

8. Quitridios y microsporidios

Quitridios

Los quitridios son organismos ubicuos y se encuentran, tanto en el trópico como en las regiones frías, en agua dulce o ambiente marino sobre algas y componentes del plancton. Muchos viven en suelos agrícolas o forestales y algunos son parásitos obligados de plantas vasculares. La fase somática de los quitridiomycetos es variable: una célula aislada, una hifa alargada o un micelio bien desarrollado y cenocítico. Tienen esporas con flagelos. Difieren de los mastigomicetos (*Chromista*) por carecer de flagelos con mastigonemas.

La principal característica es el esporangio de pared delgada, producido asexualmente, donde la división interna del protoplasma resulta en la formación de zoosporas móviles. Éstas son células sin pared que contienen un solo núcleo y, con la excepción de algunos géneros de *Neocallimastigales*, están impulsadas por un solo flagelo posterior con forma de látigo. En varias especies la ultraestructura de las zoosporas muestra un orgánulo llamado rumposoma

(conjunto de membranas tubulares con aspecto de panal).

Las esporas de reposo (hipnosporas) son estructuras de pared gruesa que tienen un origen sexual o asexual y, después de un período de dormición, pueden germinar produciendo un esporangio. Las paredes celulares contienen quitina y glucano. La mitosis es intranuclear.

Los quitridios eucárpicos consisten en un esporangio y rizoides filamentosos, mientras que en los holocárpicos todo el cuerpo (o talo) se convierte en un esporangio durante la reproducción. El talo del quitridio puede producir un solo esporangio (monocéntrico) o ser policéntrico con varios esporangios sobre una red de rizoides (rizomicelio). Los quitridios epibióticos crecen sobre el sustrato y los endobióticos, dentro. Otras características posibles son la presencia de una dilatación subesporangial (apófisis), o de un opérculo con forma de tapa por donde saldrán las zoosporas.

La división o 'phylum' *Chytridiomycota* tiene un ciclo de vida con meiosis zigótica, *Blastocladiomycota* presenta meiosis en la espora y alternancia de las generaciones productoras de esporas y gametas, y *Neocallimastigales* reúne a los simbiontes anaeróbicos del rumen (1).

Cuadro 8.1. Clasificación de los quitridios (1, 2).

- *Chytridiomycota*: unicelular o micelial, zoosporas con un flagelo posterior tipo látigo
 - ✓ *Chytridiales*: holo o eucárpico con rizoides aguzados, uni o multiesporangial, zoosporas con un glóbulo lipídico destacado y rumposoma
 - ✓ *Monoblepharidales*: micelio, reproducción oogámica
 - ✓ *Spizellomycetales*: holo o eucárpico con rizoides romos, uniesporangial, zoosporas con varios glóbulos lipídicos, sin rumposoma
- *Neocallimastigomycota*: sin mitocondrias, zoosporas mono o poliflageladas
- *Blastocladiomycota*: hifa con rizoides, uni o multiesporangial, anisogametas móviles

Debido a su pequeño tamaño la mayoría de los quitridios pueden ser detectados solamente por el examen microscópico de los restos orgánicos colonizados o de las células y los tejidos parasitados de plantas o animales. Algunas especies saprobias pueden ser aisladas del agua o suelo usando cebos tales como polen, hojas, frutos, exoesqueleto de artrópodos o tiras de celofán y mantenidas en cultivos axénicos.

Las especies fitopatógenas incluyen *Synchytrium endobioticum* y *Physoderma maydis*. *Rozella allomycis* es parásita de otros quitridios. Varias especies de *Coelomomyces* parasitan larvas de mosquito. *Blastocladiella emersonii* y *Allomyces macrogynus* son saprobios de vida libre (3). *Rhizophydium sphaerotheca* desarrolla sobre granos de polen (2).

Chytridiomycota

Talo cenocítico, holo o eucárpico; monocéntrico, policéntrico o micelial. Pared celular quitinosa, al menos en el estado hifal. Zoosporas con un flagelo posterior como látigo, sin mastigonemas o escamas, raramente poliflagelado. Saprobios acuáticos o parásitos, crecen sobre materia orgánica viva o en descomposición, incluyendo nemátodos, insectos, piel de anfibios, plantas y hongos (2). Los chytridios suelen ser aislados con cebos (polen, restos ricos en quitina) y sobre agar mPmTG, pero algunos no han sido obtenidos en cultivo puro (1, 7).

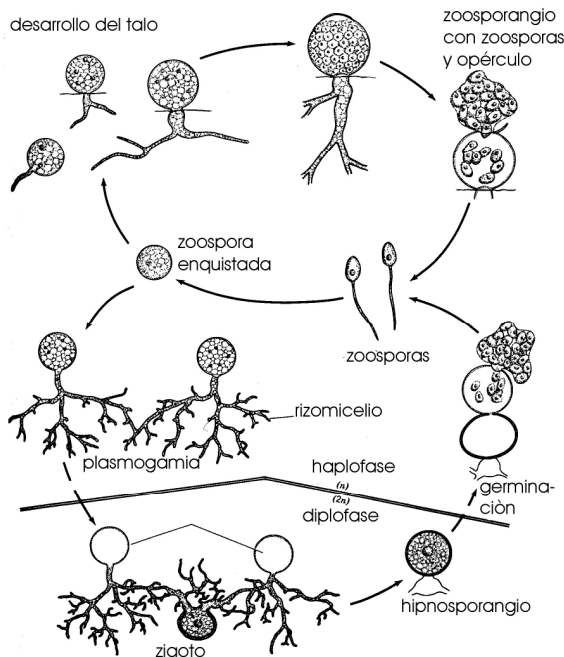


Figura 8-1. Ciclo de *Chytridiomycetes* (monocéntrico) (3)

Chytridiales

Talo mono o policéntrico, endo o exógeno. Zoosporas principalmente con un destacado glóbulo de lípidos. Rizoides con extremos delgados. Se caracterizan por una meiosis zigótica en la cual los individuos haploides se fusionan para formar un cigoto diploide e inmediatamente ocurre la meiosis. Comúnmente acuáticos, pero algunos también en suelos. Saprobios o parásitos, se hallan sobre algas, microfauna, hongos, polen, restos de plantas, quitina, queratina; raramente sobre plantas superiores (*Synchytrium*) (2). Las zoosporas son descargadas a través de una o varias papilas del esporangio o un tubo que sale del mismo. En algunas especies la papila

tiene un opérculo. Después de liberadas, las zoosporas nadan por un tiempo, luego pierden el flagelo y se enquistan, para finalmente germinar. La reproducción sexual se hace por conjugación de gametas móviles dando un cigoto móvil biflagelado que suele penetrar la célula del hospedante tal como lo hace una zoospora asexual (3). Es el orden más grande con más de 75 géneros (1).

Chytridiaceae

Talo mono o policéntrico (fig. 8-1). Esporangio endógeno respecto al quiste de la zoospora, operculado o no. Rizoides endo o interbióticos. Hipnosporas endo o exógenas (2).

Cladochytriaceae

Talo eucárpico, policéntrico, con rizomicelio y estructuras reproductoras (fig. 8-2). Esporangio operculado o no (2).

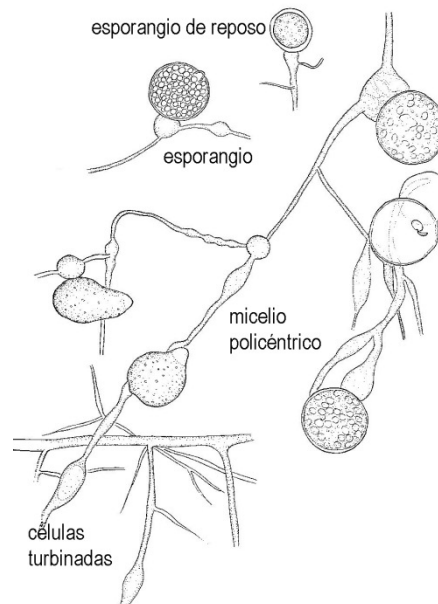


Figura 8-2. *Nowakowskiella* (policéntrico) (3).

Synchytriaceae

Talo holocárpico, exógeno al quiste de la zoospora; en la madurez se transforma en un soro, prosoro o hipnospora (2). La reproducción es colonial. *Synchytrium* comprende especies fitopatógenas obligadas (fig. 8-4) (1).

Incertae sedis

Olpidium es un parásito holocárpico que crece dentro del hospedante como una forma trófica sin pared, luego produce zoosporangios que llenan la célula o hipnosporas con pared gruesa (fig. 8-3) (6).

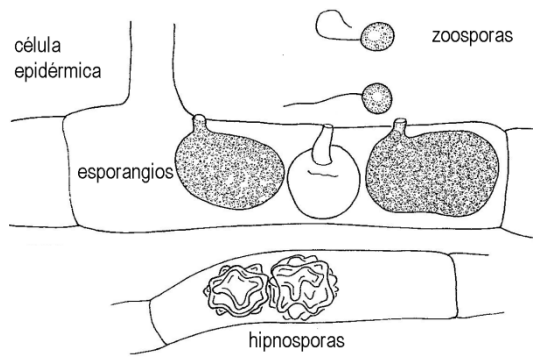


Figura 8.3. *Olpidium* parasitando células de raíz (6).

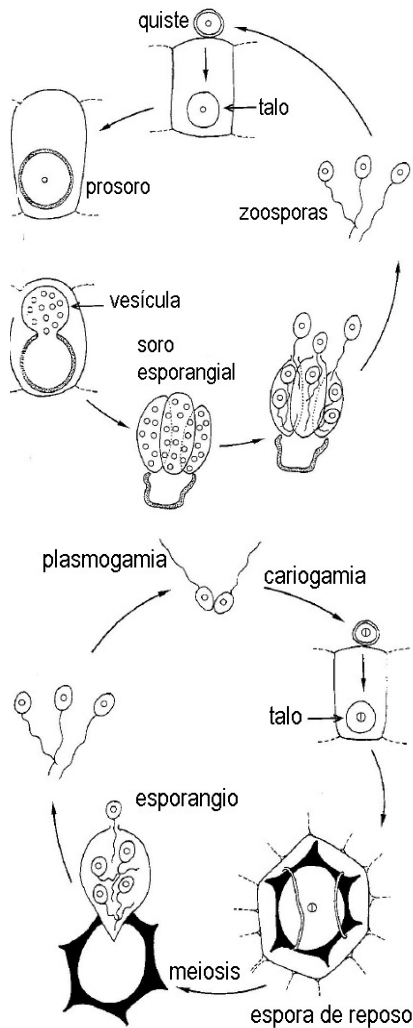


Figura 8-4. Ciclo de *Synchronium* (6).

Monoblepharidales

Talo simple (no ramificado, carente de rizoides) sin estado sexual conocido o talo hifal con reproducción oógama. Éstos son los únicos quitridios con gameta femenina inmóvil y gametas masculinas más pequeñas y móviles (2). Es un orden pequeño con 4 familias y sólo 6 géneros, tres de los cuales poseen un talo no ramificado y sin rizoides, mientras que los

tres remanentes son policéntricos con un micelio cenocítico bien desarrollado (1).

Monoblepharidaceae

Talo diferenciado en un sistema somático hifal bien desarrollado y numerosas estructuras reproductivas. Oógamo. La gameta masculina íntegra penetra en el oogonio durante la fertilización. El cigoto queda dentro de oogonio o se desplaza y permanece enquistado sobre la abertura del mismo (2).

Monoblepharis (fig. 8-5) presenta esporangios son formados en sucesión basípeta y liberan por el ápice las zoosporas que tienen numerosos glóbulos de lípidos. Las hifas están muy vacuoladas y tienen una apariencia espumosa o reticulada (1). La mayoría de las especies son saprobias y se aislan del agua dulce sobre ramitas y frutas sumergidas, o de muestras de suelo sobre semillas de sésamo o cáñamo mojadas. En general el mismo micelio que produce los esporangios, forma gametangios cuando se eleva la temperatura (3).

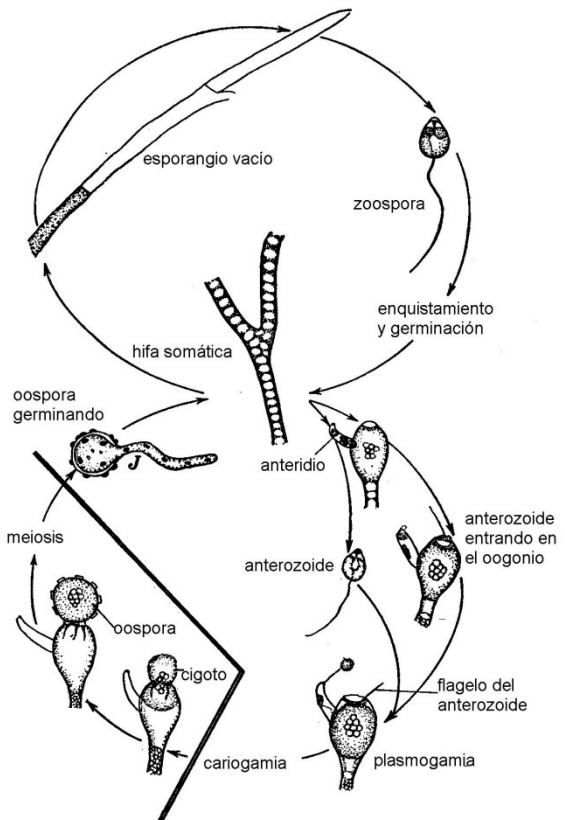


Figura 8-5. Ciclo de *Monoblepharis* (4).

Spizellomycetales

Talo monocéntrico con desarrollo endo o exógeno. Saprobios en el suelo sobre

sustratos orgánicos, tales como celulosa, queratina, polen o restos de plantas, o parásitos de oomicetos y otros quitridios. El orden fue definido por las características de la ultraestructura de las esporas. Las zoosporas de la mayoría de las especies tienen varios glóbulos lipídicos y forma irregular, se pueden mover de una manera ameboidal mientras nadan y la inserción flagelar suele desplazarse a una posición lateral (2). *Spizellomyces* es un saprobio del suelo, eucárpico, con rizomicelio cuyos extremos son romos (1).

Rhizophydiales

Rhizophyidium se caracteriza por poseer un esporangio inoperculado, epibiótico, monocéntrico y un eje rizoidal endobiótico con ramas. Forma un hipnosporo epibiótico. Este orden incluye especies endobióticas, tal como *Batrachochytridium dendrobatidis*, un patógeno de la piel de anfibios (1).

Neocallimastigomycota

Se caracterizan por ser anaerobios obligados y se hallan en el rumen, el intestino posterior o el estiércol de los herbívoros. Son mono o policéntricos. Forman un rizomicelio que penetra eficientemente el material vegetal y tienen enzimas celulolíticas. Carecen de mitocondrias pero poseen hidrogenosomas que generan ATP. Las zoosporas tienen uno o varios flagelos y carecen de los glóbulos de lípidos que se hallan en otras divisiones (fig. 8-6) (1).

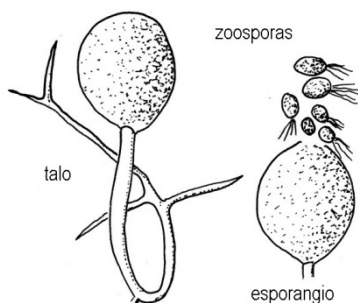


Figura 8-6. *Neocallimastix* (3).

En los medios de cultivo las zoosporas enquistadas dan un tubo germinativo (raramente dos) que se alarga y ramifica para formar el sistema rizoidal con una dilatación subesporangial. El quiste se alarga para formar un esporangio sésil o

pedunculado y en la madurez se liberan las zoosporas a través de un poro en la pared. Éstas se enquistan rápidamente cerca del esporangio. También suelen formarse esporangios de resistencia de color obscuro (3).

Blastocladiomycota

Zoosporas uniflageladas. Reproducción asexual con zoosporas y sexual por conjugación de planogametas. Ciclo de vida con meiosis en esporas (1).

Blastocladales

Son principalmente hongos acuáticos o del suelo. Forman esporangios de resistencia con pared dura (hipnosporangios). Algunos holocárpico son parásitos obligados de larvas de insectos (*Coelomomyces*) (1). Los eucárpico tienen talo mono o policéntrico. Presentan meiosis zoospórica y alternancia de generaciones productoras de gametas y esporas asexuales

Allomyces muestra alternancia de talos haploide y diploide. El primero produce gametangios que liberan células móviles de distintos tamaño (anisogamia) mientras que el segundo. El cigoto desarrolla un talo diploide con zoosporangios de pared delgada que producen mitosporas diploides y esporangios de resistencia que generan meiosporas haploides (3).

A. arbusculus produce abundantes esporangios de resistencia en 5 a 6 días sobre agar-avena, ocasionalmente forma gametangios, mientras que *A. macrogynus* (fig. 8-7) origina abundantes gametangios en iguales condiciones de cultivo (5).

Blastocladia se encuentra comúnmente en aguas neutras a ligeramente alcalinas y se lo puede obtener sumergiendo canastos con manzanas durante dos semanas en invierno (3). Se reconoce por la formación de pústulas blanquecinas sobre los frutos (5).

Rozella allomycis parasita las hifas de *Allomyces*, produciendo el hospedante células septadas e hipertrofiadas, dentro de las cuales el parásito forma hipnosporas o un zoosporangio sin paredes (2).

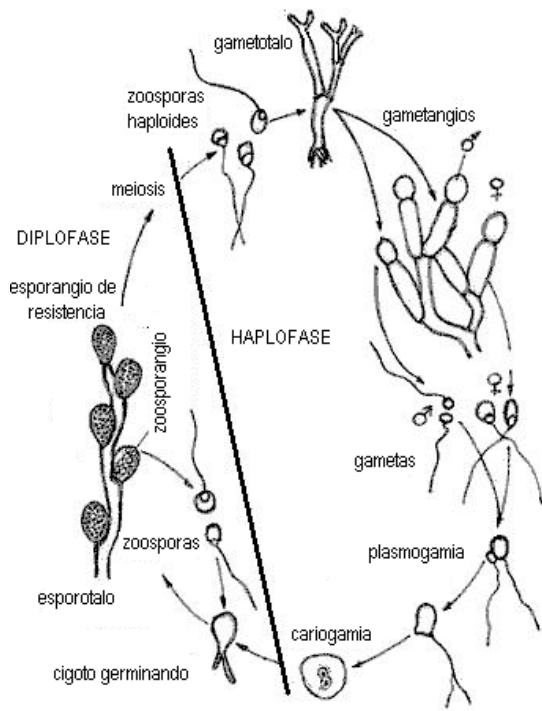


Figura 8-7. Ciclo de *Allomyces macrogynus* (3)

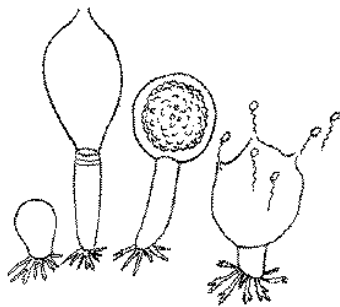


Figura 8-8. *Blastocladiella emersonii* (6).

Microsporidia

Son eucariotas con una reducción selectiva de la estructura celular, que viven sólo como parásitos intracelulares obligados. Son los patógenos más importantes de los insectos, pero también afectan a crustáceos, peces, pájaros y hasta humanos. Entre las características similares a los hongos están una división nuclear dentro de una membrana nuclear intacta y la presencia de trehalosa como el principal carbohidrato de reserva. El primer microsporidio descrito fue *Nosema bombycis*.

El ciclo de vida varía de simple a muy complejo. La reproducción puede ser asexual, sexual o ambas, dependiendo de las especies, y algunos tienen hospedantes intermediarios.

La morfología de las esporas incluye una gruesa pared externa proteica y una interna con quitina, pero la característica más destacable es el filamento polar. Éste está especializado para la invasión del hospedante y entra a gran velocidad. Es un tubo hueco enrollado, de hasta 100 veces la longitud de la espora, unido a una placa polar y termina en una vacuola.

La espora ingerida germina en el intestino del hospedante liberando el filamento polar que inyecta el contenido de la espora en el citoplasma de una célula intestinal a una gran velocidad. Cuando está totalmente extendido, la presión generada por la vacuola desplaza al esporoplasma a través del filamento en 15 a 500 milisegundos.

Algunos microsporidios causan enfermedades agudas que resultan en la muerte del hospedante, pero otros son patógenos crónicos que reducen la longevidad y fecundidad del mismo (2).

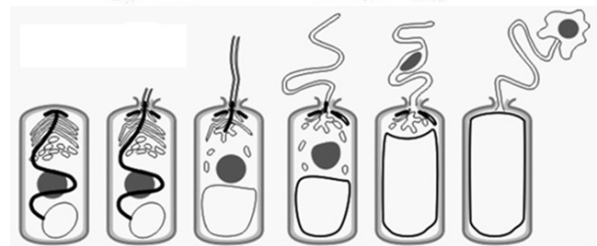
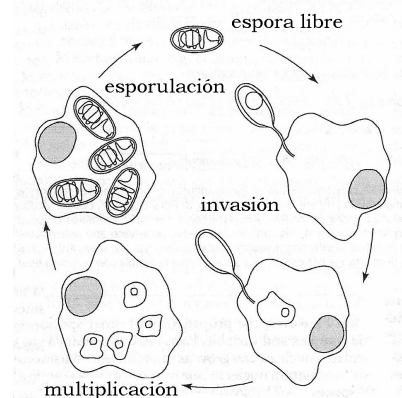


Figura 8-9. Microsporidios: ciclo de vida y germinación de la espora (2)

Referencias

1. James TY et al. 2006. *Mycologia* 98: 860-871.
2. Moore D, Robson GD, Trinci APJ. 2011. 21st Century Guidebook to Fungi. University Press, Cambridge, cap 3.
3. Alexopoulos CJ, Mims CW, Blackwell M. 1996. *Introductory Mycology*. 4ª ed. John Wiley & Sons, cap 4.

4. Kendrick B. 2000. The Fifth Kingdom. 3ª ed. Focus Publishing, Newburyport, MA, cap 2.
5. Dade HA, Gunnell J. 1969. Class work with fungi. 2ª ed. CAB, Kew, Surrey
6. Webster J, Weber RWS. 2007. Introduction to Fungi. 3º ed. University Press, Cambridge, cap 6.
7. Longcore JE. 2004. Mycologia 96 : 162-171.