte** a través de la membrana consumen energía porque se realiza un trabajo en contra de un gradiente. Pueden clasificarse en tres grandes grupos: **uniportadores** que transportan un solo tipo de moléculas, **simportadores** que translocan una molécula asociada a otra que se mueve a lo largo de un gradiente de concentración, y **antiportadores** similares a los anteriores pero en los que la energía liberada por el transporte a favor de gradiente de concentración se utiliza para translocar otra molécula en dirección contraria.

2.- **Soporte ordenado de sistemas enzimáticos:** Una gran cantidad de reacciones metabólicas han de llevarse a cabo por conjuntos de enzimas que funcionan en cadena de forma que los productos de la reacción catalizada por una enzima son sustrato de la siguiente y así sucesivamente. Para que estas reacciones puedan producirse es necesario que los constituyentes de estos sistemas multienzimáticos estén colocados correctamente en el espacio de forma que la transferencia de sustratos entre ellos sea la apropiada.

Las membranas biológicas son un buen soporte de sistemas enzimáticos de este tipo ya que en ellas pueden ordenarse en dos dimensiones los constituyentes de la cadena de enzimas. Sistemas enzimáticos de membrana son los responsables de la cadena respiratoria, los de síntesis de pared celular, los de generación de ATP mediante sistemas de protón-ATPasa, los de recepción y transmisión de señales al interior celular, etc.

En la membrana interna se encuentran los sistemas enzimáticos responsables de la síntesis de la propia membrana, los receptores de señales extracelulares (sistemas de dos componentes formadas por un receptor de la señal y un transmisor de la señal al interior celular), el sistema de transporte de electrones acoplado al transporte de protones que forma la cadena respiratoria, el sistema de protón ATP-asa responsable de la síntesis de ATP, el sistema enzimático responsable de las últimas etapas de la síntesis de la capa de peptidoglicano y los sistemas de transporte a través de membrana.

Debido a su naturaleza lipídica las propiedades de las membranas cambian con la temperatura pasando de una estructura de **membrana fluida** a temperaturas altas (similares a las ambientales o a las del interior de los organismos donde viven) a una estructura de **membrana cristalina** cuando la temperatura es demasiado baja. La condición

Microbiología General

Tema 1.- Introducción, morfología y estructura de los microorganismos

fluida o cristalina de una membrana afecta a su actividad y, por consiguiente, al metabolismo general de la célula.

La integridad de la membrana interna es vital para la célula: si se rompe el contenido celular se pierde. Incluso pequeños poros no controlados que se producidos accidentalmente en la membrana pueden ser fatales ya que la generación de la energía celular es sólo posible cuando la membrana interna está íntegra.

Debido a sus especiales características, la membrana interna es diana para la acción de diferentes tipos de antibióticos tales como los inhibidores de la síntesis de peptidoglicano (antibióticos β -lactámico, grupo al que pertenecen la penicilina y sus derivados) o antibióticos formadores de poros que destruyen los gradientes transmembranales.

La membrana interna está empujada por la presión de turgor contra la capa de peptidoglicano.

Estructura del peptidoglicano

El peptidoglicano es una macromolécula que rodea completamente las células bacterianas proporcionándoles un sistema de resistencia mecánica frente a la presión osmótica y confiriéndoles la forma característica de los diferentes grupos bacterianos. La membrana interna por sí sola no es capaz de soportar la presión de turgor (debida a la presión osmótica) de la célula bacteriana. El elemento de resistencia mecánica de la célula es la capa de peptidoglicano.

La capa de peptidoglicano está formada por un polímero complejo denominado **mu-reína** que forma una macromolécula que recubre completamente la célula.

Estructuralmente está formado por cadenas glucosídicas en las que se repite una unidad elemental formada por **N-acetil-glucosamina** unida por un enlace glicosídicos $\beta 1 \rightarrow 4$ a ácido **N-acetil-murámico**. Las unidades elementales también están conectadas entre sí por enlaces glicosídicos $\beta 1 \rightarrow 4$. Las cadenas glucosídicas así formadas pueden ser de longitud variable entre las diferentes especies bacterianas y entre diferentes momentos de la vida de la bacteria.

Las cadenas glucosídicas están colocadas paralelas entre sí y están unidas unas a otras mediante **puentes peptídicos** formados por cadenas de aminoácidos que se unen al resto del ácido N-acetil-murámico.

Las cadenas peptídicas están unidas al ácido N-acetil-murámico y están formadas por aminoácidos en los que se observa una alternancia de restos con configuración L y configuración D. La presencia de **D-aminoácidos** en estas cadenas peptídicas es de la mayor importancia porque no se encuentran aminoácidos de este tipo en otras estructuras celulares procarióticas o eucarióticas y, por tanto, pueden ser dianas específicas para antibióticos que no actúen sobre organismos eucarióticos.

La capa de peptidoglicano presenta un grosor variable según las especies bacterianas: las Gram-positivas tienen una capa de peptidoglicano gruesa, mientras que las Gram-negativas tienen una capa prácticamente monomolecular.

Microbiología General

Tema 1.- Introducción, morfología y estructura de los microorganismos

Membrana externa

Las bacterias Gram-negativas presentan una segunda membrana (**membrana externa**) por el exterior de la capa de peptidoglicano que tiene ciertas diferencias en su estructura respecto a las membranas clásicas. Las más relevantes son la presencia de un **lipopolisacárido** en su cara exterior y la presencia de **porinas**.

El **lipopolisacárido** es una molécula compleja que proyecta hacia el exterior de la célula cadenas de polisacárido. Su importancia radica en que es altamente antigénico. Las variantes de lipopolisacárido de diferentes cepas de una misma bacteria se pueden distinguir usando métodos serológicos. El antígeno de lipopolisacárido se conoce como **antígeno O**.

En las bacterias Gram-positivas, carentes de membrana externa y, por tanto, de lipopolisacárido, una función equivalente a la de éste la realizan los **ácidos teicoicos**.

En la membrana externa se encuentran unas proteínas características denominadas **porinas** que intervienen en abrir vías de entrada de solutos al interior celular. Las porinas son complejos de varias moléculas de proteína que forman un canal por el que pueden atravesar la membrana externa moléculas de hasta 1000 Da de tamaño molecular.

Espacio periplásmico

En las bacterias Gram-negativas, el espacio comprendido entre las membranas interna y externa se denomina espacio periplásmico y comprende un volumen que rodea a la célula conteniendo gran cantidad de enzimas que permiten procesar los nutrientes para que puedan ser transportados al interior celular a través de la membrana interna.

En las bacterias Gram-positivas no hay, en realidad, espacio periplásmico; pero se discute si la parte más interna del peptidoglicano puede desarrollar una función similar reteniendo mediante fuerzas electrostáticas moléculas de enzimas equivalentes a las periplásmicas de Gram-negativos.

Cápsula y capas mucosa.

Muchas bacterias presentan en la parte exterior de sus paredes celulares otras capas que sirven de protección frente a agresiones físicas, químicas o biológicas. Entre estas capas se encuentran cubiertas proteicas que forman una especie de coraza denominada **capa S** y las capas de naturaleza polisacáridica denominadas **cápsulas**.

La capa S está formada por proteínas y glicoproteínas y participa en la adhesión de las bacterias a superficies, la protección frente a la fagocitosis y actúa como barrera frente a enzimas o sustancias que pudieran dañar a las bacterias que la poseen.

Las cápsulas están formadas por polisacáridos o polipéptidos y participan en la adhesión de las bacterias a superficies, retardan la desecación de las bacterias en ambientes secos y proporcionan protección frente a la fagocitosis. No solo las bacterias presentan cápsulas sino que también han sido descritas en algunos hongos unicelulares (*Cryptococcus neoformans*).

Microbiología General

Tema 1.- Introducción, morfología y estructura de los microorganismos

Una característica observable de los microorganismos con cápsula es que forman colonias de aspecto mucoso y liso.

Las diferentes variantes de cápsula de distintas cepas de una misma especie se pueden identificar mediante métodos serológicos. El antígeno capsular se conoce como **antígeno K**.

Apéndices bacterianos: flagelos y fimbrias.

Las bacterias pueden poseer una serie de apéndices celulares que desempeñan funciones diversas:

Flagelos. La mayoría de las bacterias móviles lo son por la acción de los flagelos: estructuras proteicas cuyas características pueden ser fácilmente detectadas por medios serológicos lo que permite la identificación de microorganismos o distintas cepas de una misma especie con facilidad. El antígeno flagelar se conoce como **antígeno H**.

Las bacterias flageladas pueden tener entre uno y 20 flagelos por célula. Su composición es proteica y su tamaño es de unos 20 nm de diámetro y de entre 5 y 20 μm de longitud. Su extremada delgadez hace necesario el uso de sistemas específicos de tinción para poder observarlos.

Los flagelos pueden estar colocados alrededor de la célula (**peritricos**) o en los polos (**polares** o **lofotricos**). El tipo de localización de los flagelos se puede identificar observando el movimiento de la célula.

La función de los flagelos es proporcionar movimiento a las bacterias. Cuando este movimiento se dirige hacia, o en dirección opuesta, a un punto determinado se denomina **tactismo**, distinguiéndose los tipos de tactismo por su fuente atrayente o repelente (fototactismo, quimiotactismo, etc.).

Fimbrias. Son pequeñas fibras de naturaleza proteica que se encuentran en la superficie de muchas especies de bacterias. Su número varía entre 100 y 1000 por bacteria y su tamaño entre 2 a 9 nm de diámetro y 1 a 5 μm de longitud. Estas estructuras son de gran importancia en la adhesión de la célula bacteriana a las superficies que van a colonizar.

Pelo F. Es un tipo especial de fimbria producido por bacterias capaces de transmitir su información genética a otras mediante conjugación bacteriana. Cuando está presente hay sólo uno por célula. Su naturaleza es proteica. Su longitud llega a alcanzar las 10 μm .

Prolongaciones de adhesión. Algunos tipos de microorganismos tienen prolongaciones con forma de ventosa que les permiten adherirse a las células animales que infectan. Esto ocurre, por ejemplo, en ciertos micoplasmas.

Material de reserva

Las bacterias *acumulan* materiales de reserva en forma de inclusiones de **polihidroxibutirato**, **polifosfato**, **gránulos de azufre**, etc.

LAS ESPORAS DE PROCARIONTES Y DE EUCARIONTES.

Las endosporas (**esporas**) son formas de resistencia (a la temperatura, agentes químicos y físicos, desecación, etc.) que presentan algunas bacterias Gram-positivas (*Bacillus*, *Clostridium*). La producción de una endospora por una bacteria es un proceso lento que requiere un tiempo considerable (horas). Se inicia como respuesta a condiciones ambientales adversas y culmina con la muerte de la célula madre de la endospora y la liberación de esta.

En las esporas el material citoplásmico se ha desecado al máximo y han acumulado ciertas moléculas (**ácido dipicolínico**) que les dotan de una gran termorresistencia. La pared celular de las esporas es de un tipo de peptidoglicano modificado.

El la forma y posición de la endospora en la célula productora proporciona información sobre qué especie es. Por consiguiente, tiene valor taxonómico.

En general, puede decirse que las esporas son de forma esférica y suelen aparecer libres, aunque en ocasiones se pueden observar en el interior de las bacterias a las que deforman de una manera característica, lo que sirve para su identificación (*Clostridium*).