



PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“MICROBIOLOGÍA”

HECHO POR:  
SOFIA HERRAN SILVA

TUTOR:  
OSCAR FABIAN DIAZ

 UNIVERSIDAD DEL SURESTE



FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

## INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de investigación, es la base principal de los conocimientos básicos de la microbiología, la microbiología es hoy una ciencia dinámica que tiene ramificaciones en prácticamente todos los aspectos de la vida, tales como la medicina, la agricultura y el medio ambiente.

La microbiología trata de aquellos seres vivos diminutos, tan diminutos que se encuentran por debajo del poder resolutivo del ojo humano.

Dentro de microorganismos se incluyen agentes celulares (virus, viroides, priones), arqueobacterias, bacterias, protozoos, algas y hongos.

Los avances de la ciencia fueron aportando nuevos conocimientos y en 1969 Robert Whittaker reemplaza la inmanejable dicotomía animal/vegetal por el sistema de los 5 reinos: animalia (metazoos), plantae (vegetales superiores - embriófitos), fungí (hongos superiores), protista o protoctista (protozoos, algas eucariotas y hongos inferiores) y monera (bacteria y algas procariotas).

Este trabajo pretende que el alumno pueda determinar y analizar correctamente los conocimientos y terminologías de manera eficaz, para poder lograr ejercerlos a la perfección.

# INDICE

Definición de microbiología.....	1
Personajes históricos relevantes en la microbiología.....	2
Importancia de la bacteriología en medicina veterinaria.....	3
Situación actual de la microbiología.....	4
Relación entre ecología y salud pública.....	5
Diferencias entre procariotas y eucariotas.....	6
Formas y agrupaciones bacterianas.....	7
Componentes estructurales.....	8
Pared celular.....	9
Cápsula y glicocalix. Métodos para la observación de la cápsula.....	10
Fimbrias.....	10
Flagelos: localización y función. Pruebas de motilidad.....	11
Espacios periplásmicos o perilaminar.....	12
Membrana citoplasmática.....	13
Mesosomas.....	14
Ribosomas.....	15
Nucleoide: genoma.....	16
Plásmido y/ o episoma.....	17
Inclusiones granulares.....	18
Estructura de resistencia: espora.....	19
Nutrición.....	20
Fuente de carbono (organotropas y litotropas).....	21
Fuente de energía (fototropas y quimiótropas).....	21
Otros elementos (vitaminas, iones inorgánicos).....	22
Requerimientos físico – químicos.....	22
Temperatura: psicrófilos, mesófilos y termófilos.....	23
Atmósfera: aerobios estrictos, aerobios facultativos y microaerófilas.....	24

## 1.1. DEFINICIÓN DE MICROBIOLOGÍA

La Microbiología es la ciencia encargada del estudio de los microorganismos, seres vivos pequeños (mikros pequeño, bios vida y logos estudio), también conocidos como microbios. Es la rama de la biología dedicada a estudiar los organismos que son solo visibles a través del microscopio (virus, procariontes y eucariontes simples).

La microbiología surgió como ciencia tras el descubrimiento, gracias al perfeccionamiento del microscopio, de los microorganismos. El naturalista holandés Anton van Leeuwenhoek fue el primero en describir, en 1683, estos organismos (a los que bautizó como “animáculos”), que observó con la ayuda de un microscopio construido por él mismo. Fue a partir de la segunda mitad del siglo XIX cuando los conocimientos de la microbiología avanzaron de forma notable, gracias, por una parte, a Louis Pasteur (considerado el padre de la microbiología moderna) y, por otra, a Robert Koch (descubridor del agente responsable de la tuberculosis o bacilo de Koch).

Este desarrollo se vio particularmente estimulado por las implicaciones de la microbiología en el estudio de muchas enfermedades. De este modo, los trabajos de estos dos investigadores y de sus discípulos permitieron descubrir numerosos microorganismos patógenos, proporcionando las bases para el control de diversas enfermedades. Además, Pasteur, durante una conferencia pronunciada en la Sorbona en 1864, estableció un principio fundamental para el avance de las investigaciones: los microorganismos, como los restantes seres vivos, no aparecen de manera espontánea, sino a partir de “gérmenes” existentes en el medio (fue el final de la teoría de la generación espontánea que, durante 200 años, había generado una gran controversia). Pasteur describió también el origen bacteriano de los procesos de fermentación y de muchas enfermedades infecciosas.

La Microbiología quedó durante cierto tiempo como una disciplina descriptiva y aplicada, estrechamente imbricada con la Medicina, y con un desarrollo paralelo al de la Química, que le aportaría varios avances metodológicos fundamentales. La historia de la Microbiología es la relación de los logros de muchos científicos, hombres y mujeres, pero menciona relativamente pocos nombres y acontecimientos destacados. Muchas contribuciones importantes de personas notables y sus nombres, han sido olvidadas, eclipsadas por las sombras de otras que exageraron los cronistas.

Se ha dicho que en ciencia el crédito corresponde a quien convence al mundo, no a quien se le ocurrió por primera vez la idea. Así, en la evolución de la Bacteriología, los nombres más famosos suelen ser los de las personas que convencieron al mundo desarrollando una técnica, ideando un instrumento o exponiendo un concepto que fue generalmente adoptado o que explicaba sus hallazgos con tal claridad o atractivo que la ciencia avanzó y floreció.

## 1.1. PERSONAJES HISTÓRICOS RELEVANTES EN LA MICROBIOLOGÍA

Siguiendo el ya clásico esquema de Collard (1976), podemos distinguir cuatro etapas o periodos en el desarrollo de la Microbiología: Primer periodo, eminentemente especulativo, que se extiende desde la antigüedad hasta llegar a los primeros microscopistas. Segundo periodo, de lenta acumulación de observaciones (desde 1675 aproximadamente hasta la mitad del siglo XIX), que arranca con el descubrimiento de los microorganismos por Leeuwenhoek (1675). Tercer periodo, de cultivo de microorganismos, que llega hasta finales del siglo XIX, donde las figuras de Pasteur y Koch el logro de cristalizar a la Microbiología como ciencia experimental bien asentada. Cuarto periodo (desde principios del siglo XX hasta nuestros días), en el que los microorganismos se estudian en toda su complejidad fisiológica, bioquímica, genética, ecológica, etc., y que supone un extraordinario crecimiento de la Microbiología, el surgimiento de disciplinas microbiológicas especializadas (virología, inmunología, etc), y la estrecha imbricación de las ciencias microbiológicas en el marco general de las Ciencias Biológicas.

El auténtico descubrimiento de la existencia del “mundo invisible”, de los seres vivos microscópicos, fue debido a Antonie van Leeuwenhoek (1632-1723), considerado como el pionero de la microbiología. Construyó más de quinientos microscopios “unilenticulares” (lupas o microscopios simples), con los que realizó multitud de observaciones. Informo de sus observaciones a la Royal Society of London en más de 200 cartas desde 1676 hasta 1683, relatando la existencia de unos pequeños seres, a los que denominaba “animálculos”. Así quedaba descubierto el mundo microbiano y comenzaba una nueva era científica.

En el siglo XIX se perfeccionan los microscopios compuestos, dotados ya de lentes sin aberraciones cromáticas ni esféricas.

La introducción de los objetivos de inmersión en 1878 por parte de Ernest Abbe (1840-1905), incrementó el poder de resolución de los microscopios. El empleo de colorantes en las preparaciones de microorganismos supuso un importante avance en su visualización y diferenciación.

Hoffman (1869) y Weigert (1875) tiñen sus preparaciones (en fresco) con carmín y azul de metileno.

Robert Koch (1843-1910) visualiza en 1877 el agente causante del carbunco (*Bacillus anthracis*), a partir de preparaciones fijadas y teñidas con azul de metileno y en 1882 el agente etiológico de la tuberculosis (*Mycobacterium tuberculosis*). Este método sería perfeccionado por Ziehl (1882) y Neelsen (1883) y hoy se conoce como tinción de ácido-alcohol resistencia.

Hans Christian Joachim Gram (1853-1938), puso a punto en 1884 la tinción diferencial de bacterias que lleva su nombre. Este tipo de tinción, supuso un gran avance en la observación y posteriormente, en la clasificación de las bacterias.

## 1.2. IMPORTANCIA DE LA BACTERIOLOGÍA EN MEDICINA VETERINARIA

La importancia de la bacteriología en la medicina veterinaria es de suma importancia ya que proviene de la rama de microbiología que se encarga del estudio de los microorganismos, sus funciones, formas, estructura, fisiología, como se reproducen y su metabolismo, en este caso serían las bacterias que en general son microorganismos procariontes, organismos unicelulares sencillos ya que no poseen membrana nuclear, mitocondrias, aparato de Golgi, ni retículo endoplásmico y se reproducen por división asexual.

Así también la identificación de la bacteria en nuestro campo de la veterinaria nos permite aislar y distinguir un microorganismo para verificar la autenticidad o las características especiales de un cultivo para identificar el agente causal de una enfermedad.

La bacteriología veterinaria limita su estudio a las bacterias como agentes etiológicos de muchas de las enfermedades infecciosas en los animales.

Es de carácter obligatorio aprenderse para el médico veterinario con qué tipo de bacteria se está tratando cuando el paciente (animal) presenta una signología ya que se puede confundir ya sea con virus, hongos o incluso con subfamilias de bacterias ya que pueden variar de forma, cuando se observa en el microscopio (esférica, bastoncillo, espiral) y también la disposición en la que se encuentran (células aisladas, en cadena e incluso acumuladas) ya que también pueden diferenciarse en su genotipo y su fenotipo, además de que en los animales pueden ser afectados inclusive por factores ambientales (aire, agua, alimentos) en los que se encuentran generando más susceptibilidad a enfermarse de algún microorganismo bacteriano modificando su a la flora normal del individuo si es en alguno de los casos o llegando a alterar funciones normales del órgano y sistemas debido a la patogenicidad de la bacteria llegando a causar la muerte del individuo.

En veterinaria se debe tener un amplia gama de conocimientos de bacteriología para llegar a aprender los mecanismos que se están llevando a cabo cuando una bacteria ingresa al organismo huésped y desencadenan factores que cambian el metabolismo y función del paciente ya que en algunos casos las bacterias no hacen daño en algunas especies y en otras si con estos conocimientos en la bacteriología se llegará a un diagnóstico certero y poder tratar la enfermedad causada por una o varias bacterias por eso es muy importante la bacteriología en medicina veterinaria.

### 1.3. SITUACIÓN ACTUAL DE LA MICROBIOLOGÍA

La genómica y la proteómica aplicada a la microbiología están cambiando la forma de trabajo. Podemos identificar un microorganismo de manera directa o a partir de una muestra clínica en un breve lapso de tiempo, con el consiguiente impacto en gestión del proceso infeccioso. Los métodos basados en espectrometría de masas MALDI-TOF, así como la genómica o la biología molecular, en sus simples variantes tecnológicas o metodológicas aplicadas a la microbiología clínica, permite identificar con total exactitud el agente infeccioso y establecer pautas apropiadas en relación al antimicrobiano a administrar. Mención especial merecen los métodos rápidos, algunos no basados en crecimiento bacteriano que se están implementado para inferir el antibiograma o perfil de sensibilidad a los antimicrobianos. La automatización en todos los procesos añade, además, un componente de eficacia y eficiencia al laboratorio de microbiología.

Hay que destacar, no obstante, las nuevas técnicas de secuenciación masiva (NGS) del ADN, que están suponiendo una revolución en los análisis microbiológicos de un calado similar al que tuvo en su momento la misma reacción en cadena de la polimerasa (PCR). La posibilidad de obtener el genoma de un microorganismo en un breve periodo de tiempo, inimaginable hace pocos años, va a cambiar la manera de entender la propia microbiología por las múltiples aplicaciones que se derivan.

Los estudios acerca de biomarcadores en el diagnóstico y pronóstico de los procesos infecciosos. Ello unido al papel que vana a tener microARN específicos (entre otras moléculas) en la patogénesis de determinados, que va ser algo a tener en cuenta en un futuro breve en los estudios microbiológicos.

Todas estas invenciones tecnológicas permitirán, sin duda, un avance notable en el diagnóstico y tratamiento de las enfermedades infecciosas, así como nuevos horizontes en el conocimiento microbiológico, donde es plausible el desarrollo de nuevas vacunas, así como la aparición de nuevas opciones terapéuticas basadas en biotecnología o nanotecnología. Como consecuencia, no sería tampoco descartable el descubrimiento de nuevos patógenos, así como la asociación entre microorganismos específicos y la etiología de enfermedades inflamatorias, crónicas o incluso oncológicas, sin una *a priori* etiología infecciosa.

## 1.4. RELACIÓN ENTRE ECOLOGÍA Y SALUD PÚBLICA

La ecología es el estudio de la relación entre los seres vivos y su ambiente o de la distribución y abundancia de los seres vivos, y cómo esas propiedades son afectadas por la interacción entre los organismos y su ambiente. El ambiente incluye las propiedades físicas que pueden ser descritas como la suma de factores abióticos locales, como el clima y la geología, y los demás organismos que comparten ese hábitat (factores bióticos).

La salud pública se define como el Arte o ciencia que se ocupa de prevenir las enfermedades, prolongar la vida y promover la salud física a través de esfuerzos sociales orientados a la mejora del medio ambiente, el control de las infecciones de la comunidad, la educación en aspectos higiénico-sanitarios, la organización de los servicios médicos para la rápida detección y el tratamiento preventivo de las enfermedades y el desarrollo de la maquinaria social que asegure a cada individuo de la comunidad un modo de vida adecuado para el mantenimiento de su salud (C.E.A. Winslow, 1920).

Por tanto, su actividad debe traducirse en un aumento de la expectativa de vida mediante la promoción de la salud, la prevención y el control de las enfermedades, la protección de los alimentos y el saneamiento ambiental.

No obstante, aunque la seguridad alimentaria ha sido una pieza clave de la Salud Pública, no debemos olvidar esas otras zoonosis que pueden transmitirse por el contacto entre animales y hombre sin mediación de los alimentos, ya que igualmente tienen importantes implicaciones en Salud Pública y, de hecho, los veterinarios son los responsables de su prevención, control y erradicación evitando que alcancen a la población humana. Algunas de estas enfermedades han pasado a adquirir una relevancia extrema con los cambios climáticos que se están produciendo y la influencia de la globalización en su difusión, hechos que hacen que en algunas zonas donde anteriormente no existían pasen a ser enfermedades emergentes.

La importancia de los aspectos ecológicos en la salud de la población está dada por la influencia mutua de los elementos del ecosistema como por la evolución “no natural” del crecimiento poblacional. La cultura es una característica propia de la raza humana. Pertenece a la cultura los modos de hacer, de interactuar con la naturaleza y de desarrollar tecnología para adaptarse al medio. Gracias al desarrollo del conocimiento y de la tecnología, el hombre puede preservar más a su descendencia, conservar y prolongar la vida y crear condiciones especiales para mejorar la resistencia frente a las agresiones externas.



## 1.5. DIFERENCIAS ENTRE PROCARIOTAS Y EUCARIOTAS

El significado de eucariota proviene del griego, donde "eu" significa "verdadero" y "karyon", "núcleo". De esta forma, la principal característica que define a las células eucariotas es la presencia de un núcleo verdadero en el interior de su estructura celular, el cual delimita y mantiene de forma organizada el ADN de la célula.

Además del núcleo, entre las características de las células eucariotas encontramos que cuentan con un amplio y complejo sistema de orgánulos celulares, entre los que destacan las sorprendentes mitocondrias capaces de generar energía que la célula utiliza para alimentarse y crecer, los cloroplastos presentes en organismos fotosintéticos, así como el citoesqueleto responsable del movimiento celular y el retículo endoplasmático y aparato de Golgi, en los que se fabrican, transportan y modifican innumerables sustancias y componentes químicos de la membrana celular y otras estructuras.

En cuanto a su organización y modo de vida, las complejas células eucariotas son capaces de vivir de forma libre como organismos unicelulares, (como las amebas del reino protista o la levadura, reino Fungi); así como ser capaces de formar agrupaciones y crear organismos pluricelulares de asombrosa complejidad, como son todos los organismos del reino plantae y el reino animalia, y algunos de los hongos del reino fungi.

Las células procariotas son las células más diversas, así como las más simples y antiguas, si nos fijamos en la historia evolutiva de los organismos vivos. Su propio nombre, proveniente del griego "pro" que significa "antes", hace referencia a su existencia anterior a la aparición del otro tipo de células existentes, las eucariotas.

Si hacemos uso de un microscopio electrónico de gran resolución, podríamos observar cómo el interior de las células procariotas se resume prácticamente a una matriz sin una estructura interna bien organizada, donde, en un único compartimento, aparecen el citoplasma (gel acuoso en el que se acumulan moléculas químicas) y el ADN celular. Así mismo, podríamos ver cómo una resistente capa protectora rodea a dicho compartimento, se trata de la pared celular.

Otras de las principales características de las células procariotas son su morfología variable (esférica, de espiral o bastón, etc.), así como su rápida división mediante reproducción asexual, y su capacidad de intercambiar material genético con otros organismos mediante determinadas estructuras presentes en su pared y membrana y celular.

## 1.6. FORMAS Y AGRUPACIONES BACTERIANAS

Las bacterias son microorganismos unicelulares que se reproducen por fisión binaria. La mayoría son de vida libre, a excepción de algunas que son de vida intracelular obligada, como Chlamydias y Rickettsias. Tienen los mecanismos productores de energía y el material genético necesarios para su desarrollo y crecimiento. Las bacterias integran el reino procariota (pro de primitivo y cariota de núcleo). Todos los organismos vivos se pueden dividir en dos tipos celulares: eucariotas y procariotas. Tienen estructuras en común como la membrana celular, los ribosomas encargados de la síntesis proteica y el ácido desoxirribonucleico (ADN) portador de la información genética.

El tamaño de las bacterias oscila entre las 0.5 y 3  $\mu\text{m}$ , pudiendo llegar en algunos tipos a 10  $\mu\text{m}$ . Las bacterias de interés médico tienen un tamaño entre 0.4 y 2  $\mu\text{m}$ . Solo son visibles entonces, al microscopio óptico o microscopio electrónico.

La forma de las bacterias al microscopio está determinada por la rigidez de su pared celular. Básicamente, se diferencian según su forma en cocos (esféricas u ovaladas), bacilos (cilíndrica o de bastones; rectos o curvos) y espirilos (espiral); dentro de estas últimas se encuentran: Treponema, Borrelia y Leptospira). Los espirilos varían en el número de vueltas, desde pocas (Borrelia) a muchas (Treponema). Las bacterias pueden mantenerse unidas unas con otras después de la división celular, pero conservando siempre la independencia celular. Si el plano de división es único, podemos encontrar diplococos o cocos en cadena (microorganismos del género Streptococcus). Si los planos de división son muchos, los cocos pueden agruparse en tétradas o en racimos (Staphylococcus). Los bacilos pueden ser muy cortos (cocobacilos) o muy largos. Sus extremos pueden ser redondeados o rectos; pueden estar aislados, en cadenas, en filamentos o formando letras chinas (Corynebacterium). Los bacilos curvos pueden tener forma de coma (Vibrio cholerae). La morfología bacteriana debe ser observada con el microscopio óptico o el microscopio electrónico, dado el tamaño pequeño de estos microorganismos. El más usado en el laboratorio es el microscopio óptico de campo claro, pero existen otros como el microscopio óptico de campo oscuro en los que los organismos aparecen brillantes en fondo oscuro. Este microscopio permite la visualización de bacterias difíciles de colorear como el Treponema pallidum, agente de la sífilis. Las bacterias pueden observarse sin tinción (examen en fresco) si se las coloca en glicerol o soluciones no acuosas que aumenten el índice de refracción o con tinción usando distintas coloraciones que mejoran su visualización ya que son células incoloras. Dichas tinciones se basan en la afinidad que presentan los colorantes por las estructuras bacterianas. Los colorantes catiónicos, por ejemplo, son atraídos por los componentes de carga negativa como los ácidos nucleicos y los polisacáridos. Ejemplo de este tipo son: el azul de metileno, el cristal violeta y la safranina.

## 1.7. COMPONENTES ESTRUCTURALES

Los organismos multicelulares, animales y plantas, están constituidos por células eucariotas (eu de verdadero). Los protistas, los hongos y las algas que se organizan de forma unicelular, multicelular o en colonias (como los protistas), también poseen células eucariotas. Dentro de este esquema, las bacterias son microorganismos unicelulares procariotas. En este reino, según criterios evolutivos, diferenciamos el grupo de las eubacterias y el de las arqueobacterias. Este último comprende bacterias sin peptidoglicano como las anaerobias que viven en condiciones ácidas calientes, las que viven en condiciones salinas y las que reducen el anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>) a metano. Por lo tanto, éstas viven en las profundidades del mar, en las aguas saladas y en las fuentes ácidas. Las eubacterias, en cambio, viven en el suelo, el agua y los organismos vivos; entre ellas se encuentran las bacterias de interés médico, las bacterias verdes fotosintetizadoras, las cianobacterias o algas verdeazules y las bacterias púrpuras fotosintetizadoras. A continuación, nos referiremos a las eubacterias simplemente como bacterias. Como característica principal, los procariotas no poseen compartimientos intracelulares delimitados por membranas, por lo que carecen de membrana nuclear, a diferencia de los eucariotas. También es importante destacar que el ADN procariota es circular y cerrado, mientras que el eucariota se organiza en cromosomas individuales y se asocia a proteínas de tipo histonas. Las bacterias poseen una pared celular compuesta por peptidoglicano (a excepción de los *Mycoplasmas*) mientras que las células eucariotas no tienen este tipo de pared (la pared celular de los vegetales es de celulosa). La reproducción en los eucariotas puede ser tanto sexuada como asexuada, mientras que los procariotas se reproducen por división simple (forma asexuada). El tamaño de la célula eucariota es mayor que el de la procariota. Los procariotas no poseen citoesqueleto, a diferencia de los eucariotas. Otra diferencia es la presencia de fimbrias o pilis en las bacterias. Los procariotas pueden poseer flagelos, mientras que los de los eucariotas si los poseen, éstos tienen una estructura más compleja. Por último, mencionar que mientras las células eucariotas se reproducen por mitosis, las células procariotas lo hacen por fisión binaria. En dicho proceso la célula crece, se forma un tabique y finalmente se desprenden dos células nuevas. En este proceso se produce también la replicación del ADN, de forma que las células hijas contienen cada una un duplicado idéntico del genoma de la progenitora.

La mayoría de las bacterias se multiplican rápidamente y son visibles como colonias cuando se las siembra en medios de cultivo sólidos adecuados. Requieren una incubación de aproximadamente 24 horas en una atmósfera que favorezca su desarrollo, a temperatura óptima. Existen excepciones como *M. tuberculosis*, que requiere para su desarrollo de dos a ocho semanas de incubación.

## 1.8. PARED CELULAR

La pared celular bacteriana es una estructura compleja y semirrígida, encargada de otorgarle protección y forma a las bacterias. Estructuralmente, está compuesta por una molécula llamada peptidoglicano. Además de la protección ante los cambios de presiones, la pared bacteriana provee un sitio de anclaje para estructuras como flagelos o pilis y define varias propiedades relacionadas con la virulencia y la motilidad de la célula.

Una metodología ampliamente usada para clasificar a las bacterias según la estructura de su pared celular es la tinción de Gram. Esta consiste en una aplicación sistemática de colorantes púrpura y rosa, donde las bacterias con pared gruesa y rica en peptidoglicano se tiñen de morado (gram positivas) y las que presentan una pared fina rodeada de lipopolisacáridos se tiñen de rosa (gram negativas).

En las bacterias, la pared celular está compuesta por una red intrincada y compleja de una macromolécula llamada peptidoglicano, también conocida como mureína.

La glicocálix consiste en una matriz de consistencia gelatinosa que se encuentra rodeando a la pared, y es de composición variable (polisacáridos, polipéptidos, etc). En algunas cepas bacterianas la composición de esta capsula contribuye a la virulencia. También es un componente crucial en la formación de las biopelículas.

La función principal de la pared celular en las bacterias es otorgar protección a la célula, funcionando como una especie de exoesqueleto (como el de los artrópodos). Las bacterias contienen una cantidad importante de solutos disueltos en su interior. Por el fenómeno de ósmosis, el agua que las rodea intentará entrar a la célula creando una presión osmótica, que si no es controlada puede llevar a la lisis de la célula. Si la pared bacteriana no existiese, la única barrera protectora del interior celular sería la frágil membrana plasmática de naturaleza lipídica, la cual cedería rápidamente ante la presión causada por el fenómeno de ósmosis. La pared celular bacteriana forma una barricada de resguardo ante las oscilaciones de presiones que puedan ocurrir, lo cual permite prevenir la lisis de la célula.

Gracias a sus propiedades de rigidez, la pared contribuye a darle forma a la bacteria. Es por ello que podemos diferenciar entre varias formas de bacterias según este elemento, y podemos usar esta característica para establecer una clasificación basada en las morfologías más comunes (cocos o bacilos, entre otros).

Por último, la pared celular sirve como un sitio de anclaje para otras estructuras relacionadas con la motilidad y el anclaje, como los flagelos.

## 1.9. CÁPSULA Y GLICOCALIX. MÉTODOS PARA LA OBSERVACIÓN DE LA CÁPSULA

Glucocalix es el término que se refiere generalmente a sustancias que rodean la célula. El glucocalix bacteriano es un polímero viscoso, pegajoso, gelatinoso y se encuentra rodeando a la célula y está compuesto por polisacáridos, polipéptidos o ambos.

La cápsula bacteriana es la capa rígida con borde definido formada por una serie de polímeros orgánicos que en las bacterias se deposita en el exterior de su pared celular. Generalmente contiene glicoproteínas y un gran número de polisacáridos diferentes, incluyendo polialcoholes y aminoazúcares.

La cápsula es una capa rígida organizada en matriz impermeable que excluye colorantes como la tinta china. En cambio, la capa de material extracelular que se deforma con facilidad, es incapaz de excluir partículas y no tiene un límite definido, se denomina capa mucosa o glicocálix. Ambas se pueden detectar con métodos como la tinción negativa o la tinción de Burri.

La cápsula les sirve a las bacterias de cubierta protectora resistiendo la fagocitosis. También se utiliza como depósito de alimentos y como lugar de eliminación de sustancias de desecho. Protege de la desecación, ya que contiene una gran cantidad de agua disponible en condiciones adversas. Además, evita el ataque de los bacteriófagos y permite la adhesión de la bacteria a las células animales del hospedador.

## 1.10. FIMBRIAS

Las fimbrias, con sus tres o 10 nanómetros de diámetro, son agregados filamentosos rígidos y rectos, de menor grosor y longitud que los flagelos. Es posible encontrar numerosas fimbrias en microorganismos, en especial en las bacterias gran-negativas, es decir, las que se tiñen de rosado suave-en lugar de violeta o azul oscuro-en respuesta a la coloración del Gram. En algunos textos se habla de su presencia en bacterias gran-positivas, donde están ligadas covalentemente, es decir entre dos átomos.

Las fimbrias abundan en la membrana del citoplasma. Varía la cantidad en cada célula, puede haber escasamente una o centenares y miles de ellas. Están dispuestas en torno a la periferia de la célula y, en ocasiones, en la inserción polar. A causa de una agitación mecánica celular, junto a una ultra centrifugación, se puede generar un aislamiento de las fimbrias.

## 1.11. FLAGELOS: LOCALIZACIÓN Y FUNCIÓN. PRUEBAS DE MOTILIDAD

Los flagelos bacterianos son apéndices largos y unos que se encuentran libres por un extremo y unidos a la célula por otro. Su tamaño es de 15 a 20nm de grosor y 20um de largo.

La disposición y número de flagelos en una bacteria tienen importancia taxonómica. Existen dos tipos de flagelación: flagelación polar, los flagelos se localizan en uno o ambos extremos de la célula y pueden ser monótrico (un flagelo en un polo de la célula), lofótrico (varios flagelos en un polo de la célula), anítrico (varios flagelos en ambos polos de la célula). Flagelación peritrica, los flagelos se distribuyen sobre toda la superficie celular.

La forma de los flagelos no es recta sino helicoidal y muestra una distancia constante entre cada dos vueltas adyacentes que se denominan longitud de onda. El movimiento del flagelo es por rotación.

El filamento de los flagelos se compone de sub unidades de una proteína llamada flagelina, la base del flagelo posee una estructura diferente a la del filamento. Por un lado, existe una región más ancha que el filamento que se denomina gancho, que consta de un tipo único de proteína y cuya función es unir el filamento a la parte motora del flagelo, la cual se ancla en la membrana citoplasmática y en la pared celular, esta constituida por un eje central que atraviesa una serie de anillos.

El movimiento rotatorio del flagelo lo proporciona el cuerpo basal. La energía requerida para la rotación procede de la fuerza motriz de protones: el flujo de protones a través de la membrana citoplasmática por el complejo mot que impulsa la rotación del flagelo.

Tb se ha propuesto un modelo llamado "turbina de protones" para explicar la rotación del flagelo según el cual los protones que huyen por canales a través del estator (proteínas mot) ejercen fuerza electrostática sobre carga de las proteínas del rotor que están dispuestas helicoidalmente. Las atracciones entre las cargas negativas y positivas originan que el cuerpo basal rote a medida que los protones pasan por el estator.

La síntesis del flagelo en bacterias y por lo tanto la movilidad depende de varios genes (más de 50 genes relacionados con el movimiento se revelaron en el estudio de E. Coli y Salmonella). Un flagelo individual no crece desde su base, sino que crece desde su punta.

## 1.12. ESPACIOS PERIPLÁSMICOS O PERILAMINAR

El espacio periplásmico es una región de la envuelta o pared celular de las bacterias gramnegativas que puede verse mediante microfotografías electrónicas como el espacio comprendido entre la membrana plasmática y la membrana externa de estas.

En las bacterias grampositivas también puede observarse un espacio similar, aunque de menor tamaño, pero entre la membrana plasmática y la pared celular, puesto que estas no tienen una envoltura con doble membrana.

El término “espacio periplásmico” fue originalmente empleado por Mitchell en el año 1961, quien lo describió, empleando algunos parámetros fisiológicos, como un reservorio de enzimas y un “tamiz molecular” entre dos capas membranosas. Ambos términos descriptivos siguen siendo ciertos en la actualidad.

El lector debe recordar que la envuelta celular de las bacterias gramnegativas es una estructura de múltiples y complejas capas, diferentes todas en cuanto a su espesor, composición, funcionalidad e interacciones, que es tanto elástica como resistente, puesto que previene la desintegración de las células gracias a que mantiene la presión osmótica interna.

Diferentes estudios citológicos han demostrado que el espacio periplásmico no se trata de una sustancia líquida, sino más bien de un gel que se conoce como periplasma. Este está comprendido por la red de peptidoglucano y diversos componentes proteicos y moleculares.

El peptidoglucano está compuesto por unidades repetidas del disacárido N-acetil glucosamina- ácido N-acetilmurámico, que están entrecruzadas por cadenas laterales pentapeptídicas (oligopéptidos de 5 residuos aminoacídicos).

La membrana externa está estrechamente asociada con el peptidoglucano incluido en el periplasma gracias a la presencia de una pequeña y abundante proteína denominada lipoproteína de Braun o lipoproteína de mureína. Esta proteína se asocia con la membrana externa a través de su extremo hidrofóbico y apunta hacia el interior del espacio periplásmico.

El espacio periplásmico ha de ser visto como un continuo funcional y la localización de muchas de sus proteínas depende, más que de limitaciones físicas dentro del compartimiento, de la localización de algunos de los componentes estructurales a los que estas se unen.

### 1.13. MEMBRANA CITOPLASMÁTICA

Membrana citoplasmática: La membrana citoplasmática, como la mayoría de las membranas celulares, es una cubierta molecular asimétrica que delimita externamente a todas las células. Su estructura básica es una bicapa lipídica a la que se asocian proteínas, con una disposición no regular, y en ocasiones carbohidratos; esta disposición de las moléculas en la membrana es móvil y les permite ser reordenadas en dependencia de su desempeño.

La membrana citoplasmática está formada por una capa bimolecular de lípidos, con proteínas embebidas en esta y carbohidratos asociados a los lípidos y proteínas. Presentan poros funcionales los cuales se abren o cierran según los requerimientos de las células. Tiene forma asimétrica y es muy dinámica.

La función de esta membrana es ser una barrera, selectivamente permeable, entre la célula y su ambiente, para ello presenta una diferenciación en su composición química interna y externa, lo que provoca que su interior esté cargado negativamente con respecto al exterior que se carga positivamente, este contraste crea el llamado potencial de membrana que, como se analizará en estudios posteriores, juega un papel fundamental en la actividad celular. El intercambio a través de la membrana citoplasmática con el medio puede llevarse a cabo por simple difusión (transporte pasivo) a favor del gradiente de concentración o en contra de este, selectivamente, con gasto de energía celular (transporte activo). Este intercambio implica movimiento molecular, es decir entrada de sustancias necesarias a la célula para realizar sus funciones vitales y salidas de otras indeseables. También, esta membrana puede incorporar porciones del medio externo a través de partes de ella, capaces de envolverlas, proceso conocido como endocitosis y, después de ser digeridas en el interior celular, por unos organelos conocidos como lisosomas, expulsar los restos al exterior por un proceso inverso, conocido como exocitosis. En la cara exterior de la membrana se presentan sitios específicos, asociados a las proteínas, conocidos como receptores moleculares que son responsables, entre otros, del reconocimiento hormonal y la respuesta inmunológica del organismo. La membrana también desempeña funciones importantes en la relación con las células que la rodean.

El citoplasma se define como el contenido celular sin contar el núcleo, separado del medio exterior por la membrana citoplasmática. Consta de una sustancia no corpuscular conocida como citosol, formado por una solución coloidal, tipo sol, compuesta fundamentalmente por agua y otras sustancias tanto orgánicas como inorgánicas. El citosol es el medio donde se produce gran parte del metabolismo celular y alberga al conjunto de orgánulos citoplasmáticos.



## 1.14. MESOSOMAS

Se conoce como mesosomas, a los repliegues membranosos intracitoplásmicos que se observan en la mayor parte de las bacterias, y donde se encuentran las enzimas encargadas de los procesos metabólicos celulares, que suceden en la membrana plasmática de las células procariontas.

Corrientemente, los mesosomas se relacionan con la zona nuclear o próxima al lugar de división de la célula. Su función es muy parecida a lo que se realiza en la mitocondria de los eucariotas, que es una zona relacionada con la respiración, pero los mesosomas no se encuentran en células eucariotas.

Los mesosomas contienen las enzimas necesarias para los procesos metabólicos, tales como la duplicación y transcripción del ADN bacteriano, división o síntesis proteica; reacciones de respiración, glucólisis y fotosintéticas.

Se destacan dos tipos de mesosomas: Mesosomas septales, forman el tabique en la división celular y la formación del pre esporo. Mesosomas laterales, tienen funciones sintéticas y secretoras. Ejemplo: Exoenzimas como Betalactamasas.

Actúan en la partición del cromosoma bacteriano, Intervienen en la síntesis del tabique que se forma en la división bacteriana, Ayudan a aumentar la superficie de la membrana plasmática y sujetan el cromosoma bacteriano, Son poseedoras de una cantidad de enzimas que se utilizan para dirigir la duplicación del ADN bacteriano mediante la ADN-polimerasa y sus movimientos mesosómicos, Intervienen en la respiración, ya que posee una membrana con estructura similar a los ATP-sintetasas de las mitocondrias, Favorecen el incremento de la membrana plasmática. Existen enzimas que regulan la formación de los fosfolípidos y Conducen la fotosíntesis en bacterias fotosintéticas, porque los fotosistemas están ubicados en la membrana del mesosoma.

Son prolongaciones en forma de rulo abierto. No tienen compartimentos y acumulan gran cantidad de corpúsculos respiratorios adheridos a ella. Varían en cantidad y tamaño.

Su estructura es igual a la de la membrana. Habitualmente se ven asociados a la zona nuclear o próxima al lugar de división de la célula.

## 1.15. RIBOSOMAS

Los ribosomas son las macromoléculas responsables por la síntesis o traducción de los aminoácidos del ARNm (en células eucariotas) y producción de las proteínas en los seres vivos (en células eucariotas y procariotas).

La función más importante del ribosoma es la síntesis de las proteínas, elemento esencial para el funcionamiento general de todos los seres vivos.

En las células procariotas (sin núcleo definido), los ribosomas son producidos en el citoplasma, mientras que, en las células eucariotas (con núcleo definido) se generan en el nucleolo dentro del núcleo celular.

Los ribosomas se caracterizan por estar presentes en la gran mayoría de las células de todos los seres vivos. Tanto en células procariotas (núcleo indefinido) y células eucariotas (núcleo definido), los ribosomas tienen la importante función de sintetizar o traducir la información para la producción de proteínas.

Por otro lado, las proteínas son la base para la mayoría de los procesos biológicos necesarios en el ciclo de vida de una célula. Por ejemplo, son responsables por el transporte de sustancias, regeneración de tejidos y regulación del metabolismo.

La función del ribosoma, tanto de las células procariotas (bacterianos) o eucariotas, es la de producir las proteínas según los aminoácidos codificados en el ARN mensajero (ARNm o mRNA).

La diferencia entre el ribosoma bacteriano y el de las células con núcleo celular definido (eucariotas) es que el ribosoma de la última tiene además la función de sintetizar o traducir la información del ARNm.

Los ribosomas están compuestos por dos subunidades, una grande y otra pequeña, más una cadena de ácido nucleico ARN mensajero comprimido que pasa entre ambas.

Cada subunidad del ribosoma está formada por un ARN ribosómico y una proteína. Juntos organizan la traducción y catalizan la reacción para generar cadenas polipeptídicas que serán la base para las proteínas.

Por otro lado, los ARN de transferencia (ARNt) son los encargados de llevar los aminoácidos al ribosoma y emparejar el ARN mensajero con los aminoácidos que codifican la proteína que será producida por el ribosoma.

## 1.16. NUCLEOIDE: GENOMA

El nucleoide (que significa núcleo-como) es una región de forma irregular dentro de la célula de un procarionta que contiene la totalidad o la mayor parte del material genético, llamado genophore. En contraste con el núcleo de una célula eucariótica, no está rodeado por una membrana nuclear. El genoma de los organismos procariontas generalmente es una pieza circular de doble hebra de ADN, de los cuales pueden existir copias múltiples en cualquier momento. La longitud de un genoma varía ampliamente, pero generalmente es al menos unos pocos millones de pares de bases. Como en todos los organismos celulares, la longitud de las moléculas de ADN de los cromosomas bacterianos y arcaicos es muy grande en comparación con las dimensiones de la célula, y las moléculas de ADN genómico deben ser compactadas para encajar.

El nucleoide es la región de la célula que contiene el material primario del ADN, que incluye varias proteínas y enzimas que transcriben el ADN y el ARN y ayudan con el crecimiento y el desarrollo de la célula. Los nucleóidos son componentes de organismos unicelulares clasificados como procariontas. Junto con una membrana plasmática y el citoplasma, los nucleoides forman los tres componentes principales que poseen todas las células procariontas.

La evidencia experimental sugiere que el nucleoide está compuesto en gran parte de ADN, aproximadamente 60%, con una pequeña cantidad de ARN y proteína. Es probable que los dos últimos constituyentes sean principalmente el ARN mensajero y las proteínas del factor de transcripción que regulan el genoma bacteriano. Las proteínas que llevan a cabo la organización espacial dinámica del ácido nucleico se conocen como proteínas nucleóides o proteínas asociadas a nucleótidos (NAP) y son distintas de las histonas de núcleos eucariotas.

Los cambios en la estructura del nucleoide de bacterias y arqueas se observan después de la exposición a las condiciones de daño del ADN. Los nucleoides de la bacteria *Bacillus subtilis* y *Escherichia coli* se hacen significativamente más compactos después de la irradiación UV. La formación de la estructura compacta en *E. coli* requiere la activación de RecA a través de interacciones RecA-DNA específicas. La proteína RecA desempeña un papel clave en la reparación recombinacional homóloga del daño del ADN.

El nucleoide es la región de la célula que contiene el material primario del ADN, que incluye varias proteínas y enzimas que transcriben el ADN y el ARN y ayudan con el crecimiento y el desarrollo de la célula. Los nucleóidos son componentes de organismos unicelulares clasificados como procariontas. Junto con una membrana plasmática y el citoplasma, los nucleoides forman los tres componentes principales que poseen todas las células procariontas.

## 1.17. PLÁSMIDO O EPISOMA

Un plásmido es un elemento genético extracromosómico que ocurre principalmente en procariontes. Además, puede replicarse independientemente del genoma. Generalmente, los plásmidos son moléculas de ADN bicatenarias circulares y pequeñas. Además, no contienen genes necesarios para la supervivencia de las bacterias. Sin embargo, contienen algunos genes importantes para la selección del huésped. Su tamaño puede variar de 1-200 kbp. Además, el número de plásmidos idénticos puede variar entre 1-1000. Eso significa que pueden ocurrir diferentes tipos de plásmidos dentro de la misma célula. Por otro lado, debido a la replicación autónoma, los plásmidos se conocen como replicones. Sirven como una unidad de replicación única debido a la presencia de un origen de replicación.

Un episoma es un plásmido integrador, que es un elemento genético extracromosómico no esencial igual que los plásmidos en los procariontes. En general, los plásmidos capaces de integrarse en el genoma en procariontes también se conocen como episomas. Sin embargo, la integración en el genoma permite un mantenimiento estable del ADN episomal durante varias generaciones. Como ejemplo, el ADN en algunos virus como los herpesvirus, los adenovirus y los poliomavirus sirven como episomas.

Además, el factor F, que es un grupo de incompatibilidad de plásmidos, es otro ejemplo de episomas. En general, existe en tres estados. Aquí, las células con el estado autónomo extracromosómico se conocen como células F<sup>+</sup>. Además, las células Hfr son las células con factores F integrados en el genoma. Por otro lado, en el estado primario F, el factor F existe fuera del cromosoma, pero con una sección de ADN cromosómico unido a él. Además, los episomas se pueden distinguir de otros elementos extracromosómicos por su gran tamaño, que es de alrededor de 62 kbp. Además, los episomas pueden replicarse de forma autónoma en el citoplasma. En contraste, en los eucariotes, los episomas se refieren al elemento genético extracromosómico no integrativo.

Un plásmido se refiere a una estructura genética en una célula, que puede replicarse independientemente de los cromosomas, típicamente una pequeña cadena de ADN circular en el citoplasma de los procariontes, mientras que el episoma se refiere a un elemento genético, que puede replicarse especialmente en asociación con un cromosoma con el que se convierte integrado. Por lo tanto, esta es la principal diferencia entre el plásmido y el episoma.

## 1.18. INCLUSIONES GRANULARES

Son acúmulos de sustancias orgánicas o inorgánicas, rodeadas o no de una envuelta limitante de naturaleza proteínica, que se originan dentro del citoplasma bajo determinadas condiciones de crecimiento. Constituyen reservas de fuentes de C o N (inclusiones orgánicas) y de P o S (inclusiones inorgánicas).

Son acumulaciones de  $\alpha$  (1 $\rightarrow$ 4) glucanos, con ramificaciones en  $\alpha$  (1 $\rightarrow$ 6), principalmente almidón o glucógeno (según especies), que se depositan de modo más o menos uniforme por todo el citoplasma cuando determinadas bacterias crecen en medios con limitación de fuente de N, pero donde aún sean abundantes las fuentes de C y energía. En esta situación, se detiene prácticamente la síntesis de proteínas y de ácidos nucleicos, y la mayor parte del C asimilado se convierte rápidamente en estos materiales de reserva. Cuando a estas células las pasamos a un medio rico en N, pero carente de fuente de C, estas inclusiones se usan como fuente interna de C para la síntesis de ácidos nucleicos y proteínas.

Los gránulos de poli- $\beta$ -hidroxibutírico son acúmulos del poliéster del ácido  $\beta$ -hidroxibutírico (= 3-hidroxibutírico), rodeados de una envuelta proteínica, y que al igual que en el caso anterior, se producen en ciertas bacterias como reserva osmóticamente inerte de C en condiciones de hambre de N. Además de la protección osmótica, estos gránulos suponen la ventaja de neutralizar un metabolito ácido (el grupo carboxilo de cada unidad de  $\beta$ -hidroxibutírico desaparece como tal, al intervenir en el enlace éster con la siguiente unidad). En las especies de *Bacillus* constituye la fuente de carbono y energía al inicio de la esporulación. Una función semejante parece implicada a la hora del enquistamiento de *Azotobacter*.

Una célula puede contener de 8 a 12 de estos gránulos, que miden unos 0.2-0.7  $\mu$ m de diámetro, y que van provistos de una envuelta proteica de unos 3-4 nm de grosor. Pueden llegar a representar el 80% en peso de la célula.

Se produce por una rama lateral de la ruta de síntesis de los ácidos grasos, a través de  $\beta$ -hidroxibutiril-CoA. En los gránulos, el polímero queda asociado a un sistema complejo que será utilizado en la degradación, pero este sistema habrá de activarse antes.

A diferencia de los acúmulos de polisacáridos, los gránulos de PHB son visibles a microscopio óptico en fresco, debido a su elevado índice de refringencia. Se tiñen bien mediante Negro-Sudán.

## 2.1. ESTRUCTURA DE RESISTENCIA: ESPORA

Los microorganismos detectan y se adaptan a los cambios en su ambiente. Cuando se agotan los alimentos favorecidos, algunas bacterias pueden llegar a ser motile para buscar alimentos, o pueden producir enzimas para explotar recursos alternativos. Un ejemplo de una estrategia extrema de la supervivencia empleada por ciertas bacterias que son Gram positivas y de bajo contenido de G+C es la formación de endosporas. Este proceso de desarrollo complejo se inicia a menudo en respuesta a la privación de nutrientes. Esto permite que la bacteria produzca una célula inactiva y altamente resistente para preservar el material genético de la célula en tiempos de estrés extremo.

La resistencia de una endospora se puede explicar en parte por su estructura celular particular. La capa proteica externa que rodea la espora proporciona mucha de la resistencia química y enzimática. Debajo de la capa reside una capa muy gruesa de peptidoglicano especializada llamada la corteza. La formación apropiada de la corteza es necesaria para la deshidratación de la base de la espora, que ayuda en resistencia contra temperaturas altas. La pared celular de germen reside debajo de la corteza. Esta capa de peptidoglicano será convertida en la pared de célula de la bacteria después de que la endospora germine. La membrana interna, debajo de la pared de célula de germen, es una barrera importante de permeabilidad contra varios productos químicos potencialmente perjudiciales. El centro de la endospora, la corteza, existe en un estado muy deshidratado y contiene la ADN de la célula, los ribosomas y las cantidades grandes de ácido dipicolínico. Este producto químico puede abarcar hasta 10% del peso seco de la espora y aparece desempeñar un papel en inactividad de la espora que mantiene. Las proteínas solubles en el ácido pequeñas (SASPs) también se encuentran solamente en endosporas. Estas proteínas atan y condensan la ADN, y están firmemente responsable por resistencia contra la luz UV y a los productos químicos ADN dañinos. Otras estructuras y productos químicos se asociaron a las endosporas incluyen tallos, toxinas de cristal, o una capa externa adicional de la glicoproteína llamada el exosporo.

El proceso de formación de una endospora es complejo. El organismo modelo usado para estudiar la formación del endospore es *Bacilo subtilis*. El desarrollo de una endospora requiere varias horas para terminar. Los cambios morfológicos dominantes en el proceso se han utilizado como marcadores para definir etapas de desarrollo. Mientras que una célula comienza el proceso de formar una endospora, se divide asimétrico (etapa II). Esto da lugar a la creación de dos compartimientos, de la célula más grande de la madre y del foresporo más pequeño. Estas dos células tienen diversos destinos de desarrollo.

## 2.2. NUTRICIÓN

El estudio de la nutrición microbiana se puede desglosar en varios apartados: así, podemos considerar los tipos de nutrientes requeridos, los aspectos cuantitativos, e incluso podemos abordar los aspectos ambientales (en cuyo caso entramos dentro del campo de la Ecofisiología). Igualmente podemos estudiar la aplicación práctica de la nutrición bacteriana, que se plasma sobre todo en el diseño de medios de cultivo para manejar los microorganismos en el laboratorio.

La mayoría de las células procariotas son heterótrofas. Es decir, consiguen su alimento incorporando materia orgánica formada por otros seres vivos. De ellas, la mayor parte son saprobios, lo que significa que se alimentan de materia orgánica muerta y de esta forma contribuyen a reciclar la materia en los ecosistemas.

Pueden realizar tanto catabolismos aeróbicos —con la utilización del oxígeno— como anaeróbicos, mediante fermentaciones, muchas de las cuales son útiles para nuestras industrias.

Hay bacterias heterótrofas que viven asociadas a otros organismos, con provecho mutuo, serían por lo tanto simbióticas. Un ejemplo claro es *Escherichia coli*, bacteria que vive en el tracto intestinal humano. Muchos herbívoros pueden aprovechar la celulosa gracias a la flora microbiana de sus tubos digestivos que contienen la enzima celulasa. Otra simbiosis es la de algunas plantas con bacterias fijadoras del nitrógeno atmosférico (*Rhizobium*) en que la planta aprovecha parte del nitrógeno fijado por la bacteria que, a su vez, aprovecha parte de los azúcares de la planta.

La quimiosíntesis es la formación de materia orgánica a partir de materia inorgánica utilizando la energía producida en reacciones químicas. Las rutas metabólicas son semejantes a las de la fotosíntesis.

Tienen unos colores característicos debidos a los pigmentos con los que captan la luz. Hay dos grandes grupos: Las más abundantes son las cianobacterias células aeróbicas con el mismo tipo de clorofila que los cloroplastos de las plantas superiores. Fueron los primeros seres que produjeron oxígeno en la Tierra. de hecho, el oxígeno atmosférico se debe a su actividad incesante ya hace muchos millones de años: la actual atmósfera es producto de la vida. Algunos pueden fijar el nitrógeno atmosférico, por lo que es probable que fueran los primeros colonizadores del medio terrestre.

Las llamadas bacterias verdes y las púrpuras contienen otro pigmento diferente, la bacterioclorofila, con la que aprovechan la energía luminosa. En ambos grupos, las llamadas sulfúreas utilizan compuestos de azufre reducido como donadores de electrones para los procesos biosintéticos.

### 2.3. FUENTE DE CARBONO (ORGANOTROPAS Y LITOTROPAS)

Muchos procariotes pueden crecer en compuestos de un carbono como única fuente de carbono. Los compuestos más comunes son: Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), Metano (CH<sub>4</sub>), Metanol (CH<sub>3</sub>OH) y Metilamina (CH<sub>3</sub>NH<sub>2</sub>).

Pocos procariotes anaerobios (metanógenos) pueden utilizar el CO<sub>2</sub> como fuente de carbono y también como aceptor de electrones, reduciendo a metano y produciendo ATP.

Autótrofos: organismos que emplean el CO<sub>2</sub> como fuente de carbono. Crecimiento Autotrófico: Ribulosa difosfato carboxilasa (RubisCO). Convierte la ribulosa 1,5-difosfato en ácido 3-fosfoglicérico. RubisCO: Se encuentra presente en, bacterias púrpura, Cianobacterias, Algas, Plantas verdes, muchas bacterias Quimiolitótrofas, algunas arqueobacterias halófilas e hipertermófilas, Carboxisomas. Ciclo de Calvin: Carboxilación. La enzima rubisco cataliza la combinación de la ribulosa difosfato con el CO<sub>2</sub>, formándose un compuesto intermedio e inestable (de 6 átomos de carbono), que se descompone en dos moléculas de fosfoglicerato (con 3 átomos). Ciclo de Krebs reverso: Emplea una ferredoxina reducida proveniente de la fotosíntesis. Bacterias que realizan el Ciclo de Krebs reverso: Bacterias verdes del azufre (Chlorobium). Vía del Hidroxipropionato: Acetil-CoA/propionil-CoA carboxilasa es la enzima clave de la vía. Bacterias que realizan la vía del Hidroxipropionato: Bacteria filamentosa, anoxigénica, no todas las especies pueden emplear los sulfuros como donador de electrones. Chloroflexus generalmente es fotoheterótrofo y utiliza H<sub>2</sub> y sulfuros como donadores de electrones. Cuando crece autotróficamente fija CO<sub>2</sub> por la vía del hidroxipropionato.

### 2.4. FUENTE DE ENERGÍA (FOTÓTROPAS Y QUIMIÓTROPAS)

Los organismos necesitan materia y energía. Elementos químicos (materia): Agua (H<sub>2</sub>O), fuentes de carbono (C), CO<sub>2</sub>, se denominan Autótrofos. Moléculas orgánicas: Heterótrofos (monosacáridos, aminoácidos, lípidos, celulosa “algunas bacterias y hongos”, hidrocarburos “bacterias del petróleo”). Fuente de nitrógeno (N): Moléculas orgánicas (aminoácidos azufrados, moléculas inorgánicas (SO<sub>4</sub><sup>=</sup>, SH<sub>2</sub>, S, (bacterias del azufre). Fuente de fósforo: Fósforo inorgánico. Otros elementos: Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>+2</sup>, Cl<sup>-</sup>, Fe<sup>+3</sup>, Ca<sup>+2</sup>, etc: En forma iónica inorgánica.

Hay dos fuentes básicas de energía: la luz y las reacciones de oxidación-reducción. En función de ello los organismos pueden ser: Fotótrofos: fuente de energía la luz. Quimiótrofos: energía de las reacciones de oxidación-reducción: Fermentación y respiración.



## 2.5. VITAMINAS, IONES INORGÁNICOS

Las sales minerales son la fuente de aniones (p. ej. el  $\text{Cl}^-$ ) y de cationes para la célula. Los siguientes cationes, concretamente, se necesitan en cantidades relativamente grandes:  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Fe}^{++}$ .

El ión potasio interviene en la activación de una variedad de enzimas, incluyendo las que participan en la síntesis de proteínas.

En Gram-positivas está asociado con los ácidos teicoicos de la pared.

El ión magnesio ( $\text{Mg}^{++}$ ): Estabiliza ribosomas, membranas y ácidos nucleicos; como cofactor en muchas reacciones, especialmente las que implican transferencia de grupos fosfato. Por ejemplo, en las reacciones que requieren ATP, el  $\text{Mg}^{++}$  puede unir la enzima al sustrato durante el mecanismo de acción de la primera.

Participa de las clorofilas y bacterioclorofilas de bacterias fotosintéticas.

El ión calcio ( $\text{Ca}^{++}$ ): es un cofactor de ciertas enzimas, como proteinasas.

## 2.6. REQUERIMIENTO FÍSICO-QUÍMICO

Existen ciertas sustancias químicas que influyen negativamente sobre las bacterias, pudiendo ejercer dos tipos de efectos diferentes: o bacteriostáticos: cuando impiden el crecimiento bacteriano; o bactericidas: cuando destruyen (matan) las bacterias. En general, si no sólo nos referimos a las bacterias, sino a cualquier tipo de microorganismos, hablamos respectivamente de agentes microbiostáticos y microbicidas. Ahora bien, para una misma sustancia química, la línea de demarcación entre un efecto microbiostático y otro microbicida depende muchas veces de la concentración de dicha sustancia y del tiempo durante el que actúa. Agentes esterilizantes son aquellos que producen la inactivación total de todas las formas de vida microbiana (o sea, su “muerte” o pérdida irreversible de su viabilidad). (También existen agentes físicos esterilizantes, como ya vimos en los dos capítulos anteriores). Agentes desinfectantes (o germicidas) son agentes (sobre todo químicos) antimicrobianos capaces de matar los microorganismos patógenos (infecciosos) de un material. Pueden (y en muchos casos suelen) presentar efectos tóxicos sobre tejidos vivos, por lo que se suelen emplear sólo sobre materiales inertes. Agentes antisépticos son sustancias químicas antimicrobianas que se oponen a la sepsis o putrefacción de materiales vivos. Se trata de desinfectantes con baja actividad tóxica hacia los tejidos vivos donde se aplican.

## 2.7. TEMPERATURA: PSICRÓFILOS, MESÓFILOS Y TERMÓFILOS

Las bacterias se pueden clasificar según diferentes factores, como la estructura, el metabolismo y los componentes celulares. Las bacterias se pueden clasificar en cinco clases diferentes denominadas Psicrófilos, Psicrotrófilos, Mesófilos, Termófilos e Hipertermófilos según la temperatura de crecimiento óptima. La diferencia clave entre los mesófilos y los termófilos es que Los mesófilos viven en temperaturas moderadas mientras Los termófilos viven en temperaturas relativamente altas. Cada microorganismo tiene tres temperaturas cardinales denominadas mínima, óptima y máxima. La temperatura óptima de los mesófilos es de 37. 0C mientras que la temperatura óptima de los termófilos es 50 0do.

Los mesófilos son microorganismos que crecen mejor en temperaturas moderadas. No pueden vivir en condiciones extremas de temperatura (frialdad excesiva o calor excesivo). Su rango de temperatura se encuentra entre 20 0C a 45 0C. La temperatura óptima de un mesófilo es 37 0do.

Las bacterias mesófilas son consideradas como las mejores descomponedoras del suelo. También están involucrados en la contaminación y degradación de los alimentos.

Los termófilos son los organismos que crecen mejor a altas temperaturas. Por lo tanto, también son conocidos como organismos que aman el calor. Son un tipo de extremófilos. Los termófilos se encuentran en ambientes hostiles como el suelo expuesto a la luz solar directa, ensilaje, pilas de compost, ambientes volcánicos, aguas termales, fuentes hidrotermales de aguas profundas, etc. Las bacterias termófilas son consideradas como las primeras bacterias en la tierra. Estos organismos poseen estructuras estables que pueden soportar altas temperaturas o calor. También poseen enzimas termoestables. En general, las enzimas no pueden funcionar a altas temperaturas, ya que son proteínas responsables del calor. Sin embargo, las enzimas termoestables que poseen los termófilos pueden funcionar a una temperatura elevada. Algunas de estas enzimas se usan en biología molecular (por ejemplo: Taq polimerasa usada en la PCR) y en reactivos de lavado. Los termófilos tienen membranas ricas en ácidos grasos saturados. Por lo tanto, la estabilidad de la membrana es alta en comparación con los mesófilos. El ADN de los termófilos también tiene mayor estabilidad. El contenido de G-C es alto en termófilos.

Los mesófilos y los termófilos son dos grupos de microorganismos clasificados según los rangos de temperatura. Los mesófilos viven en temperaturas moderadas mientras. Los termófilos viven en altas temperaturas. Esta es la principal diferencia entre los mesófilos y los termófilos.

## 2.8. ATMÓSFERA: AEROBIOS ESTRICTOS, FACULTATIVAS Y MICROAEROFÍLICAS

Las bacterias se clasifican de acuerdo con sus necesidades y su tolerancia al oxígeno:  
Facultativas: crecen en presencia o en ausencia de oxígeno

Microaerófilos: requieren la mínima concentración de oxígeno (en forma típica 2 a 10%) y, en muchos casos, una concentración elevada de dióxido de carbono (p. ej., 10%); crecen muy poco en condiciones anaerobias

Bacterias anaerobias obligadas: no pueden desarrollar el metabolismo aerobio, pero tienen una tolerancia variable al oxígeno.

Los anaerobios obligados se replican en sitios con potencial oxidorreductor bajo (p. ej., tejido necrótico, desvascularizado). El oxígeno es tóxico para ellos. Los anaerobios obligados se han clasificado en función de su tolerancia al oxígeno: Estricta: tolera solo  $\leq$  oxígeno al 0,5%. Moderado: tolera oxígeno al 2-8%. Anaerobios aerotolerant: toleran el oxígeno atmosférico por tiempo limitado.

Los anaerobios obligados que suelen causar infecciones pueden tolerar el oxígeno atmosférico durante al menos 8 horas y con frecuencia lo toleran hasta 72 horas.

Los anaerobios obligados son componentes importantes de la microflora normal de las mucosas, en especial de la boca, la porción inferior del tubo digestivo y la vagina; estos microorganismos causan enfermedad cuando las barreras mucosas fallan.

Los anaerobios gramnegativos y algunas de las infecciones que causan son: Bacteroides (más frecuente): infecciones intraabdominales

Fusobacterium: abscesos, infecciones de heridas e infecciones pulmonares e intracraneales

Porphyromonas: neumonía aspirativa y periodontitis

Prevotella: infecciones intraabdominales y de los tejidos blandos

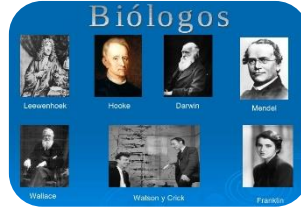
Las infecciones anaerobias típicas son supuradas y causan abscesos con tejido necrótico, y a veces tromboflebitis séptica, formación de gas o ambas. Muchos anaerobios producen enzimas que destruyen los tejidos, además de algunas de las toxinas paralizadoras más potentes conocidas.

Por lo general, múltiples especies de anaerobios están presentes en los tejidos infectados; con frecuencia también hay aerobios (infecciones anaerobias mixtas).

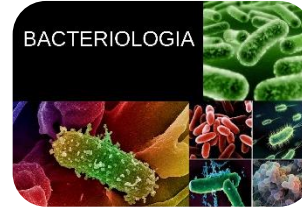
# ANEXOS



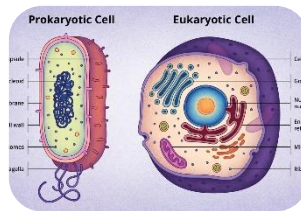
A partir de la microbiología se estudian las enfermedades infecciosas que padece cualquier paciente y gracias a ella se logra determinar cuál es el tratamiento más adecuado para cada enfermedad y paciente.



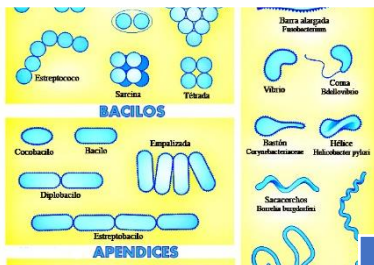
"las enfermedades son provocadas por diminutos animales invisibles a simple vista, que transportados en el aire, penetran el interior del cuerpo por la boca y nariz"- (Varro, 117-26 a de J.C)



En otros tiempos se pensaba que las bacterias aparecían por generación espontánea a partir de materia inerte. Leeuwenhoek publicó su descubrimiento más o menos en 1683. Pero aún así tuvieron que pasar muchas generaciones de químicos y biólogos para que se demostrase que las bacterias se reproducen unas a partir de otras, como todos los seres vivos.



La célula es la unidad de vida más pequeña, y es un componente fundamental para definirnos como seres vivos. Puesto que su tamaño es tan reducido, no se descubrió hasta que se inventó el microscopio.



El estudio de las diferentes estructuras y composición ha permitido ha permitido comprender como muchas bacterias se relacionan con el hombre, yasea como integrantes de la flora normal o agresoras para el mismo.