Reino Moneras. Las cyanophytas. Las bacterias y su importancia en la sanidad, la industria y la investigación básica.

Esquema del tema

1. Introducción y justificación
2. Reino Moneras
   - 2.1. Cyanophytas
   - 2.2. Eubacterias
   - 2.3. Arqueobacterias
3. Importancia en sanidad, industria e investigación básica
   - 3.1. Enfermedades causadas por bacterias
   - 3.2. Importancia industrial
   - 3.3. Importancia en investigación básica
4. Conclusión
5. Bibliografía

5. BIBLIOGRAFÍA:

Mandigan, M.T., et al (2021). Brock. Biología de los microorganismos. Pearson Education

2. Reino Moneras

Término empleado en la clasificación en 5 reinos de los seres vivos propuesta en 1969 por Whittaker y que agrupa todos los organismos procariotas, es decir, aquellos sin núcleo ni orgánulos membranosos en sus células. Hoy día esta organización se ha visto reemplazada a favor de la estructuración en tres dominios de Woese, aunque sigue siendo frecuente en manuales y lirbos de texto por resultar más pedagógica y permitir una introducción a la organización de los seres vivos más sencilla que permita asentar unas bases sobre las que desarrollar posteriormente el sistema de dominios.

A lo largo del tiempo ha sufrido diversas variaciones, especialmente al tratarse de una formulación en desuso. Pese a ello se pueden separar tres grandes grupos con características diferenciadoras.

2.1. Cyanophytas

También llamadas **cianobacterias**, bacterias con **fotosíntesis oxigénica**. A lo largo de los años se han nombrado también como algas verde-azuladas, pese a no pertenecer a este grupo, por la presencia de ficocianina y carotenoides.

Abarca unas 2000 especies, apareciendo los primeros ejemplares fósiles en el Precámbrico. Son asimismo los responsables del incremento del oxígeno atmosférico, lo que desencadenó un cambio radical en los ecosistemas del planeta y la primera extinción masiva, también llamada **La Gran Oxidación** - evidencia geológica rocas BIF (oxidación del hierro mineral).

Estructuralmente:

- Vaina gelatinosa externa: puede contener pigmentos y toxinas y permite la formación de colonias.
- Pared celular: similar a las bacterias Gram$^-$ (biestratificada) con mureína.
- Membrana plasmática
- Citoplasma: con un **centroplasma** difernciado donde se encuentra el ADN, similar al de mitocóndrias y cloroplastos, y un **cromoplasma** formado por sáculos de pigmentos fotosintéticos y ribosomas.

Nutrición autótrofa con fotosíntesis oxigénica. Tienen capacidad de fijación de N_2 y reducirlo a amonio (NH_4^+) gracias al enzima nitrogenasa, que es inhibida por el oxígeno, siendo por tanto incompatible con la fotosíntesis. Son funciones independientes en el tiempo o espacio. Algunas especies lo han solucionado gracias a la formación de **heterocistes**, células con pared de celulosa engrosada encargadas de fijar el nitrógeno dentro de las colonias. Estas carecen de fotosistema II por lo que no se libera oxígeno. Algunas forman simbiosis con plantas acuáticas aportando nitrógeno.

Reproducción más común es asexual, mediante fragmentación de filamentos originando **hormogonios**. También pueden aparecer esporas o exosporas que se liberan al romperse la pared.

En aguas eutrofizadas originan **floraciones o blooms**, afectando al equilibrio de la masa de agua y provocando la muerte de numerosos organismos como peces.

Han colonizado todo tipo de medio, incluyendo aguas termales y géiseres.

Se clasifican en dos subdivisiones:

- **Gloeobacteria**: con una única clase.
- **Phycobacteria**: que incluye dos clases organizadas en distintos órdenes como las Chroococcales que pueden formar colonicas, las Oscillatoriales con cierto grado de diferenciación estructural entre los extremos o Nostocales como *Nostoc* que en algunas culturas como la china se consume por su alto contenido proteico.

2.2. Eubacteria

Este también es un término en desuso. Fueron descubiertas inicialmente por van Leewenhoek, el cual creía que se originaban por generación espontánea en la materia en descomposición. Estas ideas serían finalmente desmentidas por Pasteur, así como los experimentos previos de Spallanzani.

Se organizan por **tipos morfológicos**:

- **Bacilos** - cilíndricos alargados pudiendo aparecer en grupos de 2-diplo, línea-estrepto.

- **Espirilos** - con forma de sacacorchos.
- **Vibrios** - forma de coma.
- **Cocos** - forma esférica. También pueden formar grupos de 2-diplo, línea-estrepto, en un mismo plano-estafilo, o tres dimensiones-sarcinas.

Morfológicamente tamaño microscópico. Cuentan con cápsula, que aparece en casi todos los grupos patógenos, rica en glúcidos de gran tamaño y que participa en el intercambio de sustancias y la defensa frente a antibióticos, fagos y la desecación. Dependiendo de la estructura de la pared celular presentan **tinción diferencial Gram**.

- **GRAM$^+$**: se tiñen de azul, tienen una pared monoestratificada con capa basal de mureína y proteínas, polisacáridos y ácidos teicoicos unidos a esta.
- **GRAM$^-$**: no se tiñen quedando de color rosado. Pared biestratificada con capa de mureina más pequeña. La membrana externa es una bicapa lipídica con alta actividad enzimática y glucolípidos como el LPS (patogenicidad).

La pared ayuda a mantener la forma celular además de regular el intercambio iónico y aportar resistencia frente a agentes externos. Gran relevancia médica por ser el principal responsable de la virulencia de la bacteria y los antígenos presentes en ésta los causantes de la respuesta inmune.

La membrana plastmática es semejante a eucariotas pero con mesosomas, repliegues que participan en el anclaje del cromosoma y participan en la duplicación del ADN, la respuración celular, síntesis de fosfolípidos de membrana, fotosíntesis, etc.

Los únicos orgánulos libres son los ribosomas 70S, más pequeños que en eucariotas. Pueden aparecer inclusiones de reserva o desechos y vacuolas gaseosas.

El **ADN bacteriano** es una molécula única bicatenaria, circular y superenrollada sin proteínas histonas, anclada por los mesosomas. Además pueden aparecer **plásmidos**, ADN circular extracromosómico de replicación independiente y que confiere beneficios a la bacteria como capacidad metabólica o resistencia a antibióticos.

Recordar uso de plásmidos como herramientas en biología molecular para la expresión de ADN exógeno en modelos celulares. Otras herramientas semejantes incluyen los BAC y YAC, cromosomas bacterianos y de levaduras respectivamente.

Algunas bacterias presentan flagelos, que se prolongan a partir de una estructura basal (motor) de 4 anillos discoidales que actúan como anclaje y apoyo para el movimiento. Además presenta una estructura en forma de gancho y un filamento largo formado por una o dos fibras helicoidales de flagelina. Pueden variar en número y posición:

- monotricas - un solo flagelo
- lafotricas - varios en un polo
- anfitricas - grupos en ambos polos
- peritricas - varios rodeando la célula

Estudios recientes han permitido identificar la gran complejidad estructural y funcional de los flagelos bacterianos.

Johnson, S., Furlong, E.J., Deme, J.C. et al. Molecular structure of the intact bacterial flagellar basal body. Nat Microbiol 6, 712–721 (2021).

Además pueden presentar fimbrias o pili, filamentos huecos y delgados de fimbrina con función de fijación o transferencia de ADN mediante conjugación.

Nutrición existen tanto formas **autótrofas** como **heterótrofas**.

Autótrofas tanto bacterias fotosintéticas, con **fotosíntesis anoxigénica** usando solo el fotosistema I en corpúsculos cromatóforos con clorofila especial (bacterias verdes, rojas...), como **quimiosintéticas** y obtienen la energía de la oxidación de sustancias inorgánicas, realizando la asimilación del carbono (fijación de CO_2) a través del Ciclo de Calvin. Algunas como Rhizobium fijan directamente nitrógeno atmosférico (simbiosis con raíces de leguminosas). Otras son capaces de oxidar el amoniaco a nitritos (Nitrosomas) o estos a nitratos (Nitrobacter), en ningún caso conocido una bacteria realiza ambos procesos. También hay bacterias del azufre que lo oxidan a ácido sulfúrico y sulfatos.

En cuanto a las formas heterótrofas, pueden tener modo de vida saprófita, simbiótica o patógena. Relevante la forma de vida simbionte con rumiantes para la degradación de celulosa (Fibrobacteer, Clostridium), en humanos a nivel de flora intestinal (Escherichia coli) o en vegetales como leguminosas (Rhizobium).

Relación en muchas ocasiones muestran respuestas a estímulos como fototactismo o quimiotactismo. En respuesta a ambientes adversos pueden originar formas de resistencia o endosporas, llegando a mantenerse durante varios siglos latentes.

> Dada la enorme capacidad de resistencia de estas forma, en Svalbard un archipiélago en la zona ártica de Noruega está prohibido morirse. Esto es dado que un cuerpo no se descompondría en el suelo congelado y podría mantener patógenos durante largos periodos de tiempo poniendo en peligro a la población si se llegara a descongelas.
> Esto mismo sucedió en 2015 cuando el deshielo de la tundra ártica en una zona donde había antiguas fosas, provocó una epidemia de carbunco por Bacillus anthracis que infectó a un centenar de personas causando además la muerte de un niño.

Reproducción por bipartición tras la duplicación del ADN, con importante participación de los mesosomas en la formación de un septo entre las nuevas células. Además pueden llevar a cabo mecanismos **parasexuales** de intercambio de información genética con otras bacterias, incluso de especies diferentes.

- **Conjugación**: transmisión a través de pili. Bien de un episoma de libre replicación con el plásmido F^+ o bien Hfr (alta frecuencia de replicación), en cuyo caso sólo pasa el fragmento génico codificante pero no el Factor F codificante para los pili sexuales.
- **Transducción:** mediante un agente transmisor como un fago, que porta fragmentos de ADN desde la última célula infectada a la próxima donde se une produciendo un evento de recombinación.
- **Transformación**: introducción de fragmentos de ADN libres en el medio. La muerte de bacterias con potencial patógeno puede liberar estos fragmentos (genes de resistencia o patogenicidad) y transformar simbiontes no patógenos, este es uno de los peligros del mal uso de antibióticos, generando un presión selectiva hacia la resistencia. **Importantes** los experimentos de transformación de Griffith identificando el ADN como principio transformador empleando para ello las cepas R y S de Streptococcus pneumoniae.

Ecosistemas han oocupado todos los ambientes. En condiciones favorables son capaces de expandirse rápidamente con tiempos de duplicación reducidos y crecimiento exponencial mientras que no halla limitación de nutrientes o espacio. 4 fases de crecimiento: latencia-exponenncial-estacionaria-muerte.

Cumplen un papel fundamental en la biosfera como descomponedores, permitiendo la recuperación de carbono, nitrógeno, azufre o fósforo al medio en forma inorgánica. En los medios acuáticos también reciclan nutrientes esenciales siendo especialmente relevantes las bacterias sulfurosas fotosintéticas ya que degfradan el sulfuro de hidrógeno producto del metabolismo de otras bacterias y limitando la acidificación del medio y eliminando un compuesto de elevada toxicidad para otros organismos.

2.3. Arqueobacterias

Microorganismos unicelulares procariotas, actualmente separados del resto de bacterias en su propio dominio **Archea**.

Cuentan con una pared celular de composición diferencial con **pseudomureína** (pseudoproteoglicano) además de membranas celulares con composición química única dado que presentan una estereoquímica del glicerol opuesta a la presente en el resto de bacterias y eucariotas. Esta molécula se une a las cadenas laterales a través de enlaces éter en lugar de éster, más aún las cadenas laterales son isoprenoides (20-40 carbonos) en lugar de ácidos grasos (16-18 carbonos). En ocasiones pueden formarse monocapas con regiones polares en los extremos

con las moléculas de glicerol y ácido fosfórico unidas por isoprenoides de cadena larga. También pueden presentar flagelos móviles.

Las características de sus membranas permiten la adaptación a medios extremos, siendo muchas de ellas extremófilas con alta resistencia a temperaturas elevadas (Geogemma de vida en géisers o Methanopirus que crece a unas temperaturas de en torno a 122ºC), alta salinidad como el género Halobacterium o pHs extremos como Piccophilus toorridus que puede crecer a pH cercano a 0 equivalente a vivir en ácido sulfúrico 1,2 molar.

Recordar forma de vida extrema implica adaptación de las proteínas propias del organismo. Relevante investigación en la identificación de extremoenzimas en estos seres vivos con potencial interés biomédico.

Estos organismos presentan similitudes con eucariotas como ARN polimerasas similares, traducción mediante elementos tipo eucarionte, genes con intrones en algunos casos y nucleosomas con proteínas semejantes a histonas. Estudios filogenéticos apuntan a que serían las arqueas del grupo **Asgard** (Argardarchaeota) el origen evolutivo de los organismos eucariotas, por tanto el ancestro común procariota más próximo.

3. Importancia en sanidad, industria e investigación básica

Muchas de ellas tienen forma de vida patógena, salvo en el caso de arqueas en donde no se conocen casos de patogenicidad.

3.1. Enfermedades causadas por bacterias

Muchas bacterias generan activación del sistema inmune al entrar en contacto con el medio interno del organismo por considerarse elementos extraños. Además, también pueden producir toxinas capaces de provocar efectos patológicos en el organismo.

- **Exotoxinas**: proteínas solubles que se liberan al medio. Son susceptibles de eliminarse con calor (desnaturalización de la proteína y pérdida de función).
  - Enterotoxinas: afectan a la mucosa gastrointestinal - toxina colérica.
  - Citotoxinas: matan a las células - toxina diftérica.
  - Neurotoxinas: bloquean el impulso nervioso - toxina botulínica.
- **Endotoxinas**: las principales los **LPS** (lipopolisacáridos) de la membrana de las bacterias Gram$^-$. Son resistentes al calor, provocan fiebre, diarrea o shock tóxico.

Dependiendo del patógeno existen distintos medios de transmisión:

- **Aire**: en organismos más resostentes, bien Gram$^+$ o formas con endosporas.
  - Difteria: destrucción de los tejidos de la garganta y potencial asfixia. Vacuna.
  - Tos ferina: más frecuente en niños, vacuna y antibiótico. (Bordella pertusis)
  - Tuberculosis: destrucción del tejido pulmonar, se trata con quimioterapia y antibióticos. Descubridor Koch, bacillo de Koch o Mycobacterium tuberculosis.
- **Agua**: frecuentemente bacterias del tracto intestinal con focos a través de contaminación con heces.
  - Vibrio cholerae: cólera, provoca diarreas y deshidratación.
  - Cepas de E. coli generan gastroenteritis de gravedad variable.
  - Salmonella typhii: fiebres tifoideas.
- **Contacto**: como la lepra (Mycobacterium leprae. También a través de vías de entrada como heridas abiertas (Clostridium) o enfermedades de transmisión sexual (ETS) como Treponema pallidum o Neisseria gonorrhoeae.
- **Vectores**: en su mayoría animales salvajes que actúan como reservorios de la enfermedad, pasando a humanos de forma directa o a través de animales domésticos. Mayoritariamente artrópodos.
  - Yersinia pestis: plagas de las ratas - historicamente algunas de las mayores pandemias de la humanidad, destaca en el S.XIV (1347-1352) la peste negra que provocó unos 25-30 millones de muertos.

- Brucelosis: Brucella es una enfermedad común del ganado, con efectos económicos relevantes.
- Enfermedad de Lyme transmitida por garrapatas (Borrelia.

En el extremo opuesto **bacterias beneficiosas**. Cada vez es más amplia la información sobre la relevancia sanitaria de una microbiota adecuada y equilibrada. Así toman valor los tratamientos probióticos así como el avance en terapias como los trasplantes de microbiota para mejorar patologías con disbiosis así como infecciones recurrentes.

Uno de los aspectos con potencial interés es el **eje intestino hipotálamo** y la relevancia de una buena salud intestinal, siendo en esta de gran valor la microbiota, con la capacidad de regeneración neuronal y la prevención de patologías neurodegenerativas.

3.1.1. Importancia industrial

En producción **alimentaria**: como los derivados lácteos (Lactobacillus), aprovechando la capacidad de fermentación. También en el vinagre (Acetobacter), así como en suplementos alimentarios como la B12 de producción bacteriana.

En **farmacéutica**: gracias a la ingeniería genética que permite la introducción de secuencias codificantes de proteínas de interés para su producción en grandes cantidades a costes reducidos. **Insulina**, que antiguamente se obtenía de mamíferos compatibles, mucho más costoso y menor producción, mientras que hoy se genera en su totalidad por síntesis microbiana. En este área destaca también los **antibióticos** y **vacunas** diseñadas para tratar las enfermedades procovadas por bacterias salvando millones de vidas en todo el mundo.

En 2020 más de 1 millón de muertes por resistencia antibiótica pero se calcula que para 2050 pueda superar los 10 millones anuales.

Producción de compuestos químicos de interés como el butanol, la acetona o el dextrano entre otros.

3.1.2. Importancia en investigación básica

Durante el desarrollo de las **técnicas de ingeniería genética y en biología molecular**, las bacterias son un recurso esencial en la investigación básica ya que suponen el **primer modelo** de estudio sobre el que diseñar, generar y expandir los vectores de interés (plásmidos) que luego se introducen en otros modelos como células eucariotas o modelos animales.

Algunas también se emplean en la mejora de plantas mediante la modificación de cepas.

Otro caso de uso relevante es como **biorremediadores**. Gracias a la capacidad de crecimiento rápido y elevada tasa de mutación se puede realizar una selección artificial mediante la exposición a un compuesto de interés seleccionando los mutantes capaces de metabolizarlo y eliminarlo. Así se generan cepas capaces de degradar comopuestos xenobióticos, petróleo o para la depuración de aguas residuales y eliminación de metales pesados.