

18

CLASIFICACIÓN DE LOS MICROORGANISMOS

I. PROCARIOTAS

A. Origen y evolución de los procariontes

- Los primeros seres vivos que aparecieron sobre la Tierra hace unos 3.700 millones de años y eran células procariontes, ya que carecían de núcleo. Estos organismos procariontes (bacterias) debieron alcanzar un gran éxito en su desarrollo y reproducción gracias a su notable poder de adaptación hace unos 3.5 mil millones de años.
- Hace unos 1.500 millones de años surgieron células más especializadas llamadas eucariotas, es decir, con núcleo verdadero. Registros fósiles de esa época muestran un abrupto incremento en el tamaño y las formas celulares.
- Los organismos eucariotas multicelulares (Plantas, Animales, Hongos) debieron surgir hace entre 1.000 y 700 millones de años.
- En 1987, Carl Woese, trabajando con técnicas de secuenciación, a partir del ARNr 16S, descubrió que dentro del grupo de los procariontes se habían incluido organismos que, a nivel molecular, eran bastante divergentes.
- En 1990 planteó la necesidad de definir un nuevo taxón, el Dominio, que estaría por encima del Reino y reagrupar a los seres vivos en 3 grandes dominios (que englobarían a los clásicos 5 reinos).
- El Sistema de los Tres Dominios, propuesto por Woese et al., es un modelo evolutivo de clasificación basado en:
 - las diferencias en las secuencias de nucleótidos en los ribosomas y ARNs de transferencia de la célula;
 - la estructura de los lípidos de la membrana;
 - y la sensibilidad a los antibióticos.
- Este sistema propone que una célula antepasado común ("LUCA", *Last Universal Cellular Ancestor*) dio lugar a tres tipos diferentes de células, cada una representaría un dominio. Los tres dominios son *Archaea*, *Bacteria*, y *Eukarya*.

CARACTERÍSTICAS	DOMINIOS		
	Eubacteria	Archaea	Eukarya
Membrana nuclear	Ausente	Ausente	Presente
Orgánulos membranosos	Ausentes	Ausentes	Presentes
Peptidoglicanos en la pared celular	Presentes	Ausentes	Ausentes
Lípidos de la membrana	Con uniones de tipo éster. No conectados	Con uniones de tipo éter. Conectados	Con uniones de tipo éster. No conectados
Ribosomas	70S	70S	80S
ARNt iniciador	Formilmetionina	Metionina	Metionina
Operón	Sí	Sí	No
Plásmidos	Presentes	Presentes	Raros
ARN polimerasas	Una	Varias	Tres
Sensibilidad al cloranfenicol y a la estreptomina	Sí	No	No
Ribosomas sensibles a la toxina de la difteria	No	Sí	Sí
Algunos son metanógenos	No	Sí	No
Algunos fijan nitrógeno	Sí	Sí	No
Algunos realizan fotosíntesis	Sí	No	Sí

Teoría Autógena

- Esta Teoría asume que las células *Eucariotas* se formaron directamente de un antecesor arqueobacterial mediante la compartimentación de diferentes funciones producto de invaginaciones de la membrana plasmática.
- Esta Teoría funciona bien para poder explicar la formación del sistema de endomembranas que está compuesto por retículo endoplasmático, Golgi y la membrana nuclear, además de orgánulos como los lisosomas. Pero no explica la formación de las mitocondrias y cloroplasto que presentan una doble membrana.

Teoría Endosimbiótica

- Lynn Margulis planteó la *Hipótesis Endosimbiótica* en su libro "*Origin of Eukaryotic Cells*" publicado en 1970. Por años fue rechazada, pero hoy en día los conocimientos acumulados en relación con la evolución de organismos eucarióticos validan la endosimbiosis como una teoría fundamental para explicar eventos fundamentales de la historia evolutiva celular.
- La Teoría Endosimbiótica pone énfasis en que las células eucarióticas evolucionaron no por mutaciones genéticas sino por múltiples combinaciones de un número de células determinadas.
- Basados en las comparaciones de moléculas secuenciadas (ARNr, ARN polimerasa, proteínas hsp70 y ATPasas), se evidencia que el ancestro de las células eucariotas es el resultado de eventos de fusión entre una Eubacteria Gram-negativa y una Arqueobacteria "Eocito" y ambos grupos contribuyeron a la formación del genoma nuclear.
- Ambas Teorías no son excluyentes para la evolución de los eucariotes.

B. Diferencias entre procariontes y eucariotas

C. Organización estructural de las células bacterianas

1. Morfología y tamaño

- Tamaño: Las bacterias presentan un pequeño tamaño, por lo general menor que el de una célula eucariótica típica (*Escherichia coli*: 0.5 x 2 µm). Sin embargo, existe un amplio rango de tamaños, según las especies:
 - Una bacteria muy grande es *Beggiatoa gigantea*, con un tamaño similar al de muchas células eucarióticas (40 µm). Sin embargo, el auténtico "gigante" entre las bacterias, recién descubierto (1993), mide nada menos que 0,5 mm (se trata de *Epulopiscium*, un comensal del intestino de ciertos peces tropicales).
 - *Bacillus megaterium* mide 1.3 x 3 µm.
 - Una bacteria relativamente pequeña es *Haemophilus influenzae*, que mide 0.25 x 1.2 µm.

- Los organismos celulares más pequeños que existen son los micoplasmas, muchos de los cuales no superan los 0.2 µm de diámetro.

De 1 a 10 µm de largo y de 0,2 a 1 µm de ancho.

- **Forma:** cocos (esféricas), bacilos (alargadas), espirilos (espirales) y vibriones (forma de “coma”).
- **Agrupaciones bacterianas:** se forman cuando las células tienden a permanecer unidas tras la división. Pueden ser: diplococos y diplobacilos (parejas); estreptococos y estreptobacilos (cadenas); Tétradas (cuatro cocos en un plano), sarcinas (paquetes cúbicos) y estafilococos (racimos irregulares)

2. Cápsula

- No aparece en todas las bacterias. Compuesta por polisacáridos y proteínas. En muchas ocasiones está relacionada con la capacidad patógena de algunas bacterias. Función protectora (deshidratación, fagocitosis, bacteriófagos, anticuerpos).

3. Pared celular

- Cubierta externa rígida compuesta principalmente por peptidoglicanos. Da forma a las bacterias y las protege de los fenómenos osmóticos. La acción de muchos antibióticos consiste en interferir en la síntesis de la pared celular.
- **Bacterias Gram-positivas.** Gruesa y monoestratificada. 90% de peptidoglicanos + ácidos teicoicos, polisacáridos y polipéptidos.
- **Bacterias Gram-negativas.** Fina y estratificada. 5-20% de peptidoglicanos + lipoproteínas y lipopolisacáridos formando una membrana externa.

4. Membrana plasmática

- Membrana lipoproteica (45% de lípidos) con estructura de membrana unitaria. Mantiene constante el medio interno gracias a su permeabilidad selectiva y contiene numerosos enzimas que intervienen en procesos metabólicos.

5. Membranas internas

- La membrana plasmática tiene numerosos repliegues hacia el interior con funciones diversas.
- Las bacterias fotosintéticas poseen tilacoides que contienen los pigmentos fotosintéticos.
- Los **mesosomas** se encuentran unidos al ADN e intervienen en su repartición durante la división.

6. Citoplasma

- Está compuesto por un medio líquido denominado **citocitol** que contiene partículas insolubles en suspensión, incluyendo ribosomas.
- El citosol es una disolución acuosa que contiene iones, pequeñas moléculas y macromoléculas solubles como ciertas proteínas.
- **Inclusiones.** Gránulos de reserva que contienen glucógeno, lípidos o polifosfato.
- **Vacuolas gaseosas.**
- **Ribosomas.** 70S (50S+30S). 60% ARN + 40% proteínas. Sintetizan proteínas.

7. Nucleoide y plásmidos

- Se conoce como **nucleoide** a la región concreta del citoplasma en la que se encuentra el material genético (**genóforo**) de la bacteria. Está constituido, con pocas excepciones, por una sola molécula desnuda de ADN circular bicatenario superenrollado.
- Aunque en general es adecuado decir que el genoma de los procariontes consta de un solo cromosoma, muchas bacterias poseen, además, uno o varios elementos genéticos accesorios extracromosómicos, a los que denominamos **plásmidos**. Son pequeñas moléculas de ADN circular con capacidad de replicación autónoma que confieren a la bacteria ciertas propiedades (capacidad de formar pelos sexuales, resistencia frente antibióticos,...). Los plásmidos no suelen determinar productos esenciales para el crecimiento (por eso son dispensables), pero en la naturaleza parece que resultan favorecidas las bacterias con algún plásmido).

8. Apéndices externos

- **Flagelos.** Dan motilidad a las células que los llevan. Estructura diferente de los de células eucarióticas. No están rodeados por la membrana plasmática. Poseen un corpúsculo basal (unido a la membrana y pared celulares), un gancho y un largo filamento. Su inserción suele ser polar o subpolar, aunque también existen bacterias con inserción lateral. Existen bacterias monotricas, lofotricas (con un penacho de flagelos en un extremo), anfitricas y peritricas.
- **Pelos o fimbrias.** Son apéndices filamentosos rectos y rígidos más cortos que los flagelos que aparecen en muchas bacterias, especialmente en bacterias Gram-negativas. Están formados por proteína (pilina) dispuesta helicoidalmente dejando un hueco central y se implantan a nivel de la membrana plasmática. Sirven para unirse a sustratos vivos o inertes (fimbrias adhesivas) y, los denominados pelos sexuales (más largos y gruesos), intervienen en la conjugación bacteriana.

D. Fisiología

1. Nutrición y metabolismo

- La larga historia evolutiva de las bacterias, que ha permitido la exploración de los más diversos medios, se pone de manifiesto en su extraordinaria variedad de capacidades metabólicas.
- Algunos procariontes sólo pueden realizar un metabolismo **anaerobio** porque el oxígeno les resulta tóxico. Los **anaerobios facultativos** pueden vivir tanto en condiciones aerobias como anaerobias; algunos de ellos no tiene la capacidad de realizar la respiración celular, pero no les perjudica la presencia de oxígeno; otros, en cambio, pueden alternar entre un metabolismo anaerobio (como la fermentación) y la respiración celular, según sean las condiciones del medio.

Tipo de metabolismo		Tipos de organismos
Sin oxígeno	Con oxígeno	
Anaerobio	Mueren	ANAEROBIOS ESTRICTOS
Anaerobio	Anaerobio	ANAEROBIOS FACULTATIVOS
Anaerobio	Respiración celular	
Mueren	Respiración celular	AEROBIOS

- **Aeróbicas.** Los enzimas respiratorios están incorporados a la membrana celular.
- **Anaeróbicas.** El aceptor final de los electrones es una molécula inorgánica como el nitrato, el sulfato o el dióxido de carbono, que son reducidos, respectivamente, hasta nitrógeno, ácido sulfúrico y metano.
- **Fermentadoras.** Realizan una oxidación incompleta de los combustible metabólicos, siendo los productos finales orgánicos. Dependiendo del producto final, que no es útil para la bacteria y se acumula en el medio, se distinguen las fermentaciones alcohólica, láctica, butírica y propiónica.

CÓMO OBTIENEN ENERGÍA Y CARBONO LOS ORGANISMOS		
Tipo de nutrición	Fuente de energía	Fuente de carbono
FOTOAUTÓTROFOS (algunas bacterias y algunos eucariotas)	Luz	Dióxido de carbono
FOTOHETERÓTROFOS (algunas bacterias)	Luz	Compuestos orgánicos
QUIMIOAUTÓTROFOS (algunas bacterias, pocas arqueobacterias)	Sustancias inorgánicas	Dióxido de carbono
QUIMIOHETERÓTROFOS (aparecen en los tres dominios)	Sustancias orgánicas	Compuestos orgánicos

- Los procariontes pueden presentar todos los tipos de nutrición existentes, aunque la mayoría son heterótrofos.
- Las bacterias **fotootótrofas** son fotosintéticas. Las cianobacterias utilizan como pigmento fotosintético la clorofila a, igual que las células eucarióticas fotosintéticas, y realizan una fotosíntesis oxigénica. En cambio, las otras bacterias fotosintéticas (sulfobacterias verdes y púrpuras) utilizan un pigmento diferente, la bacterioclorofila, y no liberan oxígeno, es decir, realizan una fotosíntesis anoxigénica; además pueden usar la luz infrarroja como fuente de energía, ya que la bacterioclorofila absorbe luz de longitudes de onda mayores que la clorofila. Algunas de ellas utilizan SH₂ en vez de agua y liberan azufre al medio.
- Las bacterias **fotoheterótrofas** (bacterias púrpuras no del azufre) utilizan también como fuente de energía la luz, pero deben obtener el carbono de compuestos orgánicos como glúcidos, ácidos grasos o alcoholes.
- Las bacterias **quimioautótrofas** son quimiosintéticas. Obtienen energía de la oxidación de compuestos inorgánicos, como el ión amonio, el nitrito, el hidrógeno, el sulfuro de hidrógeno u otros compuestos y utilizan parte de esta energía para fijar el CO₂. Algunas de estas bacterias quimioheterótrofas emplean las mismas rutas que los fotootótrofos, pero otras utilizan otras rutas diferentes. Desempeñan un importante papel en la biosfera ya que son responsables de la mineralización de la materia orgánica y son responsables del mantenimiento de algunos ecosistemas de los fondos oceánicos.
- Las bacterias **quimioheterótrofas** obtienen tanto la energía como el carbono de compuestos orgánicos. Incluyen a la mayoría de las eubacterias y arqueobacterias conocidas. Pueden ser saprófitas (bacterias descomponedoras), simbióticas (Rhizobium) o parásitas (bacterias patógenas).

2. Relación

- **Taxis.** Las bacterias reaccionan frente a numerosos estímulos ambientales, mediante modificaciones de su metabolismo o de su comportamiento (movimiento). El movimiento hacia o en dirección contraria a un estímulo se conoce como taxis; en las bacterias se suelen definir tres tipos de taxis: aerotaxis, provocada por la concentración de oxígeno; fototaxis y quimiotaxis. Las bacterias anaerobias estrictas presentan aerotaxis negativa, y las anaerobias facultativas y las aerobias presentan aerotaxis positiva.
- **Esporulación.** En condiciones adversas se forman endosporas (esporas internas), constituidas por el ADN y algo de citoplasma, rodeados por una pared muy gruesa. El metabolismo queda reducido al mínimo. Son muy resistentes a las altas temperaturas (hasta 80°), a la sequedad, a la acción de sustancias químicas y a las radiaciones, y pueden recuperar su actividad muy rápidamente si vuelven las condiciones favorables. Las endosporas son formas de resistencia y no de reproducción como en los hongos.

3. Reproducción

- **División celular** (bipartición). Se cree que los mesosomas intervienen en el proceso de duplicación del ADN y en su repartición entre las células hijas. La pared celular crece hasta formar un tabique transversal. La replicación cromosómica se inicia en una región especial, a partir de la cual se efectúa una replicación bidireccional. Cuando la horquilla de replicación llega al mesosoma, éste se escinde en dos, cada uno de los cuales constituye el punto de anclaje de cada copia del cromosoma. Cuando se forma el septo transversal, cada mesosoma va a parar a cada célula hija, de modo que las copias de los cromosomas quedan segregadas. Parece ser que algunos plásmidos se segregan por este mismo mecanismo.
- Fenómenos de parasexualidad
 - Conjugación.** Es un proceso en el cual una bacteria, considerada donadora, transmite ADN, a través de los pelos sexuales, a otra bacteria receptora. Existen dos tipos de bacterias donadoras, las F⁺ y las Hfr; las bacterias receptoras se denominan F⁻. Las bacterias donadoras poseen un plásmido, denominado factor F, del cual ceden una copia a las bacterias F⁻ (receptoras). En las bacteria Hfr el factor F se encuentra integrado en el cromosoma. En estas células, al producirse la conjugación, se transfiere parte del cromosoma que se recombina con el de la bacteria receptora, sin embargo el plásmido F, que es último en entrar, frecuentemente se queda en la bacteria donadora.
 - Transformación** - captación de un fragmento de ADN libre (experimentos de Griffith).
 - Transducción** - transferencia de un fragmento de ADN desde una bacteria donadora a otra receptora por medio de un bacteriófago.

E. Principales grupos de procariontes

1. Eubacterias

- Incluyen a la gran mayoría de los procariontes actuales.
- Proteobacterias**

Se trata del grupo más numeroso. Incluye a las denominadas bacterias púrpuras, que son bacterias Gram-negativas que realizan una fotosíntesis anoxygenica (usando bacterioclorofila) en la que emplean azufre. Incluye también bacterias quimioautótrofas y quimioheterótrofas.

A este grupo pertenecerían las bacterias que originaron las mitocondrias por endosimbiosis.

En este grupo se incluyen las bacterias del género Rhizobium (fijadoras de N) y otras bacterias que intervienen en los ciclos del nitrógeno y del azufre. También E.coli y bacterias patógenas como Yersinia pestis, Vibrio cholerae y Salmonella typhimurium, y otras que producen enfermedades en plantas.

Cianobacterias (algas verdeazuladas)

Procariotas de estructura parecida a la de las bacterias Gram-negativas.

Presentan un conjunto de membranas internas, denominadas tilacoides, donde se encuentran los pigmentos fotosintéticos. Poseen clorofila *a* igual que las células vegetales y realizan una fotosíntesis oxigenica. Además poseen otros pigmentos, como la ficocianina que, junto a la clorofila, les da el color verdeazulado característico. Generalmente forman grandes colonias filamentosas.

La fotosíntesis de las cianobacterias fue responsable de la "revolución del oxígeno" que transformó la atmósfera primitiva. Los cloroplastos de las células eucarióticas proceden de cianobacterias endosimbióticas.

Espiroquetas

Bacterias Gram-negativas, con morfología de espirilos flexibles (0,1 – 0,6 x 5-200-500 µm). Presentan un tipo especial de flagelos (f. Periplásmicos) como adaptación al movimiento en medios viscosos (fango, mucosas, ...). Las hay de vida libre y parásitas, causantes de enfermedades como : Treponema pallidum, causante de la sífilis; Borrelia burgdorferi, causante de la enfermedad de Lyme, transmitida por garrapatas; Leptospira interrogans, causante de otra zoonosis.

La endosimbiosis de espiroquetas pudo originar los flagelos de las células eucarióticas.

Clamidiás

Bacterias muy pequeñas, de forma esférica, que sólo pueden vivir como parásitos intracelulares. Su pared celular carece de peptidoglicanos y posee una membrana externa semejante a la de las bacterias Gram-negativas.

Tienen ciclos vitales complejos y pueden causar diversas enfermedades en el hombre: Chlamydia trachomatis, causante del tracoma, una infección ocular responsable de la ceguera de millones de personas en todo el mundo, y del linfogranuloma venéreo, una enfermedad de transmisión sexual; C. Psittaci, responsable de una zoonosis conocida como psitacosis que provoca neumonía.

Firmicutes

Aunque a veces reciben la denominación general de "bacterias Gram-positivas", incluyen también bacterias Gram-negativas y bacterias sin pared celular (micoplasmas).

Algunas producen endosporas, como por ejemplo muchas especies de los géneros Bacillus y Clostridium. Las toxinas producidas por Clostridium botulinum, causante del botulismo, están entre las más venenosas de las conocidas (1 µg de esta toxina es letal para el hombre).

El género Staphylococcus, incluye bacterias que son abundantes en la superficie del cuerpo humano y es responsable de la aparición de forúnculos y otras afecciones de la piel. S. Aureus es el patógeno humano más conocido; está presente en entre el 20 y el 40% de los adultos normales y puede causar, además de las afecciones de la piel citadas, problemas respiratorios, intestinales e infecciones de heridas.

Los actinomicetos son firmicutes que forman un complejo sistema de filamentos ramificados muy semejantes a los que forman los hongos. Además, algunos actinomicetos se reproducen mediante la formación de cadenas de esporas en el extremo de estos filamentos. El grupo de los actinomicetos vive predominantemente en el suelo, pero incluye también especies de importancia en medicina, como Mycobacterium tuberculosis, que provoca la tuberculosis. También incluyen a los Streptomyces, que producen estreptomycin y otros antibióticos (cloromicetina, aureomicina, tetraciclina, cloramfenicol, neomicina, eritromicina, ...), entre ellos muchos de uso general.

Los micoplasmas carecen de pared celular e incluyen a los organismos celulares más pequeños conocidos. Son causantes de infecciones de las vías respiratorias y del tracto genitourinario.

2. Arqueobacterias

- Bacterias que carecen de peptidoglicanos en su pared celular y que viven en condiciones muy extremas.
- Presentan algunos rasgos exclusivos como son la ausencia de peptidoglicano en sus paredes y la presencia de lípidos especiales (con enlaces de tipo éter y que constituyen monocapas) en sus membranas. La secuenciación del genoma de algunas arqueobacterias a puesto de manifiesto su divergencia respecto a los otros dos dominios (Eubacterias y Eucariotas) ya que presentan más de un 50% de genes exclusivos.
- Algunas clasificaciones recientes las dividen en dos reinos diferentes: Euryarchaeota y Crenarchaeota.
- Las mayoría de las Crenarchaeota conocidas son termoacidófilas, como las del género Sulfolobus, que vive en manantiales sulfurosos a temperaturas de 70-75 °C y con pH 2-3, aunque pueden aguantar hasta 0,9; Estas bacterias "mueren de frío" a temperaturas de 55 °C.
- Las Euryarchaeota incluyen a las bacterias denominadas metanógenas, que son anaerobias estrictas y producen metano por reducción del CO₂. Una bacteria metanógena, Methanopyrus, vive en los fondos oceánicos cerca de respiraderos volcánicos a temperaturas de hasta 110 °C (crece mejor a 98 °C, pero no tan bien a temperaturas inferiores a los 84 °C).
- También dentro de las Euryarchaeota se encuentran las bacterias halófilas extremas. Poseen pigmentos carotenoides de color rosado, por lo que se hacen muy visibles cuando están en altas concentraciones. En los ambientes tan salados en los que crecen estas bacterias se pueden alcanzar un pH de 11,5, los medios más alcalinos habitados por seres vivos (tan alcalino como el amoniaco doméstico).
- Las condiciones a las que están adaptadas son semejantes a las que se suponen para la atmósfera primitiva, por los que se considera que pueden ser descendientes directos de las primeras células procarióticas.

II. EUCARIOTAS

A. Protoctistas

- Organismos con organización celular típicamente eucariótica, unicelulares o coloniales, en los que no existe diferenciación tisular.

1. Protozoos

- Los protozoos son organismos móviles, heterótrofos, aunque comprenden algunas especies fotosintéticas con cloroplastos, como el grupo de los fitoflagelados.
- Locomoción mediante flagelos, cilios o pseudópodos. En algunos parásitos, el movimiento se produce por deslizamiento o flexión de la célula.
- Los protozoos se dividen asexualmente por escisión binaria (semejante a la mitosis) o por esporulación (característica de los esporozoos).
- En los ciliados se lleva a cabo un fenómeno de sexualidad llamado conjugación consistente en la fusión temporal de dos individuos y el intercambio de ADN.
- Algunos protozoos pueden reproducirse sexualmente y presentan ciclos vitales complejos.
- También pueden producir quistes de resistencia (células sin metabolismo apreciable, rodeadas de una gruesa cubierta).
- En función del tipo de locomoción, nutrición, ciclo vital y ecología, los protozoos se clasifican en distintos grupos que incluyen formas de vida libre y parásitas.

2. Algas microscópicas

- Las algas son organismos eucariotas fotoautótrofos con cloroplastos, cuyo pigmento fundamental es la clorofila.
- Únicamente se consideran protistas las formas unicelulares o colonias microscópicas de las algas, excluyéndose, por tanto, algunas especies marinas de gran tamaño, que llegan a alcanzar hasta 30 m de longitud. Casi todas las algas microscópicas se desplazan mediante flagelos, aunque existen excepciones como las diatomeas (con valvas o caparazones silíceos) y las algas conjugadas (inmóviles).
- La mayoría de las algas tiene pared celular, cuyo polímero fundamental es la celulosa o la quitina; otros grupos, sin embargo, carecen de pared celular.
- Los polímeros carbonados de reserva de la célula son muy variados y sólo en algunos grupos se sintetiza el almidón (como en las plantas superiores).
- Las algas pueden reproducirse asexualmente mediante bipartición, mediante esporas o por fragmentación en las formas multicelulares. En algunos grupos se da la reproducción sexual, frecuentemente con alternancia de generaciones esporofíticas (2n) y gametofíticas (n).
- Las algas son organismos acuáticos y forman los componentes fundamentales del fitoplancton (primer eslabón de la cadena trófica marina), aunque también es posible encontrarlas en suelos, rocas, troncos de árboles o superficies húmedas.

3. Hongos mucosos

- Los hongos mucosos son organismos eucariotas heterótrofos que presentan un ciclo de vida complejo, en el que pueden alternar células móviles mediante pseudópodos y plasmodiales con fases de esporulación mediante la formación de cuerpos fructíferos.
- Se han incluido tanto entre los protozoos ameboides como dentro del grupo de los hongos.

B. Hongos

- Los hongos constituyen un grupo de organismos eucariotas unicelulares o filamentosos de nutrición heterótrofa. Típicamente son saprofitos y producen enzimas extracelulares que permiten la hidrólisis de polímeros complejos para obtener sustancias más sencillas, que pueden absorber a través de sus membranas. Algunos son parásitos de plantas y animales.
- Los hongos se encuentran ampliamente distribuidos en todo tipo de hábitat, aunque la mayor parte vive en el suelo o en la materia en descomposición. Pueden crecer en medios ácidos y con elevadas concentraciones de sal y azúcar, y son capaces de soportar condiciones extremas de desecación o temperaturas muy bajas.
- Todos los hongos, con excepción de los unicelulares (levaduras), presentan una estructura, denominada micelio vegetativo, constituida por un sistema de hifas o filamentos simples, o ramificados, cuya función es la absorción de nutrientes. En los hongos superiores las hifas pueden tener tabiques o septos, mientras que en los hongos inferiores o cenocíticos carecen de ellos.
- Algunas hifas se diferencian del resto y constituyen el micelio reproductor (cuerpos fructíferos) en el que se originan las esporas o estructuras reproductoras. El micelio vegetativo y el micelio reproductor forman el talo fúngico.
- Los hongos poseen paredes celulares rígidas, compuestas en general por quitina, o por celulosa en algunos casos y en otros por una combinación de ambas.
- La reproducción puede ser tanto asexual como sexual. Los hongos unicelulares se reproducen por gemación. En los hongos filamentosos, la reproducción se lleva a cabo mediante esporas asexuales que se originan por mitosis en el extremo de hifas especializadas (conidióforos) o en estructuras características (esporangios).
- La reproducción sexual tiene lugar mediante la fusión de gametos unicelulares o hifas especializadas (gametangios), que origina esporas sexuales. La fusión de dos células haploides forma una célula diploide que experimenta meiosis y da lugar a las esporas por mitosis consecutivas. Las esporas sexuales que se originan en el extremo de una hifa (basidio) se denominan basidiosporas y las que crecen en el interior de una estructura con forma de saco (asca) reciben el nombre de ascosporas.

1. Mohos

- Hongos filamentosos muy abundantes que crecen sobre materia orgánica en descomposición. Reproducción asexual mediante esporas o sexual. No es un grupo homogéneo e incluye a hongos de diversos grupos diferentes. Ejemplos: moho del pan (género *Rhizopus*), moho de las frutas (género *Penicillium*, productor de la penicilina).

2. Levaduras

- Hongos unicelulares que se reproducen asexualmente por gemación o sexualmente mediante esporas. No forman micelios y viven principalmente en medios muy azucarados como las frutas, las flores o la corteza de los árboles. No es un grupo homogéneo e incluye a hongos de diversos grupos diferentes.
- Incluyen a algunos microorganismos de interés industrial como los del género *Saccharomyces*, responsables de la fermentación en la fabricación de bebidas alcohólicas. También incluye especies patógenas, como las del género *Candida*.

Principales grupos de protozoos			Tipo de locomoción	Metabolismo	Otras características y ejemplos
Sarcomastigóforos	Flagelados	Fitoflagelados	Flagelos	Autótrofos/Heterótrofos	Vida libre. <i>Euglena</i> en el fitoplancton de agua dulce
		Zooflagelados		Heterótrofos	Vida libre y parásitos. <i>Trypanosoma gambiense</i> , causante de la enfermedad del sueño
	Sarcodinos	Rizópodos (amebas)	Pseudópodos	Heterótrofos	Vida libre (algunos parásitos). <i>Amoeba proteus</i> , de vida libre, y <i>Entamoeba histolytica</i> , causante de la disentería amebiana.
		Actinópodos			Vida libre. Heliozoos en el plancton.
Esporozoos y grupos afines		Esporozoos	Deslizamiento o flexión	Heterótrofos	Parásitos obligados con ciclos celulares complejos. Reproducción asexual mediante esporas. <i>Plasmodium sp.</i> , causante de la malaria.
		Microsporidios			
		Mixozoos			
		Ascetosporos			
Ciliados			Cilios	Heterótrofos	Vida libre (algunos parásitos). Poseen dos tipos de núcleo: macronúcleos (que regulan la actividad celular) y micronúcleos (que intervienen en un fenómeno de recombinación genética denominado conjugación). <i>Paramecium sp.</i> <i>Vorticella sp.</i>

REINO PROTOCTISTA

- **Organización celular:** microorganismos eucariotas unicelulares, filamentosos o coloniales.
- **Nutrición:** fotoautótrofa (fotosíntesis oxigénica) o heterótrofa.
- **Modo de vida:** organismos de vida libre (dulceacuícolas, marinos o de medios húmedos), simbiotes, comensales o parásitos intra o extracelulares.
- **Reproducción:** sexual o asexual.
- **Locomoción:** por medio de cilios, flagelos, pseudópodos o mediante contracciones del cuerpo.

PROTOZOOS

- Organismos unicelulares eucarióticos heterótrofos que carecen de pared celular.
- En su mayoría de vida libre, aunque existen especies simbióticas o parásitas.
- Reproducción sexual por escisión binaria. Pueden presentar reproducción sexual.

GRUPO	MODO DE VIDA	LOCOMOCIÓN	REPRODUCCIÓN	OTRAS CARACTERÍSTICAS Y EJEMPLOS
Zoomastiginos	Vida libre, parásitos			
Ciliados				
Rizópodos				
Esporozoos				