

INTRODUCCIÓN

Reino Protista

María Inés Gamboa y Nilda Ester Radman

Los protozoos son organismos microscópicos con características similares a las de los animales, son organismos diversos, en su mayoría heterótrofos unicelulares que ingieren su alimento. Ellos pasan la mayor parte de su vida como formas asexuales, pero algunos atraviesan etapas sexuales, con meiosis y fusión de gametos haploides, dando lugar a cigotos diploides. Se encuentran en todo el mundo, en muy diversos hábitats. La mayoría son de vida libre, pero todos los animales superiores pueden estar infectados por uno o más géneros de protozoos. Muchas especies causan enfermedades (por ejemplo, la malaria), otras son comensales en el tracto digestivo de los rumiantes y de los insectos. Se han descrito varios miles de especies, la mayoría de vida libre, posibles de hallarse en todos los hábitat. Anton van Leeuwenhoek fue la primera persona que los observó y lo hizo en sus propias heces. Se considera que metamonadas (*Giardia* spp.) y microsporidios (*Nosema* sp.) son los protozoos más antiguos, mientras que los del Phylum Ciliophora son los más recientes. Como parásitos o comensales son muy ubicuos, pueden hallarse en distintos órganos y tejidos, por lo cual todos los humanos y animales albergan protozoos endoparásitos en algún momento de su vida o están permanentemente infectados. Algunas especies se consideran comensales mientras que otras son patógenas y ocasionan desde enfermedades leves hasta potencialmente mortales. Los individuos inmunocompetentes pueden controlar la infección parasitaria, ser portadores, constituir riesgo para otros individuos y contaminar el ambiente. En áreas endémicas de parasitosis humanas o animales se prefiere mantener bajas cargas parasitarias a fin de evitar reinfecciones. (Alvarez, 2017; Nagoba & Pichare 2020).

Infecciones por protozoos leves o subclínicas en individuos sanos, pueden ser graves o mortales en pacientes inmunodeprimidos, niños, ancianos, malnutridos, personas con enfermedades concomitantes, síndrome de inmunodeficiencia adquirida (SIDA), medicados en forma prolongada con corticoides e individuos trasplantados. En ocasiones los individuos tienen cierta inmunidad a cepas locales pero no hacia las de otras regiones (Rojo & Gonzalez, 2016) Así ocurre con *Trypanosoma cruzi*, *Pneumocystis carinii*, *Toxoplasma gondii* y *Cryptosporidium* spp. entre otros. Estos parásitos son entonces oportunistas, por afectar a hospedadores vulnerables o inmunosuprimidos en distintos grados. Las especies de *Acanthamoeba* sp. son amebas de vida libre que habitan suelo y el agua, cuyos quistes pueden transmitirse por el aire. Se han reportado úlceras corneales graves y pérdida de visión debidas a especies de

Acanthamoeba en individuos que usan lentes de contacto debido a la colonización del protozoo, ya que forma parte de los biofilms formados en los estuches de almacenamiento y también se halla en las soluciones de limpieza, especialmente las preparadas en forma doméstica. Las amebas del género *Naegleria* sp. habitan en masas de agua superficiales, ocasionan meningoencefalitis amebiana primaria, enfermedad que suele ser mortal. Las amebas ingresan al cuerpo a través del agua que salpica el tracto nasal superior, al zambullirse, o durante la natación o el buceo. Estas infecciones por *Acanthamoeba* se observaron primeramente in vitro, en cultivos celulares y en animales de laboratorio. Posteriormente se comenzaron a reconocer y notificar como agentes de patologías en humanos.

La falta de vacunas, la escasez de medicamentos efectivos e inocuos para el hospedador y el control de vectores, hicieron que la Organización Mundial de la Salud indique la necesidad de que algunas enfermedades sean investigadas y se propongan programas para su control. Entre ellas, algunas son ocasionadas por protozoos, malaria, tripanosomiasis y leishmaniasis. Ha habido numerosos avances en relación a ellas; no obstante, no se han resuelto los problemas relacionados a su control en muchas regiones. Además, se van presentando resistencias a las drogas, lo cual obliga a continuar investigando.

Los protistas no representan una agrupación filogenética de organismos estrechamente relacionados, ni comparten ninguna característica biológica que no sea común a todos los eucariotas. La mayoría de los subgrupos de protistas se clasifican de forma imprecisa como algas o protozoos.

Las infecciones varían desde asintomáticas hasta potencialmente mortales, según la especie, cepa del parásito y la resistencia del hospedador. Tienen una estructura interna compleja cuyas organelas cumplen numerosas actividades metabólicas. Algunos protozoos cuentan con cilios, flagelos y/o pseudópodos para su desplazamiento, otros de movilidad reducida lo hacen con ayuda de su citoesqueleto. Mediante estudios realizados con microscopía de luz y electrónica, los protozoos se clasificaron en seis filos. No obstante, a lo largo del tiempo esta clasificación se ha modificado numerosas veces y sigue en continua revisión y cambio, al punto que algunos autores reconocen 7 phyla y otros listan más de 30. La mayoría de las especies que causan enfermedades humanas son miembros de los Phyla Apicomplexa, Euglenozoa, Amebozoa, Metamonada y Ciliophora, sin embargo es probable que a medida que se avance en novedosas técnicas aplicadas al diagnóstico se evidencien otros.

En esta publicación se incluyen sólo especies parásitas, algunas de las cuales han cambiado su ubicación taxonómica a la luz de nuevos estudios y ya no pertenecen al Reino Protozoa, pero siguen ejerciendo acción parasitaria en humanos y animales. Por ello, más allá de la clasificación sistemática, son abordados en este tratado.

En protozosis, como en todas las parasitosis, es necesario que el parásito no destruya rápidamente a su víctima y pueda además transmitirse de un hospedador infectado hacia otro no infectado, a fin de perpetuarse. Sus fases en el hospedador, alimentándose y multiplicándose activamente se denominan habitualmente trofozoítos o formas vegetativas. En la transmisión actúan las formas de resistencia, particularmente en los enteroparásitos. Ese estado se

denomina quiste y posee una gruesa membrana que le proporciona protección. Es una etapa del parásito que le permite sobrevivir en el ambiente, es además la forma de diseminación del parásito y a la vez forma infectante para un nuevo hospedador. Algunos protozoos se dividen en el quiste. En la práctica laboratorial es utilizada para efectuar el diagnóstico de las enteroparasitosis. Sin embargo, algunos protozoos no forman quistes, en ellos los trofozoítos son a la vez la forma de diseminación, parasitaria e infectante, esto ocurre por ejemplo en el género *Trichomonas*.

La fisión binaria es la forma más común de reproducción asexual. Sin embargo, existen otras formas asexuadas de división, simple y múltiple. Los Apicomplexa presentan durante su vida etapas de reproducción asexual y sexual. También se ha observado algún tipo de sexualidad en otros grupos.

Una gran parte de los protozoos son parásitos de animales, plantas y de otros parásitos, a los últimos se los denomina hiperparásitos.

Todos los protozoos parásitos requieren sustancias orgánicas preformadas, es decir, la nutrición es holozoica como en los animales superiores. La mayoría de los protozoos parásitos de humanos tienen un tamaño inferior a 50 μm . Los más pequeños (principalmente las formas intracelulares) miden de 1 a 10 μm de largo, pero *Balantidium coli* puede medir 150 μm . Como ocurre en todos los eucariotas, el material nuclear se encuentra encerrado en la carioteca. El núcleo es vesicular, con cromatina dispersa que le da aspecto difuso. Posee un cuerpo más o menos central, llamado endosoma o cariosoma, estructura que carece de ADN en amebas y tripanosomas parásitos. En el filo Apicomplexa, el núcleo vesicular tiene uno o más nucléolos que contienen ADN. Los ciliados poseen micronúcleo encargado de funciones relacionadas a la reproducción y macronúcleo que rige las de la vida vegetativa. Los orgánulos de los protozoos tienen funciones similares a las de los órganos de los animales superiores. La membrana plasmática que encierra el citoplasma también cubre las estructuras locomotoras salientes, como pseudópodos, cilios y flagelos. La capa de la superficie exterior de algunos protozoos, denominada película, es lo suficientemente rígida para mantener una forma distintiva, como en tripanosomas y *Giardia* spp., aunque sus cuerpos son flexibles y pueden deformarse con facilidad. En la mayoría de los protozoos, el citoplasma se diferencia en ectoplasma (la capa exterior transparente) y endoplasma (la capa interior que contiene orgánulos); esta división se observa fácilmente en especies con pseudópodos salientes, como las amebas. Algunos protozoos tienen citostoma o rudimento de boca celular para ingresar los alimentos. Las vacuolas contráctiles para la osmoregulación ocurren en algunos, como *Naegleria* y *Balantidium*. Muchos protozoos tienen microtúbulos subpeliculares; en Apicomplexa, proporcionan un medio de movimiento lento. Trichomonas y tripanosomas tienen membrana ondulante distintiva entre la pared del cuerpo y un flagelo. En los protozoos parásitos se encuentran muchas otras organelas, como: aparato de Golgi, mitocondrias, lisosomas, vacuolas alimentarias, conoides de Apicomplexa y otras estructuras especializadas. La microscopía electrónica es esencial para visualizar los detalles ultraestructurales del protozoo.

Clasificación

En 1985, se publicó la taxonomía de protozoos basada en su morfología y estructuras, que ubicaba a los protozoos en seis filos. Dos de ellos, Sarcomastigophora y Apicomplexa, contienen las especies más importantes que causan enfermedades humanas. *Dientamoeba fragilis*, estuvo erróneamente ubicada en la Familia Entamoebidae. Sin embargo, sus estructuras internas mostraron que pertenece al orden Trichomonadida de protozoos flagelados. En algunos casos, organismos idénticos mediante microscopía óptica se han denominado como especies diferentes utilizando otros criterios relacionados a su distribución geográfica y las manifestaciones clínicas que ocasionan. Ello ocurre en individuos del género *Leishmania*, idénticas morfológicamente. Se han empleado métodos bioquímicos a fin de diferenciar patrones de isoenzimáticos y para identificar secuencias de nucleótidos. Se ha estudiado profundamente el ADN circular extranuclear, mitocondrial o cinetoplasto utilizándolo como un elemento muy importante en taxonomía de los tripanosomátidos y para el diagnóstico de las enfermedades que ocasionan, Enfermedad de Chagas - Mazza, Leishmaniasis y Tripanosomiasis africanas (Kaufer & Ellis, 2020).

Existen estrategias como la clonación que contribuyen a la realización de estudios taxonómicos. También se utilizan anticuerpos monoclonales específicos a fin de identificar cepas desconocidas.

Actualmente en la taxonomía de protozoos se suman técnicas de biología molecular. Su empleo implica profundos cambios en la sistemática de estos organismos, aunque el estudio morfológico seguirá siendo fundamental para el diagnóstico clínico de enfermedades ocasionadas por protozoos en humanos y animales.

Etapas del ciclo de vida

Durante su ciclo de vida, un protozoo generalmente pasa por varias etapas que difieren en estructura y actividad. Trofozoíto, término general para la etapa activa, de alimentación y de multiplicación de los protozoos, en esa etapa desarrollan su patogenicidad. En los hemoflagelados, el trofozoíto recibe distintos nombres, amastigote, promastigote, epimastigote y tripomastigote, según presencia o no de flagelo y localización del cinetoplasto. Se emplean una variedad de términos para las etapas en Apicomplexa, como taquizoíto y bradizoíto para *Toxoplasma gondii*. Otras etapas de los complejos ciclos de vida asexual y sexual que se observan en este filo son el merozoíto, forma resultante de la fisión de un esquizonte o meronte multinucleado y las etapas sexuales como los gametocitos y los gametos. Algunos protozoos forman quistes que contienen una o más formas infecciosas. La multiplicación ocurre en los quistes de algunas especies, de modo que el desenquistamiento libera más de un organismo. Por ejemplo, cuando el trofozoíto de *Entamoeba histolytica* forma por primera vez un quiste, tiene un solo núcleo. A medida que el quiste madura, la división nuclear produce cuatro núcleos y de él desenquistan cuatro amebas metaquísticas uninucleadas. De manera similar, *Giardia lamblia* recién enquistada tiene el mismo número de estructuras internas (orgánulos) que el trofozoíto (2). A medida que el quiste madura,

los orgánulos se duplican y se forman dos trofozoítos (4 núcleos). Los quistes que se eliminan en las heces tienen una pared protectora que permite que el parásito sobreviva en el ambiente exterior durante un período que varía de días a un año, según la especie y las condiciones ambientales. Como parásitos, en los tejidos recurren a distintas estrategias para protegerse de anticuerpos y células inmunes. Su continuidad biológica depende del carnivorismo. Los ooquistes son etapas resultantes de la reproducción sexual en Apicomplexa. Algunos ooquistes de este phylum no se eliminan en las heces del hospedador, pero los de *Plasmodium* sp., agente de la malaria, se desarrollan en la cavidad corporal del mosquito vector.

Reproducción

La reproducción en los protozoos puede ser asexual, como en las amebas y flagelados que infectan a los humanos, o con fases de reproducción asexual y sexual, como en los Apicomplexa de importancia médica y veterinaria. El tipo más común de multiplicación asexual es la fisión binaria, en la que los orgánulos se duplican y el protozoo luego se divide en dos organismos completos, es longitudinal en los flagelados y transversal en los ciliados. Primero ocurre la cariocinesis (división nuclear) y luego la citocinesis (división citoplasmática). La endodiogenia es una forma de división asexual que se observa en *Toxoplasma* y algunos organismos relacionados. Se forman dos células hijas por brote interno, dentro de la célula madre, que luego se rompe, liberando la progenie más pequeña que crece hasta su tamaño completo antes de repetir el proceso. En la esquizogonia, división asexual de tipo múltiple de los Apicomplexa, se producen sucesivas cariocinesis, seguidas de sucesivas citocinesis, dando lugar a merozoítos. Los apicomplejos, cumplen una etapa sexual que implica la producción de gametos (gametogonia), la fertilización para formar el cigoto (singamia) y la formación del ooquiste. La maduración de este ooquiste de forma asexual (por fisión múltiple), ocasiona varios esporozoítos. Esa etapa se denomina esporogonia.

Algunos protozoos tienen ciclos de vida complejos y requieren dos especies hospedadoras diferentes. Otros en cambio, cumplen su ciclo vital en un solo hospedador. No son necesarios grandes inóculos en un hospedador susceptible para que un protozoo colonice y se reproduzca hasta lograr en él una población. Sin embargo, factores propios del hospedador, su estado inmunitario, edad, estado nutricional etc., o estrategias parasitarias, como la ubicación en sitios inmunológicamente privilegiados, variación antigénica, inhibición metabólica etc., ocasionan distintos tipos de relaciones parásito/hospedador. Algunos protozoos requieren solo un pequeño inóculo para ocasionar enfermedad en su hospedador, sin embargo la dosis respuesta varía entre hospedadores. Así dependiendo de contactos previos, en ocasiones un solo ooquiste o un solo trofozoito pueden ser suficientes (Teunis y col 2002).

Nutrición

Muchos protozoos son de vida libre y la mayoría de ellos se alimentan de procariontas ("bacterivoría"), o de otros eucariontes microbianos. Los protozoos son heterótrofos y la mayoría son "animales", ya que ingieren partículas sólidas de alimento mediante la fagotrofia. Las amebas ingieren los alimentos en partículas o gotas a través de una especie de boca temporal. Realizan la digestión y la absorción en una vacuola alimenticia y expulsan las sustancias de desecho. Muchos protozoos poseen citostoma o microporo, a través del cual ingresan los alimentos ingeridos, que son incluidos en vacuolas alimentarias. La pinocitosis es un mecanismo similar, mediante el cual se introducen líquidos. Las vías metabólicas presentan similitud con las de los animales superiores. También poseen semejantes requerimientos nutritivos. Numerosos protozoos se han logrado cultivar en el laboratorio. Los organismos obtenidos son útiles para realizar ensayos inmunológicos o bioquímicos, y terapéuticos ya que están libres potenciales provenientes de los hospedadores. Son necesarios estudios con el propósito de hallar blancos terapéuticos y compuestos inhibidores específicos contra los protozoos parásitos que no alteren el metabolismo de sus hospedadores mamíferos (García-Torres & Pérez-Montfort, 2011).

La rápida multiplicación de los protozoos les brinda amplias posibilidades de variaciones. De este modo, los parásitos pueden adquirir modificaciones en su patogenicidad y en su respuesta a las drogas, entre otras. La competencia por los nutrientes con su hospedador no implica un importante mecanismo de agresión en los protozoos. No obstante, algunos ocasionan daños en la mucosa intestinal que interfieren ampliamente en la absorción de vitaminas, minerales y otros nutrientes de importancia. Los que se ubican en el interior de células y tejidos producto de su acción patógena pueden ocasionar disfunción orgánica (Nagoba & Pichare, 2020).

Para el desarrollo de esta obra y a efectos de ordenar y unificar las jerarquías de los grupos parasitarios abordados, se ha aplicado el criterio taxonómico utilizado en National Center for Biotechnology Information, U.S. National Library of Medicine (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/taxonomy>)

Superphylum ALVEOLATA

Los alveolados incluyen a los dinoflagelados, de los que aproximadamente la mitad son algas con plástidos complejos, y dos grandes e importantes grupos de protozoos: los parásitos apicomplejos y los ciliados, en su mayoría de vida libre.

Phylum APICOMPLEXA

Los Apicomplexa son casi todos parásitos de animales y los varios miles de especies descritas incluyen los organismos que causan la malaria, la criptosporidiosis y la toxoplasmosis en

humanos, así como varias de las principales enfermedades del ganado. Suelen tener metagénesis: alternancia de fases sexuales y asexuales en su ciclo de vida, que incluye múltiples tipos de células y que pueden implicar gran variedad de hospedadores. Se caracterizan por la ausencia de órganos de locomoción. La mayoría son parásitos intracelulares que utilizan un "complejo apical", que incluye distintos tipos de orgánulos microtubulares y secretores, para invadir activamente las células hospedadoras y modificarlas posteriormente. Sorprendentemente, la mayoría de los Apicomplexa también poseen un complejo plástido que no es fotosintético (apicoplasto), pero desempeña funciones biosintéticas esenciales. Poseen microporos semejando una boca, para la alimentación por pinocitosis, mitocondria, RER, Aparato de Golgi y vacuola parasitófora (Simpson & Eglit, 2016).

Los Apicomplexa infectan a la mayoría de las células animales (desde las células epiteliales del intestino de los insectos, los invertebrados marinos y vertebrados, hasta los glóbulos rojos de la sangre de los primates y los seres humanos). Por ejemplo, el *Plasmodium* es el agente causal de la malaria.

Phylum CILIOPHORA

Pertenecen a los alveolados, tienen numerosos cilios en la superficie celular. Son depredadores muy diversos y abundantes en muchos sistemas acuáticos. A menudo utilizan "cilios orales" especializados como parte de su mecanismo de alimentación. Tienen una organización genómica inusual: cada ciliado contiene normalmente dos tipos de núcleos. Los macronúcleos "sómáticos" son las plantillas para la transcripción durante la fase asexual del ciclo vital, mientras que los micronúcleos participan en la fase sexual del ciclo vital, y actúan como la línea germinal (mientras que los macronúcleos degeneran durante y/o después del proceso sexual). En humanos al momento solo se ha hallado *Balantidium coli*, en distintas especies animales existen varios géneros de importancia, entre ellos *Paratrichodina africana*, *Trichodina* spp. *Tetrahymena* spp. Por otra parte muchos ciliados son simbioses de los rumiantes,

Clado AMOEBOZOA

Movimiento por flujo interno de citoplasma: pseudópodos

La mayoría de los organismos amebozoos, al menos en alguna etapa de su ciclo vital, realizan el típico movimiento ameboidal mediante pseudópodos lobulados (lobopodios), en contraste con los largos pseudópodos filiformes (filopodios) o reticulados (reticulopodios) que se adhieren a las superficies y arrastran la célula hacia adelante. Anteriormente, todos los protistas que tenían alguna forma de pseudópodo o flujo protoplásmico locomotor se incluían en la clase o filo Sarcodina. Posteriormente, descubrimientos basados en la microscopía electrónica y en estudios moleculares han demostrado que los ancestros de los amebozoos se movían con la ayuda de un

cilio. Esto se ha mantenido en algunas formas vivas y unas pocas especies tienen dos cilios o son secundariamente multiciliadas (Berman, 2012).

Muchos amebozoa son de vida libre, aunque algunos son parásitos obligados o facultativos (p. ej., *Acanthamoeba*), y unos pocos tienen una etapa de flagelación en su ciclo vital.

Dentro de este Phylum, el Clado Archamoeba, son todos anaerobios, con mitocondrias muy modificadas (parecidas a las metamonadas). Archamoebae incluye amebas de vida libre, organismos ameboides flagelados y comensales/parásitos, como el principal patógeno humano *Entamoeba histolytica*. Con un citoplasma hialino distintivo y pseudópodos abultados, viven en hábitats anóxicos o microóxicos y son anaerobios, careciendo de mitocondrias típicas, así como de aparato de Golgi, plastos y microcuerpos peroxisomales normales. Tienen un aparato flagelar distintivo presente en todos los miembros flagelados del grupo. Los ciclos de vida de las especies individuales pueden incluir flagelados, amebas de varios tamaños y quistes (Walker et al., 2017).

Clado EXCAVATA

Incluye los Clados Metamonada y Discoba

Clado METAMONADA

Los Metamonada descienden de un ancestro común que había perdido la capacidad de realizar la respiración aeróbica, y en consecuencia tienen mitocondrias muy modificadas de varios tipos que carecen de genomas mitocondriales. Los miembros anaerobios de Metamonada mantienen un orgánulo relicto, derivado de una mitocondria ancestral, que suele denominarse mitosoma, aunque se utiliza un término específico, hidrogenosoma, para referirse a los relictos mitocondriales que utilizan proteínas de sulfuro de hierro para producir hidrógeno molecular y ATP (Berman, 2019). Varios subgrupos se han convertido en parásitos especializados o simbioses de animales. Poseen elaborados citoesqueletos de numerosas fibras de proteínas. Así, muchos presentan un axostilo, formado por varios miles de microtúbulos que soportan la célula a modo de esqueleto. Tienen flagelos en grupos de cuatro, que se asocian a los núcleos formando los cariomastigotes. Las diplomonas, los parabasálidos y sus parientes son en su mayoría, comensales inofensivos o simbioses beneficiosos que se encuentran en el tracto digestivo de vertebrados e invertebrados. Sin embargo, algunas especies son patógenas y causan diversas enfermedades del intestino, el tracto urogenital u otros órganos internos. En el pasado, los diplomonadas y los parabasálidos se han propuesto como las primeras ramas divergentes entre los eucariotas vivos. Aunque esta idea ha quedado obsoleta, la ubicación filogenética exacta de Metamonada dentro de los eucariota aún no está totalmente resuelta (Simpson & Čepička, 2019).

El parásito intestinal *Giardia* spp. (Phylum Fornicata) y el parásito urogenital *Trichomonas vaginalis*, perteneciente al Phylum Parabasalia, son patógenos humanos de alta prevalencia, pero también existe una gran diversidad de metamonadas simbióticas en los intestinos posteriores de muchas termitas que se alimentan de madera, así como la gran mayoría son de vida libre y habitan ambientes marinos o de agua dulce pobres en oxígeno (Nagoba & Pichare, 2020).

Phylum FORNICATA

Carecen de mitocondrias y de hidrogenosomas, poseen mitosomas, un orgánulo derivado de la mitocondria pero que no realiza el proceso de respiración ni produce hidrógeno como los hidrogenosomas. Los miembros de la clase Diplomonadida tienen la llamada morfología de espejo, con simetría bilateral, formada por dos conjuntos de núcleos, flagelos y citoplasma, dispuestos simétricamente alrededor de un eje central. Sólo hay un patógeno humano en la clase Diplomonada: *Giardia lamblia*.

Phylum PARABASALIA

Presentan un aparato parabasal, formado por dos o más fibras parabasales estriadas que conectan el aparato de Golgi al sistema flagelar. Los parabasálidos carecen de mitocondrias y son anaerobios, todos tienen un orgánulo celular único, el hidrogenosoma, que es una reliquia de la mitocondria que interviene en el metabolismo anaerobio del piruvato. El axostilo permanece inmóvil. No poseen formas quísticas, por lo que se transmiten en forma directa (salvo por *D. fragilis*). A este phylum pertenecen los parásitos de los géneros *Trichomonas*, *Dientamoeba* y *Enteromonas*.

Los trofozoítos de 10 a 15 µm de longitud se multiplican por fisión binaria longitudinal en la superficie epitelial de la vagina o la uretra, así como en las secreciones vaginales o uretrales, por lo que se transmiten por vía sexual.

Clado DISCOBA

La mayoría de los Discoba tienen mitocondrias aeróbicas con genomas. Incluye a Phylum Heterolobosea, muchos de los cuales tienen fases alternas ameboidales y flageladas, como *Naegleria fowleri*, especie de vida libre que puede causar infecciones fatales en humanos.

A este clado también pertenece el Phylum Euglenozoa.

Phylum EUGLENOZOA

Los euglenozoos son flagelados (mastigotes) que tienen uno o dos (raramente más) flagelos que surgen de una invaginación apical o subapical en forma de bolsa de la célula llamada reservorio (Leedale y Vickerman, 2000; Adl et al., 2005). El axonema de los flagelos suele ir acompañado de varillas paraxonémicas, tienen mitocondrias en forma de disco características del Phylum y suelen reproducirse asexualmente por fisión binaria longitudinal. Los miembros de la Clase Kinetoplastea se caracterizan principalmente por la presencia del cinetoplasto, una gran masa de ADN fibrilar en la mitocondria, normalmente en estrecha asociación con la zona de fijación flagelar. Incluyen los parásitos que provocan la enfermedad del sueño (*Trypanosoma brucei*), la enfermedad de Chagas (*Trypanosoma cruzi*) y la leishmaniasis (*Leishmania* spp.) en humanos (todas ellas causadas por diferentes tripanosomátidos) y varias enfermedades importantes de animales y algunas plantas. Los tripanosomátidos son pequeños (normalmente 4-15 μm), osmótrofos o fagótrofos, parásitos heteroxenos o monóxenos con un flagelo sin mastigonemas, que emerge anterior o lateralmente del reservorio. Además de la fijación basal, el flagelo puede estar unido a varios otros puntos a lo largo de la superficie celular, constituyendo así una membrana ondulante (Lange & Jeffrey, 2012).

Clado STRAMENOPILES

Tienen un flagelo en alguna parte del ciclo de vida que posee un tipo característico de “pelos” tubulares rígidos dispuestos en dos filas, aunque muchos los han perdido. Incluyen una variedad particularmente amplia de algas con plástidos complejos que contienen clorofila.

La mayoría de los stramenópilos son eucariotas unicelulares (protistas). El grupo incluye una variedad de algas protistas, flagelados heterótrofos, opalinos, flagelados proteromonas, heliozoos actinofrios y oomicetos. En este clado se incluyó a *Blastocystis* spp. mediante estudios filogenéticos y moleculares.

Phylum CNIDARIA (MYXOZOA)

Se trata en este libro, debido a que durante mucho tiempo los Myxozoos se consideraron protozoos, ubicados dentro de los esporozoos. Al profundizar en sus particularidades se han clasificado en el Phylum Cnidaria (Fook & Siddall, 2015).

Son parásitos metazoos, su taxonomía está basada en la morfología de las esporas. Myxozoa tiene más de 2000 especies, es un grupo diverso de endoparásitos. Su ciclo de vida incluye dos hospedadores, un vertebrado y un invertebrado, ambos acuáticos. Poseen pocas células en cada etapa de su vida. El Phylum Cnidaria incluye a corales, anémonas de mar y medusas. Se han

hallado esporos de *Myxobolus* sp. en heces humanas. Algunos representantes del Phylum Myxozoa son *Myxobolus cerebralis*, *Tetracapsuloides bryosalmonae*, *Ceratonova shata*, entre muchos otros (Shpirer et al., 2018).

Reino FUNGI

Phylum MICROSPORIDIA

En la década de 1990, variados análisis de filogenia molecular, con estudios de genes y regiones de rADN evidenciaron la relación de Microsporidia con el reino Fungi, ya fuese como una rama basal o como un grupo paralelo. Además, existe evidencia biológica que apoya esta relación, ya que Microsporidia posee quitina en la pared de sus esporas y almacena trehalosa, que es probablemente su mayor reserva de azúcares, como ocurre con muchas especies fúngicas (Cruz Choappa, 2018). Por lo tanto, existen evidencias genéticas, estructurales y metabólicas suficientes para ubicar este Phylum al reino Fungi.

Referencias

- Alvarez, A. R. (2017). Los protozoos: características generales y su rol como agentes patógenos. *Ciencia Veterinaria*, 8(1), 62-71.
- Berman, J.J. (2012). Chapter 22 - Amoebozoa. In: Taxonomic Guide to Infectious Diseases, Edit: Jules J. Berman, Academic Press, pp. 117-121.
- Berman J.J. (2019). Taxonomic Guide to Infectious Diseases: Understanding the Biologic Classes of Pathogenic Organisms (Second Edition).
- Cruz Choappa R. (2018). El phylum Microsporidia. *Revista Chilena de Infectología*, 35 (1): 73-74.
- Foxx, J. & Siddall, M.E. (2015). The road to Cnidaria: history of phylogeny of the Myxozoa. *Journal of Parasitology*, 101(3), 269-274.
- García-Torres, I. & Pérez-Montfort, R. (2011). Avances en la identificación de blancos terapéuticos y el diseño racional de fármacos contra la enfermedad de Chagas. *Revista de Educación Bioquímica*, 30 (2), 68-81.
- Kaufner, A., Stark, D. & Ellis, J. (2020). A review of the systematics, species identification and diagnostics of the Trypanosomatidae using the maxicircle kinetoplast DNA: from past to present. *International journal for parasitology*.
- Lange, C.E. & Jeffrey, C.L. (2012). Protistan Entomopathogens. In Insect Pathology (Second Edition), Edit Academic Press, pp. 367-394.

- Nagoba, B.S. & Pichare, A. (2020). *Medical Microbiology and Parasitology PMFU 4th Edition-E-book*. Elsevier Health Sciences.
- Rojo-Marcos, G. & Cuadros-Gonzalez, J. (2016). Malaria y protozoos intestinales. *Enfermedades infecciosas y microbiología clínica*, 34(3), 191-204.
- Shpirer, E., Diamant, A., Cartwright, P. & Huchon, D. (2018). A genome wide survey reveals multiple nematocyst-specific genes in Myxozoa. *BMC evolutionary biology*, 18(1), 138. <https://doi.org/10.1186/s12862-018-1253-7>
- Simpson, A.G.B. & Eglit, Y. (2016). Protist Diversification. In: Encyclopedia of Evolutionary Biology, Edit Richard M. Kliman, Academic Press, pp. 344-360.
- Simpson, A.G.B. & Čepička I. (2019). Amitochondriate Protists (Diplomonads, Parabasalids and Oxymonads), in Encyclopedia of Microbiology (Fourth Edition) Edit ELSEVIER, pp 86-98.
- Teunis, P.F., Chappell, C.L. & Okhuysen, P.C. (2002). Cryptosporidium dose-response studies: variation between hosts. *Risk analysis*, 22(3), 475-485.
- Walker G., Zadrobílková E. & Čepička I. (2017). Archamoebae. In: Archibald J., Simpson A., Slamovits C. (eds) Handbook of the Protists. Springer, Cham.

Reino Protista

Clado o Superphylum Alveolata

Phylum Apicomplexa

Clase Conoidasida

Orden Eucoccidiorida

Familia Sarcocystidae

Género *Toxoplasma*

Género *Cystoisospora*

Género *Sarcocystis*

Familia Cryptosporidiidae

Género *Cryptosporidium*

Familia Eimeriidae

Género *Eimeria*

Género *Cyclospora*

Familia Hepatozoidae

Género *Hepatozoon*