

Facultad de Ciencias

# notas

*de clase*

## Morfología y clasificación de los hongos.

Emira Garcés de Granada, et al.



Biología  
Estadística  
Farmacia  
Física  
Geología  
Instituto de Ciencias Naturales  
Matemáticas  
Observatorio Astronómico  
Química



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE COLOMBIA  
Sede Bogotá

# MORFOLOGÍA Y CLASIFICACIÓN DE LOS HONGOS

**EMIRA GARCÉS DE GRANADA**  
Profesora Titular

**MARINA CORREA DE RESTREPO**  
Profesora Asociada

**BERTA COBA DE GUTIERREZ**  
Microbióloga

**MARTHA OROZCO DE AMÉZQUITA**  
Profesora Titular

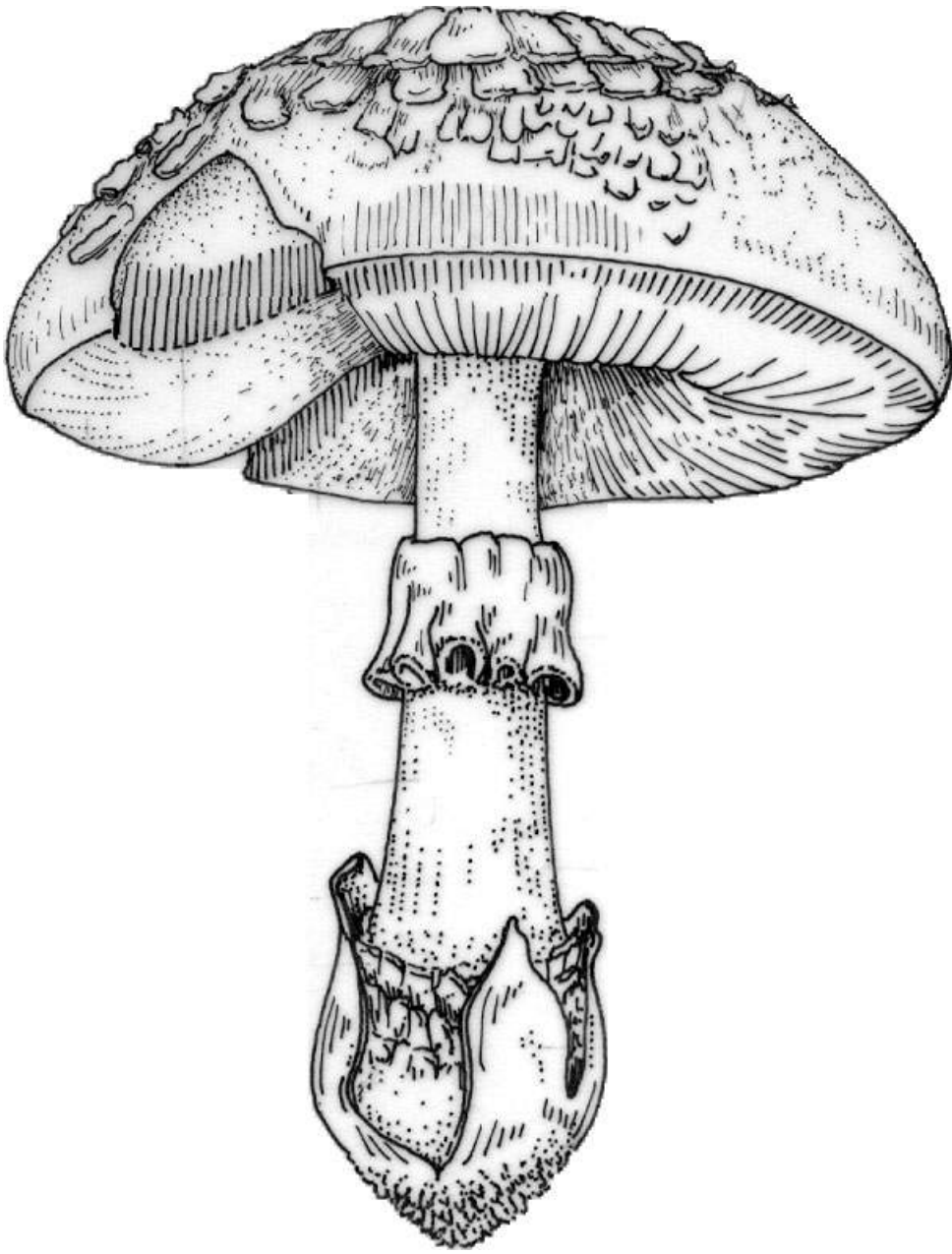
**ANGELA CRISTINA ZAPATA L.**  
Bióloga

**AMALFY ANACONA CHINGANA**  
Bióloga

**SANDRA PATRICIA SABOGAL**  
Bióloga

DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA  
FACULTAD DE CIENCIAS  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA







# Índice general

INTRODUCCIÓN	v
<b>1. MORFOGÉNESIS Y FISIOLOGÍA</b>	<b>1</b>
1.1. Ultraestructura hifal	2
1.2. Nutrición	3
1.3. Diseminación	3
1.4. Ecología	4
<b>2. INTERACCIONES FISIOLÓGICAS ENTRE PLANTAS Y HONGOS</b>	<b>7</b>
2.1. Mutualismo y Simbiosis	7
2.2. Simbiosis Micorrizales	8
2.2.1. Tipos de micorrizas	8
2.2.2. Ectomicorrizas	9
2.2.3. Endomicorrizas	9
2.3. Líquenes	10
<b>3. IMPORTANCIA ECONÓMICA DE LOS HONGOS</b>	<b>13</b>
<b>4. CICLOS DE VIDA</b>	<b>17</b>
4.1. Zygomycetes: <i>Mucor</i> sp.	18
4.2. Ascomycetes: <i>Sordaria humicola</i> .	19
4.3. Basidiomycetes: <i>Puccinia coronata</i>	19
<b>5. MÉTODOS DE REPRODUCCIÓN EN HONGOS</b>	<b>23</b>
5.1. Reproducción sexual	23
5.2. Reproducción asexual	26
5.2.1. Desarrollo Blástico	27
5.2.2. Desarrollo Fialídico.	28
5.2.3. Desarrollo Tálico	29
<b>6. CLASIFICACIÓN DE LOS HONGOS</b>	<b>31</b>
6.1. Hongos Zoospóricos	31
6.1.1. Características de las zoosporas	32

6.1.2.	Zoosporogénesis . . . . .	32
6.2.	Reino Protoctista . . . . .	33
6.2.1.	División ACASIOMYCOTA . . . . .	34
6.2.2.	División MIXOMICOTA . . . . .	34
6.2.3.	División PLASMODIOPHOROMYCOTA . . . . .	35
6.3.	Reino Fungi . . . . .	37
6.3.1.	División CHYTRIDIOMYCOTA . . . . .	38
6.3.2.	División HYPHOCHYTRIOMYCOTA . . . . .	39
6.3.3.	División OOMYCOTA . . . . .	40
6.3.4.	División ZIGOMYCOTA . . . . .	45
6.3.5.	División ASCOMYCOTA . . . . .	57
6.3.6.	División BASIDIOMYCOTA . . . . .	70
6.3.7.	División DEUTEROMYCOTA . . . . .	87

# INTRODUCCIÓN

El estudio de los hongos en toda su magnitud, requiere de una apreciación amplia e integral que conduzca a la comprensión de su biología y sus relaciones con otros seres vivos. Por lo tanto, es fundamental conocer la morfología, manejo y control para obtener diagnósticos veraces de los signos patológicos y para mostrar los beneficios y utilidades de las diferentes especies del reino Fungi.

Por estas razones, nos permitimos entregar este libro con el deseo que sea consultado por aquellos profesionales interesados en el tema; así mismo proporcionar al lector una mejor apreciación de los aspectos más importantes de los hongos y sus relaciones con otros seres vivos.

La mayoría de los hongos son pequeños, generalmente microscópicos, con apariencia filamentosos, ramificados, se reproducen por medio de esporas, las que se forman por mecanismos sexuales o asexuales y carecen de clorofila. Sus paredes celulares contienen quitinas y glucanos como componentes esqueléticos, los cuales están embebidos en una matriz de polisacáridos y glicoproteínas (Agrios, 1992). Pero también, existen hongos grandes, como son los exquisitos champiñones, los cuales tienen mucho en común con los mohos negros que se forman en el pan viejo y los tizones que pudren las cortinas y las telas húmedas. Todas estas formas de vida pertenecen al Reino Fungi, un grupo diverso que consta de más de 250.000 especies conocidas. Aunque estos organismos presentan grandes variaciones en tamaño y forma todos los hongos son eucariotes (Solomon, Vilee & Davis, 1987).

Las enzimas producidas por sus hifas sobre el sustrato permiten la hidrólisis de los nutrientes, que una vez son convertidos en material soluble son absorbidos y transportados a través de la membrana y usados en procesos metabólicos para el crecimiento y desarrollo del hongo (Isaac, 1992).

Más de 100.000 especies de los hongos conocidos son estrictamente saprofitos, esto es, viven sobre organismos muertos, que ayudan a descomponer. Alrededor de 50 especies, causan enfermedades en los humanos y muchos más causan enfermedades en los animales.

Algunos hongos, conocidos como parásitos obligados o biotrofos, pueden crecer y multiplicarse únicamente permaneciendo sobre su hospedero durante toda su vida. Otros conocidos como parásitos no obligados, requieren una planta hospedera en una parte de su ciclo de vida, pero pueden completar este ciclo en materia orgánica. (Agrios, 1997).

Como en todos los casos donde deben tratarse problemas parasíticos y pa-



tológicos, el éxito del control depende de un diagnóstico correcto, apoyado en un buen conocimiento de los patógenos; en el caso particular de los hongos, de sus estructuras somáticas y reproductivas (Pardo-Cardona, 1995).

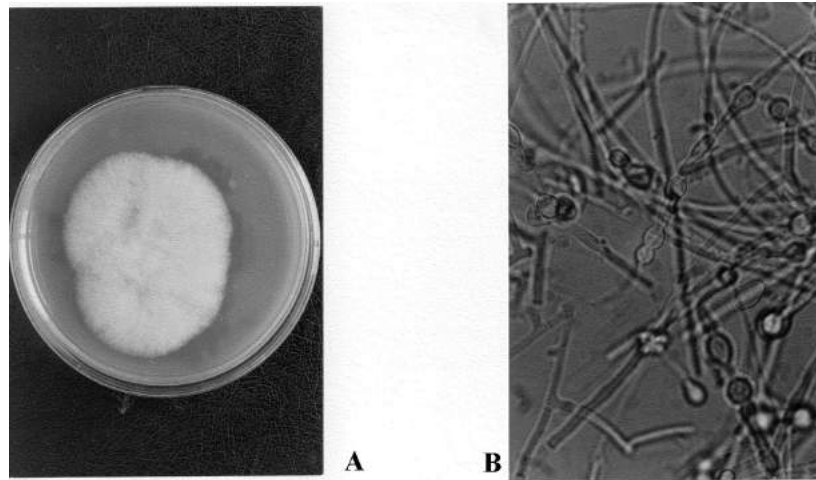


Figura 1: Crecimiento morfológico de los Hongos. A: *Fusarium* sp. crecimiento en medio de cultivo PDA. (Observación Macroscópica). B: *Phytophthora* sp. (Observación Macroscópica). Foto cortesía: Laboratorio de Microbiología del Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia.

Muchos hongos interactúan con las plantas, proporcionándoles nutrientes vitales, incrementando su productividad y generalmente aumentando la salud de las mismas (Isaac, 1992).

La realidad es que estos organismos contribuyen de manera significativa al equilibrio ecológico de la biosfera. Si no fuera por la continua degradación de los desechos y cuerpos muertos de otros organismos, a la cual contribuyen los hongos, los nutrientes esenciales quedarían bloqueados en enormes pilas de materia orgánica inútil, la cual no estaría disponible para ser reciclada a través de nuevos organismos.

Entre sus aportes directos al bienestar humano, pueden mencionarse las levaduras con las que se elabora el pan, la fermentación de los vinos, los diferentes sabores de los quesos, la producción de antibióticos (penicilina) y por supuesto, las de los hongos comestibles (Solomon, Villee & Davis, 1987).

## Capítulo 1

# MORFOGÉNESIS Y FISIOLOGÍA

Como organismos eucarióticos, los hongos poseen un núcleo diferenciado y organelos citoplasmáticos rodeados por membranas, lo que los distingue de las bacterias, las cuales carecen de dichos elementos. Además todas las células de los hongos están rodeadas por una pared celular rígida. Muchos hongos tienen quitina en su pared celular como el polisacárido en mayor proporción, mientras que algunos otros tienen celulosa en lugar de la quitina.

La gran mayoría de los hongos tienen estructuras vegetativas filamentosas llamadas **hifas**, las cuales crecen en forma de largos brazos en toda dirección; estas son generalmente uniformes y delgadas con diámetros de 1 a 2 mm, aunque en algunos hongos pueden alcanzar hasta 100 mm de grosor. El conjunto de hifas forma lo que se denomina **micelio**. (Figura 1).

El número de núcleos por célula puede variar entre uno o dos hasta encontrar células polinucleadas, **cenocíticas**, posiblemente debido al rompimiento de paredes celulares o **septos**. El crecimiento del micelio es polarizado, ocurre en el ápice de la hifa, proliferando a lo largo y a través del sustrato. Se ha encontrado en observaciones realizadas por microscopía electrónica de luz que la distribución de los organelos celulares es diferente en la región apical de la hifa. Muchas hifas juntas o micelio dan origen a los talos o a las colonias del hongo (Isaac, 1992; Agrios, 1997).

Algunos hongos carecen de micelio y producen en cambio un sistema de madejas de diferente grosor con diámetros variados llamadas **rizomicelio**. Algunos microorganismos, antes formaban parte de los hongos primitivos, pero ahora son considerados pertenecientes al Reino Protozoa.

El color del hongo aparece cuando se forman las estructuras reproductivas, las cuales contienen grandes cantidades de esporas que son las responsables de la diseminación.

## 1.1. Ultraestructura hifal

La mayoría de las hifas de los hongos son estructuras tubulares con crecimiento polarizado en el ápice (Figura 1.1). El protoplasma del hongo está limitado por una membrana plasmática que se encuentra delineando la pared celular y produciendo la presión de turgencia del citoplasma.

Esta membrana está compuesta de lípidos, proteínas y pequeñas cantidades de carbohidratos; los fosfolípidos son los componentes más importantes de la membrana. En los hongos inferiores los ácidos grasos son saturados, mientras que en los hongos superiores son poliinsaturados. Las proteínas de la membrana son importantes en el transporte de nutrientes y también por su papel como membrana con enzimas asociadas. Los carbohidratos, particularmente las glicoproteínas están localizadas en la superficie exterior de la membrana y probablemente son las encargadas del reconocimiento celular.

Una de las características más notables cuando ocurre el crecimiento del micelio es la acumulación de vesículas en el ápice de la hifa y en las regiones de crecimiento tales como los puntos de ramificación, los sitios de conexión y en la formación de los tubos germinativos. Hasta ahora se acepta que dichas vesículas tienen una función en el crecimiento de la pared y en la extensión hifal. Estas vesículas apicales están siempre asociadas con la presencia de ribosomas y de microfilamentos que están directamente relacionados con la división celular. Las mitocondrias se ubican en el extremo opuesto a las vesículas, en donde también se encuentra el núcleo que está rodeado por una membrana doble la cual está perforada por poros. El núcleo mantiene una posición central dentro de la hifa, pero también se ha observado migrando a través de la red hifal, probablemente guiado por filamentos de actina.

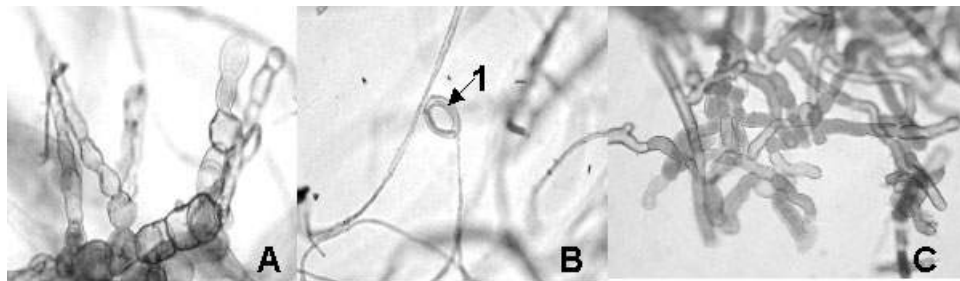


Figura 1.1: Morfología hifal. A y C: hifas septadas, B: hifas cenocíticas, indicándose contacto hifal (1). Foto cortesía: Anacona & Sabogal (2002), Laboratorio de microbiología del Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia.

La pared celular es una estructura rígida y compleja que brinda protección al protoplasto además que determina la forma de la célula, hecho que ayuda en la determinación taxonómica. La principal característica de la pared celular

está determinada en el ápice, adelgazándose y desarrollándose constantemente, como resultado del continuo proceso de crecimiento; cuando la pared celular madura, se adicionan materiales que le proporcionan rigidez, la cual hace resistente el micelio a tracciones mecánicas.

Aunque, la pared celular protege, también se ha observado actividad de algunas enzimas importantes en los procesos de infección. Esta es una estructura que tiene diferente composición de acuerdo con los estadios del ciclo de vida, por ejemplo, la pared de las esporas es delgada pero más resistente que las paredes de las hifas que están en crecimiento (Isaac, 1992).

## 1.2. Nutrición

Los hongos son heterótrofos y muchos de sus componentes orgánicos los obtienen del sustrato en el cual crecen y se desarrollan. Existe un amplio rango de sustratos que el hongo puede utilizar como nutriente; aún así, antes de tomar los materiales que necesita debe degradar las células externas liberando enzimas hidrolíticas a través de las paredes celulares (enzimas constitutivas), las cuales están siempre presentes en las colonias en crecimiento; otras se producen en respuesta a la presencia de determinado sustrato (enzimas inducidas). El rompimiento o degradación de los nutrientes por la acción de las enzimas es extremadamente eficiente convirtiendo a los hongos en un grupo muy exitoso de organismos descomponedores. El uso de una amplia gama de cultivos ha permitido la explotación de las enzimas de los hongos con fines comerciales y para procesos industriales (Isaac, 1992).

Los hongos crecen mejor en hábitat oscuros, necesitando humedad para su desarrollo, siendo capaces de obtenerla de la atmósfera o del medio sobre el cual crecen. Cuando el ambiente se hace demasiado seco o las condiciones para su desarrollo son adversas, sobreviven entrando en latencia o produciendo esporas resistentes a la deshidratación.

Los hongos son muy eficientes en lo que se refiere a la conversión de su materia nutritiva en componentes celulares nuevos. Si disponen de suficiente materias nutricionales son capaces de almacenarlas en los micelios; ciertos nutrientes excesivos son excretados hacia el medio circundante (Solomon et al, 1985).

## 1.3. Diseminación

Las zoósporas son las únicas estructuras de los hongos que pueden moverse por sí mismas a cortas distancias (pocos milímetros o centímetros). Únicamente, los Mixomicetes, Oomicetes y los Chytridiomicetes producen zooporas. La vida de la gran mayoría de los hongos patógenos en plantas dependen de su expansión por una misma planta, la proximidad de planta a planta o de la oportunidad que tengan de ser transportados por otros agentes, tales como el viento, el agua, las aves, los insectos, otros animales y los humanos. Los hongos se diseminan o es-

parcen, principalmente en forma de esporas (figura 1.2); también por fragmentos de hifas y por masas endurecidas de micelio llamadas **esclerocios**.

La distancia a la cual las esporas pueden ser esparcidas varía de acuerdo con el agente diseminador. El viento es probablemente el más importante agente transportador de esporas de muchos hongos, las cuales pueden ser llevadas a grandes distancias con respecto a su lugar de origen (Agrios, 1997).

## 1.4. Ecología

Casi todos los hongos patógenos de plantas pasan parte de sus vidas sobre su planta hospedera y parte en el suelo o en el suelo sobre plantas en descomposición. Algunos pasan toda su vida sobre el hospedero y únicamente las esporas van a la tierra, en donde permanecen inactivas hasta ser transportadas a un hospedero en el cual crecen y se reproducen. Otros, como el hongo de la manzana *Venturia*, pasan parte de su vida sobre el hospedero como parásito y otra parte sobre tejidos muertos del mismo hospedero como saprófito para completar su ciclo de vida en la naturaleza. Otros hongos, sin embargo, permanecen continuamente asociados a tejidos hospederos, ya sean vivos o muertos y en la naturaleza no crecen sobre organismos de otros reinos que también constituyen materia orgánica. Un tercer grupo de hongos crece parasíticamente sobre los hospederos, continúan viviendo, creciendo y reproduciéndose en tejidos muertos del mismo, aún después de muerto, tienen la capacidad de moverse hacia otra planta enferma sobre la cual crecen y se multiplican actuando como organismos saprófitos. El material muerto de las plantas que ellos colonizan debe estar desprendido del hospedero para que pueda ser colonizado. Esos hongos son usualmente patógenos que se encuentran en el suelo, tienen un amplio rango de hospederos y pueden sobrevivir en el suelo por muchos años en ausencia de sus hospederos. Aún así, necesitan de algún tiempo para infectar alguno de sus hospederos e incrementar su población.

Durante la etapa parasítica el hongo asume varias posiciones en relación con las células y los tejidos de la planta. Algunos hongos (como el moho polvoso) crece sobre la superficie de la planta pero envía sus haustorios dentro de las células epidermales de la planta. Hongos como *Venturia* crecen entre la cutícula y las células epidermales; otros crecen en los espacios intercelulares y envían sus haustorios dentro de las células y existen los que viven indiscriminadamente entre y a través de las células. Hongos que causan marchitamiento vascular, como *Fusarium*, crecen dentro de los vasos del xilema de las plantas infectadas por lo cual recibe el nombre de hongo endofítico (Figura 1, A.). Los parásitos obligados pueden crecer únicamente en asociación con células vivas, puesto que no tienen la capacidad para alimentarse de células muertas. De otro lado, el micelio de algunos parásitos no obligados nunca está en contacto con células de plantas vivas porque sus enzimas degradan y matan las células de la planta para la penetración del micelio. En muchos casos, considerando la posición del micelio en el hospedero, los cuerpos reproductivos (esporas) de los hongos son producidos sobre o muy cerca de la superficie de los tejidos de la planta para

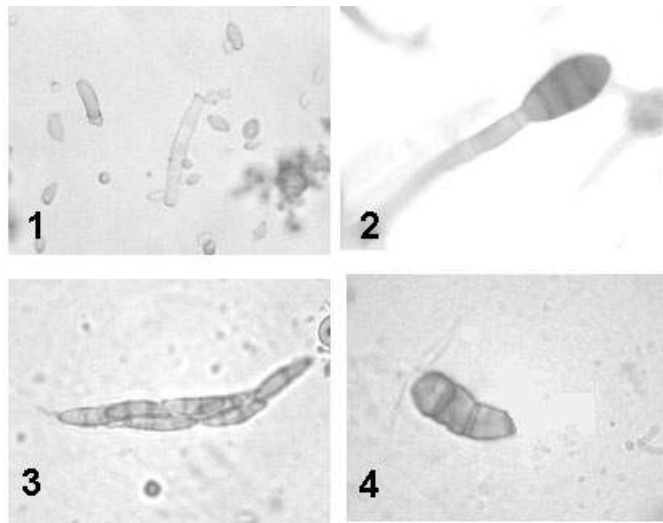


Figura 1.2: Tipos de esporas. 1. Conidiosporas de *Cladosporium* sp., 2. Codióforo de *Alternaria* sp., 3. Diseminación sexual, asca con ascosporas, 4. Conidióforos de *Pestalotia* sp. Fotos cortesía: Anacona & Sabogal (2002), Laboratorio de microbiología del Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia.

asegurar su pronta y eficiente diseminación.

La preservación de muchos hongos patógenos de plantas depende en gran medida de las condiciones predominantes de temperatura y humedad o de la presencia de agua en su medio ambiente. Muchos micelios sobreviven sólo dentro de determinados rangos de temperatura ( $-5$  a  $45^{\circ}\text{C}$ ) y en contacto con superficies húmedas, dentro o fuera del hospedero. Varias clases de esporas, pueden permanecer en amplios rangos de temperatura y humedad; por lo tanto, sobreviven a las bajas temperaturas del invierno y a las altas temperaturas, como también la resequedad del verano. Las esporas, a pesar de estas ventajas, requieren ciertas condiciones ambientales para germinar. Además, algunos hongos producen zoosporas las cuales requieren de agua para su reproducción, movimiento y germinación.



## Capítulo 2

# INTERACCIONES FISIOLÓGICAS ENTRE PLANTAS Y HONGOS

### 2.1. Mutualismo y Simbiosis

Las interacciones fisiológicas entre las plantas y los hongos comienzan poco después de que el contacto ha ocurrido. En muchos casos los cambios a los cuales son inducidas las plantas pueden ocasionar un detrimento fisiológico de las mismas en un alto o bajo grado, o puede llegar a ser fatal. Aún así, existe también una gran cantidad de casos donde las interacciones y asociaciones entre hongos y plantas generan beneficios, como por ejemplo, las micorrizas y los líquenes. En general, en esas interacciones están involucrados flujos de nutrientes que incrementan el crecimiento, el vigor y hasta la sobrevivencia en la naturaleza. Los socios que pueden vivir independientes de tales asociaciones reciben el nombre de **facultativos**, o los que son totalmente dependientes de tales interacciones para su sobrevivencia y reproducción son **obligados**.

El término simbiosis fue utilizado inicialmente por De Bary (1866, 1879; en Isaac, 1992), para describir la vida en asociación de diferentes organismos (dos o más) en alguna etapa de su ciclo de vida. Su concepto de simbiosis incluía asociaciones mutualistas en las cuales un organismo se beneficia en detrimento de otro u otros. Muchas discusiones se han dado alrededor de este concepto, pero este es el sentido que se utiliza aquí.

Las asociaciones mutualistas pueden ocurrir para mejorar las posibilidades de sobrevivencia, adquisición de nutrientes o reproducción y crecimiento. Es importante tener en cuenta que las asociaciones entre los organismos pueden cambiar con el tiempo y/o pueden ser diferentes al estar sometidas a otras condiciones bióticas y abióticas.

Las simbiosis mutualistas se pueden dar entre hongos y raíces de plantas (mi-



corrizas), con algas y cianobacterias (líquenes) y simbiosis endofíticas asintomáticas con partes aéreas de las plantas (Isaac, 1992).

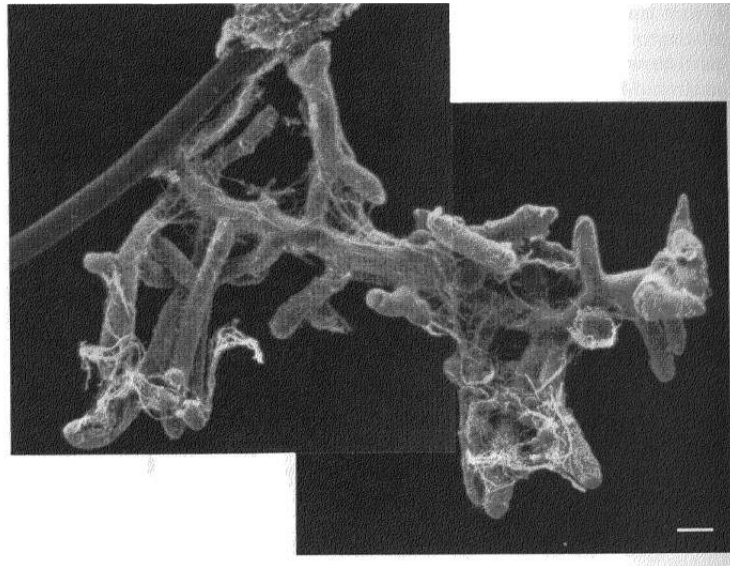


Figura 2.1: Ramificación característica de una raíz micorrizada de abedul. La barra representa 1 mm. Imagen tomada de Fungal-Plant Interactions, Susan Isaac, 1992.

## 2.2. Simbiosis Micorrizales

El término micorriza (literalmente "hongo de la raíz") fue usado inicialmente por Frank (1885; en Isaac, 1992), para describir la asociación entre las raíces de las plantas y el micelio de un hongo (Figura 2.1). Las micorrizas son simbiosis mutualistas, los organismos que coexisten son mutuamente dependientes. Se ha observado este tipo de asociaciones en muchas especies de angiospermas, gimnospermas, pteridófitos y algunos briófitos. La presencia del hongo incrementa la absorción de nutrientes del suelo que son importantes en la nutrición vegetal y que muchas veces no pueden ser absorbidos eficientemente por las plantas en determinadas condiciones. Algunos cambios estructurales ocurren en las raíces de la planta, el hospedero no es afectado aunque se observan pequeñas áreas necróticas (Isaac, 1992).

### 2.2.1. Tipos de micorrizas

Existen varias formas de micorrizas las cuales han sido clasificadas y agrupadas por sus características estructurales en su madurez. Muchas divisiones están

basadas en la clase de hongo asociado y en características como que el micelio del hongo forme un apretado manto o vaina alrededor de la superficie de la raíz. Es importante tener en cuenta que las características morfológicas pueden ser diferentes durante el desarrollo de la asociación y en la senescencia. Las relaciones entre el hongo y la planta cambian constantemente a través del tiempo que dura la asociación.

### 2.2.2. Ectomicorrizas

Las ectomicorrizas se presentan comúnmente asociadas a los árboles y arbustos de los bosques, especialmente son muy comunes en las zonas del hemisferio norte del planeta, donde la composición de los bosques esta representada por especies de gymnospermas, pero eso no significa que no se encuentren también en bosques tropicales aunque en menor número. Muchas de las plantas hospederas pertenecen a las familias Pinaceae, Fagaceae, Betulaceae y Myrtaceae.

### 2.2.3. Endomicorrizas

Las asociaciones agrupadas bajo el nombre de endomicorrizas son estructuralmente muy diversas (Figura 2.2). En todos los casos las hifas del hongo penetran en las células corticales de las raíces de la planta hospedera formando relaciones muy estrechas. Algunas veces redes de micelio se pueden presentar o no. Una de las endomicorrizas que están más ampliamente representadas en todos los ecosistemas del mundo son las micorrizas vesículo - arbusculares.

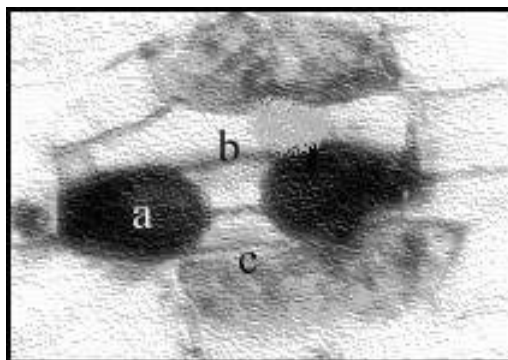


Figura 2.2: Vesículas (a) dentro de las células de la corteza radical (c) e hifas (b). Foto cortesía: Berta Coba de Gutiérrez, Laboratorio de Microbiología del Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia.

Los hongos endomicorrícicos que pertenecen al Orden Glomales comprenden dos subórdenes: Glomineae y Gigasporineae, cinco Familias: Eigasporaceae, Glomaceae, Acanthosporaceae, Archalosporaceae y Paraglomaceae. El número de espe-

cies del orden Glomales ha sido considerado bajo (154) si se comparan con otros grupos de simbiontes micorrícicos como las ectomicorrizas (20.000). Esta diferencia es atribuida a su asexualidad, teniendo en cuenta que la especiación en las micorrizas VA, envuelve solo divergencias en estructuras tales como las células somáticas que están representadas por las esporas. Esta clasificación está basada en un consenso de caracteres morfológicos y moleculares. Bentivenga y Morton, 1995; Franke y Morton, 1994; Morton, 1995; Morton, 1996; Sturmer y Morton, 1997; Sturmer y Morton, 1998; Morton y Redecker, 2000; en Moore-Landecker, 1996).

Dentro de los tipos de micorrizas tenemos las **micorrizas ericoides**, las cuales se encuentran en los géneros Ericoidae (*Erica*, *Calluna*), Rhododendroideae (*Rhododendron*), Vaccinioideae (*Vaccinium*); estas plantas son arbustos y plantas pequeñas que crecen en suelos ácidos. Las **micorrizas arbutoides** se forman en miembros de los géneros Arbutoideae y de la Familia Pyrolaceae, son arbustos leñosos y árboles. Las **micorrizas monotropoides** son formas especializadas que difieren de otras formas ericoides en número, incluye la familia Monotropaceae, plantas herbáceas que carecen de clorofila y las cuales son totalmente dependientes del hongo micorrizal para suplir sus necesidades de carbono y su crecimiento. Las **micorrizas orquidaceas**, se encuentran en todas las orquídeas formando asociaciones desde sus primeros estados de desarrollo (Isaac, 1992).

### 2.3. Líquenes

El cuerpo vegetativo de un líquen se conoce con el nombre de talo y está compuesto por dos organismos, un componente es un hongo (micobionte) y el otro es un alga verde o cianobacteria (fotobionte). La simbiosis presente en los líquenes fue reconocida por primera vez por Schwendener (1867; en Isaac, 1992)., y es el mejor ejemplo de simbiosis universalmente reconocido (Figura 2.3 y 2.4)

Hay más de 500 géneros y más de 13.500 especies de líquenes; una gran mayoría de los hongos que componen estos organismos pertenecen a los Ascomycetes y se han encontrado 20 especies pertenecientes a los Basidiomycetes.

Las especies de algas involucradas en este tipo de simbiosis son limitadas, se incluyen algas unicelulares o filamentosas y 24 géneros de cianobacterias. La mayoría de los fotobiontes son Clorofitas (algas verdes) por ejemplo, *Trebouxia* y *Pseudotrebouxia*. Pocas de estas especies tanto de hongos como de algas han sido encontradas viviendo independientes (Isaac, 1992)

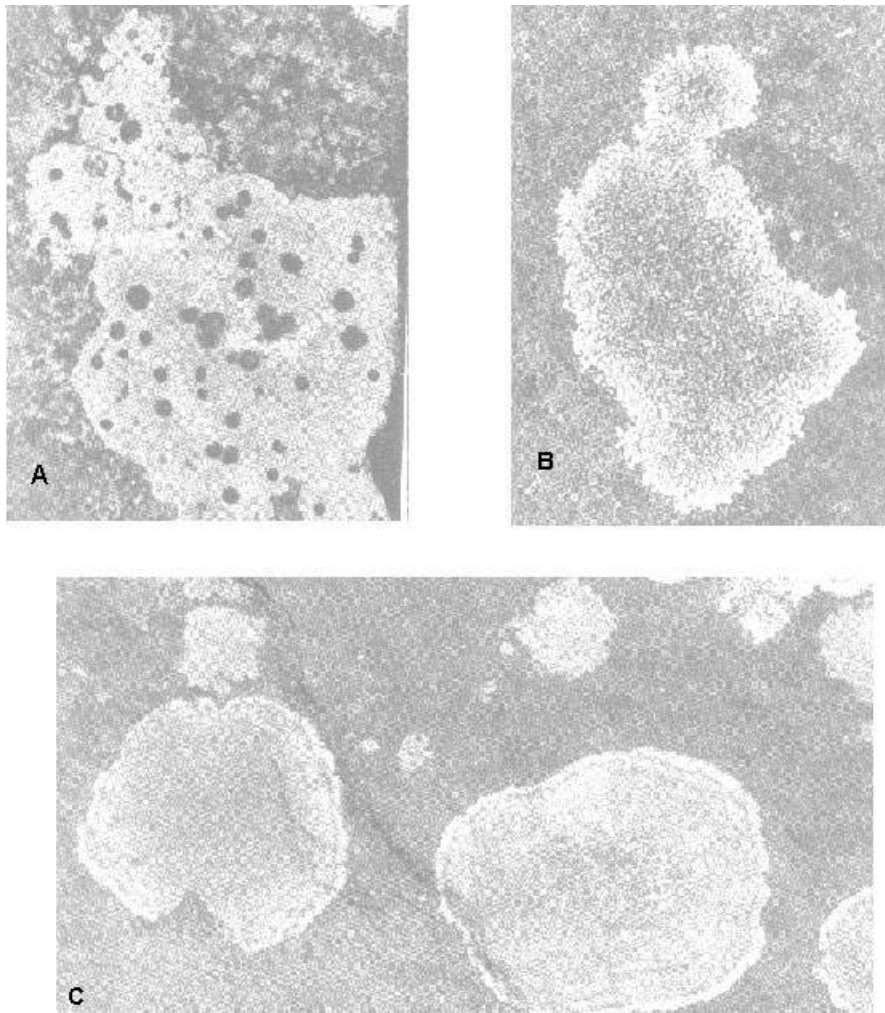


Figura 2.3: Diferentes formas de crecimiento de los líquenes. A-C Líquenes costrosos, muy unidos al sustrato rocoso. A: *Lecidea macrocarpa* con estructuras reproductivas en oscuro localizadas al interior de la costra. B: Un espécimen muy seco de *Xanthoria parietina*, en un habitat abierto. C: *Lecanora calcárea*, discos productores de esporas localizados en el centro de la costra. Imagen tomada de: Fungal-Plant Interactions, Susan Isaac, 1992.

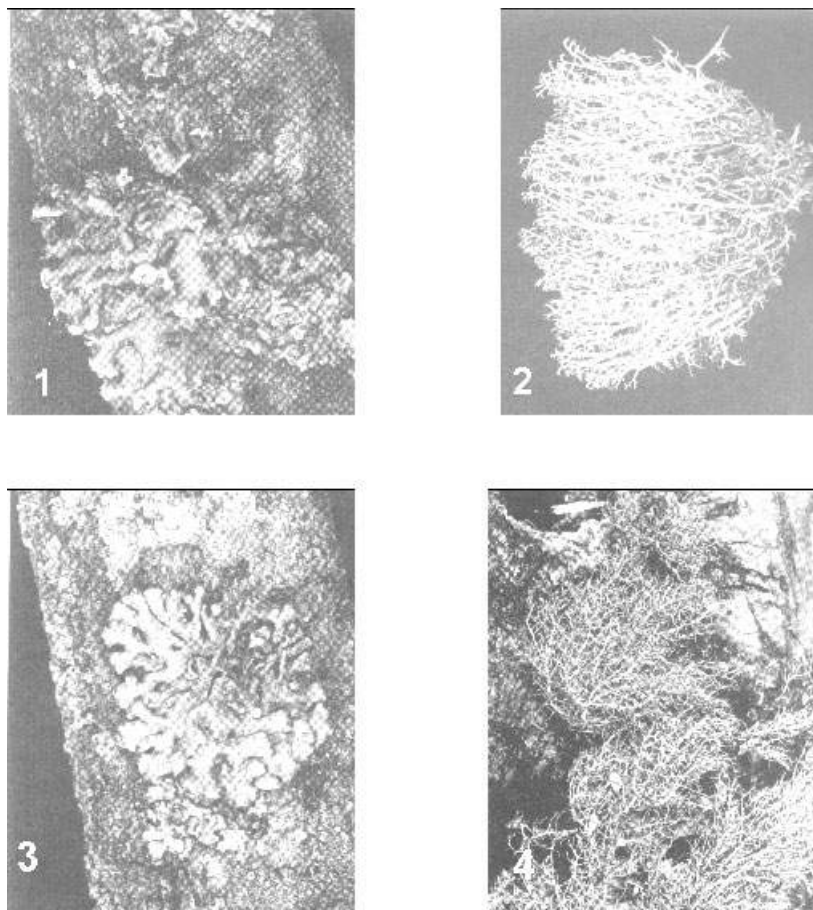


Figura 2.4: Diferentes formas de crecimiento de los líquenes. 1 y 3 Líquenes foliosos, creciendo en la corteza de los árboles, 1. *Parmelia laevigata*, 3. *Hypogymnia physodes*, 2 y 4 Líquenes fruticosos, 2. *Cladonia portentosa*, 4. *Usnea subfloridana*. Imagen tomada de: Fungal-Plant Interactions, Susan Isaac, 1992.

## Capítulo 3

# IMPORTANCIA ECONÓMICA DE LOS HONGOS

La función ecológica fundamental de los hongos como desintegradores, ya ha sido mencionada; no obstante, es bueno recordar que la vida sobre la tierra sin la presencia de estos organismos, sería imposible. Las mismas poderosas enzimas que permiten que los hongos descompongan los desechos orgánicos y cadáveres hacen posible que dichos organismos reduzcan madera, fibras y alimentos a sus componentes básicos con gran eficiencia. Son varios los hongos que provocan daños incalculables a los bienes almacenados y materiales de construcción. Por ejemplo, el valor de la madera destruida anualmente por Basidiomicetos, equivale aproximadamente a la pérdida en incendios forestales.

Entre los Basidiomicetos existen unos 200 tipos de hongos comestibles y unas 70 especies venenosas, a las que se les denomina **setas venenosas**. Los hongos comestibles se cultivan a nivel comercial; como los champiñones (basidiomicetos) y las trufas que producen ascocarpos subterráneos, son ascomicetos cultivados que hacen parte de las delicias del gourmet.

No existe una manera sencilla de diferenciar un hongo comestible de uno venenoso, es necesario que los identifique un experto. Para el hombre las sustancias más tóxicas de los hongos son ciertos ciclopéptidos (amatoxinas y falotoxinas). Uno de esos ciclopéptidos inhibe drásticamente la síntesis de ARN mensajero en las células animales. Algunos de los hongos más venenosos pertenecen al género **Amanita**. Las especies tóxicas de éste género han sido denominadas “ángel destructor” *Amanita virosa*, y “ángel de la muerte” *Amanita falloides*; la ingestión de un solo sombrero de esos hongos puede ocasionar la muerte de un adulto sano.

La ingestión de ciertas especies de hongos provoca intoxicación y alucinación. Los hongos sagrados de los Aztecas *Conocybe* y *Psilocibe*, siguen siendo uti-

lizados en algunas ceremonias religiosas por sus propiedades alucinógenas. El ingrediente químico psilocibina está emparentado químicamente con la Dietilamina del Ácido Lisérgico (LSD) causante del trance y de las visiones.

La capacidad de las levaduras de producir alcohol etílico y dióxido de carbono a partir de glucosa en ausencia de oxígeno tiene gran importancia económica para los productores de vinos y de cervezas.

Durante el proceso de la manufactura del pan, el dióxido de carbono producido por las levaduras queda atrapado en la masa produciendo burbujas que hacen que esta “se levante” y produzca un pan de textura ligera. Tanto el dióxido de carbono, como el alcohol que se producen son eliminados durante el proceso de horneado.

Muchos quesos deben su sabor característico a los hongos específicos que se emplean para su producción. Son muchas las culturas que han empleado los hongos para mejorar la calidad nutricional de su alimentación.

En 1928, Alexander Fleming, advirtió que en una de sus cajas de petri que contenía estafilococos, había surgido una colonia de un hongo que inhibía el crecimiento de las bacterias, supuso que este hongo contenía una sustancia que era dañina para las bacterias. Una década después se logró aislar y purificar la penicilina secretada por el Deuteromiceto *Penicillium notatum*. El hongo *Penicillium griseofulvum* se utiliza como antibiótico para inhibir el crecimiento de otros hongos.

El ascomiceto *Claviceps purpúrea* infecta las flores de las plantas de trigo, produciendo una estructura que se llama ergot la cual ocupa el lugar destinado a las semillas de la espiga. Al ingerir ese grano se produce un envenenamiento con aparición de espasmos nerviosos, convulsiones, delirio psicótico e incluso gangrena. Esa condición llamada ergotismo, afectó la conquista de Turquía por el Zar Pedro El Grande puesto que ocasionó la muerte de muchos de sus soldados.

El ácido Lisérgico uno de los componentes del ergot, intermediario en la síntesis de LSD, se utiliza actualmente en pequeñas cantidades para inducir clínicamente la labor de parto, detener hemorragias uterinas, tratar la hipertensión arterial y aliviar un tipo de migraña.

Los hongos también se pueden utilizar como un medio de control biológico, para prevenir los daños ocasionados por plagas de insectos e inclusive de hongos patógenos en plantas. Son organismos capaces de reemplazar algunos controladores químicos, peligrosos a nivel ambiental.

Otros hongos se utilizan comercialmente para la producción de ácido cítrico y otras sustancias químicas de alta calidad (Solomon, 1987).

En cuanto a los desarrollos tecnológicos más recientes, ha aumentado el interés en la producción de proteínas de origen molecular (POM) a partir de los hongos, ya sea para alimento del hombre o del ganado. Se han realizado varios experimentos sobre alimentación con levadura *Candida utilis* y la levadura desecada *Saccharomyces cerevisiae* ya se agrega al pan en un 1 % para enriquecer este alimento en la dieta diaria.

Además de los alimentos, los hongos se utilizan en varios procesos industriales importantes. El método principal de producción de ácido cítrico para bebidas embotelladas, etc., se basa en el crecimiento de *Aspergillus niger* en azúcares; este ácido orgánico se acumula como producto secundario del metabolismo del hongo. Las hormonas vegetales **Giberelinas**, son otro grupo de metabolitos producidos comercialmente para la industria hortícola a partir de los hongos.

Las cuatro principales enzimas fúngicas obtenidas comercialmente son: alfa-amilasas, aminoglucosidasa, pectinasas y proteasas. La primera se usa para convertir el almidón en maltosa y maltotriosa durante la elaboración del pan y se usa junto con la amiloglucosidasa para obtener maltosa y glucosa para jarabes de alto contenido energético a base de raíz y de otras materias primas que contienen almidón. Las pectinasas se emplean para clarificar jugos de frutas y vinos. Una proteasa ácida específica de *Mucor meihei*, se utiliza como sustituto para coagular leche en la elaboración de quesos.





## Capítulo 4

# CICLOS DE VIDA

Aunque los ciclos de vida de los hongos de los diferentes grupos varía enormemente, la gran mayoría de ellos presentan en común una serie de etapas durante su formación y desarrollo (figura 4.1). Casi todos los hongos tienen un estado constituido por la presencia de esporas, cada espora posee un núcleo haploide (posee un solo juego de cromosomas ( $1n$ )). Las esporas germinan produciendo hifas con núcleos haploides y estas a su vez darán origen a nuevas esporas haploides, esto cuando se trata de hongos imperfectos. En otros casos, ocurre la fusión de una hifa con otra originando una hifa fertilizada en la cual los núcleos se unen formando un núcleo diploide, llamado **zigoto** (contiene dos juegos de cromosomas ( $2n$ )) (Solomon, 1987).

En los Oomicetes el cigoto se divide produciendo micelio y esporas diploides. El micelio produce Gametangios en los cuales ocurre meiosis y de nuevo fertilización, posteriormente, producción de cigotos. En una breve fase de muchos Ascomicetes y generalmente en los Basidiomicetes, los dos núcleos de la hifa fertilizada no se unen pero permanecen dentro de la célula en pares (dicariótico  $n + n$ ), dividiéndose simultáneamente para producir más células hifales con núcleos en pares.

**Oomycetes**, acuático *Saprolegnia*: (Figura 4.1) La germinación del cigoto, el cual puede ser considerado como una espora, que permite la infección de animales como moscas y peces. El micelio invade los tejidos del animal y se extiende al medio circundante, donde forma los zoosporangios que contienen las zoosporas (planosporas). Después libera las zoosporas y contamina otros organismos de dos maneras: una es directamente y otra es después de haber perdido su flagelo para posteriormente enquistarse y después de un tiempo se forman zoosporas secundarias. Las zoosporas cumplen el ciclo e infectan otro hospedero. Después se llevan a cabo los procesos de meiosis en donde se forman los anteridios y los oogonios (su formación está regulada por hormonas); posteriormente, continúa la mitosis en el oogonio con la formación de muchas oosferas y en el anteridio con la formación de gametos masculinos. Luego el anteridio crece y entra en contacto con el oogonio para dar lugar a la fertilización mediante la formación

de los tubos de fertilización a través de los cuales los gametos masculinos son transportados. A continuación de la fertilización, los dos núcleos se fusionan y el cigoto que se forma está cubierto por una membrana delgada (periplasma); la zigospora como es llamada, bajo condiciones favorables germina e inicia el proceso de infección. Como se puede observar la fase diploide se encuentra en casi todo el ciclo de vida, mientras que la fase haploide dura muy poco tiempo.

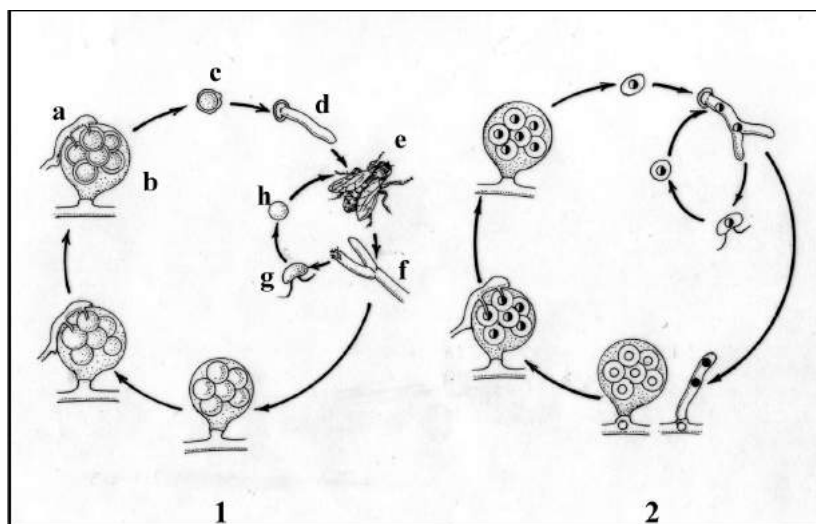


Figura 4.1: Ciclo de vida simplificado de *Saprolegia* sp. Esquema 1. a: Anteridio, b: Oogonio, c: Cigoto, d: Tubo germinativo, e: Hospedero, f: Zoosporangio, g: Zoospora, h: Aplanospora. Esquema 2. Alternancia de generaciones, en donde la fase haploide ( $n$ ), se representa dentro de las estructuras como núcleos blancos y/o negros, y la fase diploide ( $2n$ ), presenta estructuras que poseen núcleos con la mitad blanca y negra. (Tomado de D. H. Jennings & Lysek, 1996, *Fungal Biology*. 134-135)

#### 4.1. Zygomycetes: *Mucor* sp.

La esporangiospora haploide (monocariótica) permanece en estado latente mientras las condiciones del sustrato son aceptables para que se de la germinación. El micelio haploide crece y se extiende sobre el sustrato; durante el proceso el esporangio se forma conteniendo un gran número de esporangiosporas, las cuales se dispersan y permanecen latentes hasta que las condiciones del sustrato sean favorables. Es poco frecuente que dos esporas compatibles germinen en el mismo sustrato, pero cuando esto ocurre puede darse una reproducción sexual con la formación de gametangio al final de una hifa corta y la fusión dan lugar a la formación de cigotos (Figura 4.2).

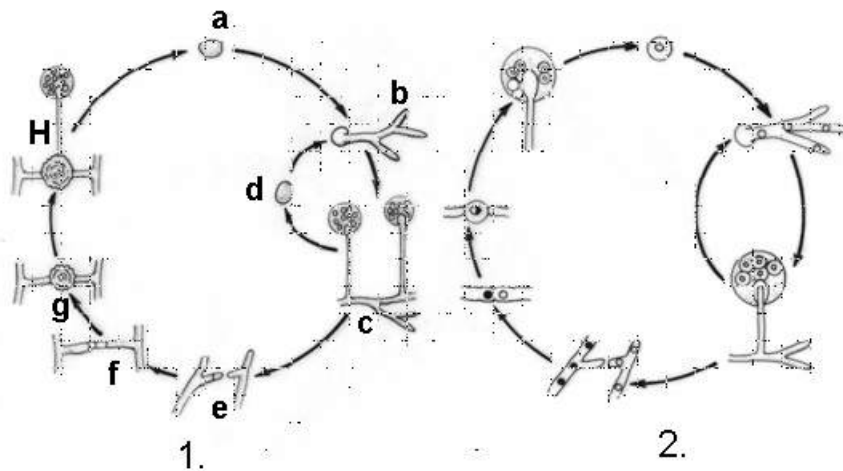


Figura 4.2: Ciclo de vida de un Zigomycete saprofítico, *Mucor* sp. Esquema 1: a: Esporangiospora formante, b: Tubo germinal, c: Esporangioforo con esporangiosporas en su interior, d: Esporangiospora, e: Hifas gametangiales, f: Contacto gametangial, g: Cigoto, H: esporangio. Esquema 2: Alternancia de generaciones. (Tomado de D.H. Jennings & G. Lysek, 1996, Fungal Biology. 136-137).

#### 4.2. Ascomycetes: *Sordaria humicola*.

En los Ascomycetes las hifas dicarióticas se encuentran únicamente en los cuerpos fructíferos, para convertirse en hifas ascógenas, después los dos núcleos se unen formando un cigoto  $2n$ , el cual se divide meióticamente para producir ascosporas que contienen núcleos haploides. Las ascosporas monocarióticas formadas en el cuerpo fructífero (peritecio) se encuentran sobre hojas de plantas herbáceas, donde permanece en estado latente hasta que es comida por un herbívoro; las esporas se mueven a través del intestino y cuando salen en el estiércol germinan, el micelio crece en este sustrato, eventualmente produce peritecios iniciales que poseen hifas receptoras, o tricoginas, las cuales pueden absorber núcleos de otros micelios, espermas o microconidias. Enseguida ocurre la plasmogamia (P) y la formación del gancho. Las hifas ascógenas dicarióticas que se forman están listas para producir ascos, en los cuales tienen lugar la cariogamia (K) y la meiosis (R). Antes de la formación de la ascospora hay una mitosis (M) adicional, para dar un número de ocho esporas (Figura 4.3).

#### 4.3. Basidiomycetes: *Puccinia coronata*

Las plantas parasitadas por el hongo *Puccinia coronata* tienen dos hospederos. Las basidiosporas monocarióticas infectan hierbas como *Rhamnus*. En este

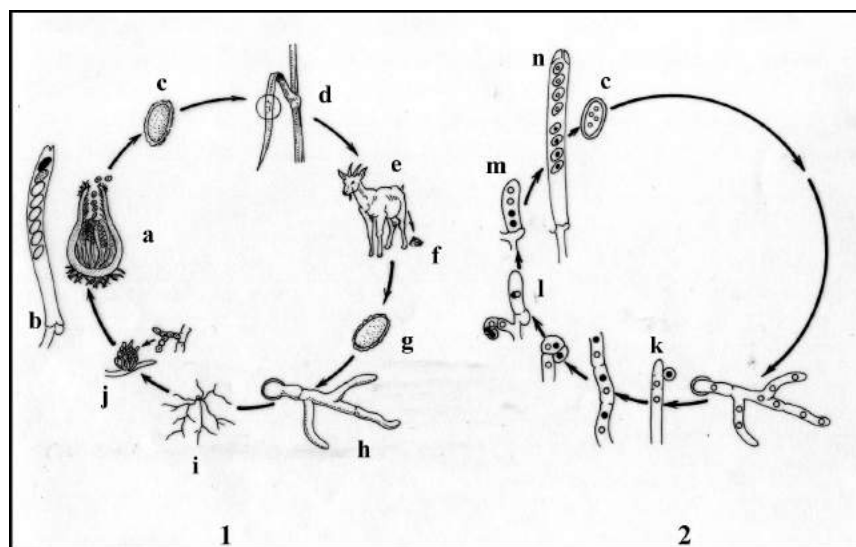


Figura 4.3: Ciclo de vida de un Ascomycete coprófilo. *Sordaria fimicola*. Esquema 1. a: Peritecio, b: Asca, c: Ascospora, d: Primer hospedero, e: Segundo hospedero, f: heces, g: Ascospora, h: Tubo germinal, i: Micelio, j: Peritecio iniciales con hifas receptoras o tricogines. Esquema 2. Alternativas de generaciones, k: Plasmogamia, l: Cariogamia, m: meiosis, n: mitosis. Tomado de D.H. Jennings & G. Lysek, 1996, Fungal Biology. 138-139

hospedero el proceso para producir esporas dicarióticas puede ocurrir si hay micelios compatibles. En el diagrama, se utilizan diferentes formas para simbolizar los núcleos, los cuales son diferentes en términos de incompatibilidad genética. El micelio dicariótico produce aeciosporas las cuales infectan al segundo hospedero, una hierba del género *Avena*. Luego el micelio forma uredosporas las cuales infectan hojas de otras hierbas y plantas. Al final del periodo vegetativo de la *Avena* o como resultado del escape de nutrientes, se producen Teliosporas las cuales hibernan y al llegar la primavera germinan produciendo basidios septados sobre los cuales se producen basidiosporas monocarióticas. Estas esporas restauran el ciclo de vida infectando de nuevo plantas de *Rhamnus*.(Figura 4.4).

En los Basidiomicetes, las esporas haploides producen hifas cortas haploides, en la fertilización el micelio es dicariótico ( $n + n$ ) y se desarrolla en el cuerpo principal del hongo. Dichas hifas dicarióticas se pueden producir asexualmente, por esporas dicarióticas que crecerán de nuevo en un micelio dicariótico. Finalmente, el núcleo diploide por la unión de dos hifas forma un nuevo cigoto. El cigoto se divide meióticamente y origina basidiosporas que contienen núcleos haploides.

En los hongos imperfectos, únicamente observamos un ciclo asexual (espora

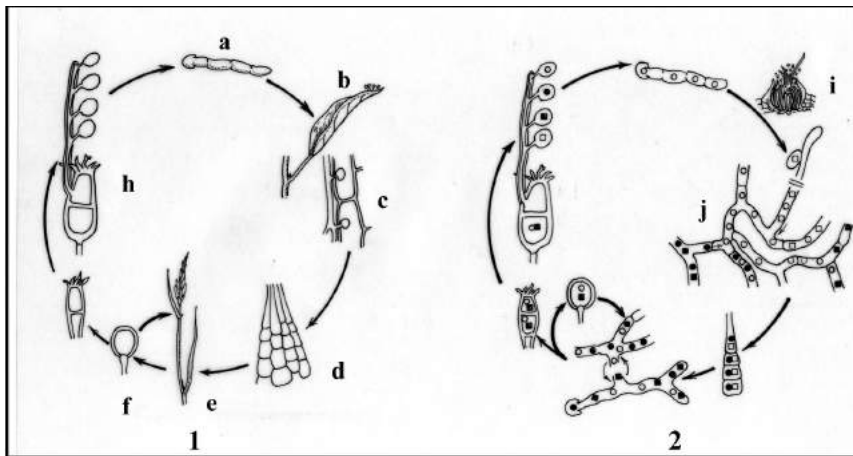


Figura 4.4: Ciclo de vida de un Basidiomycete, *Puccinia coronata*. Esquema 1. a: Teliospora, b: Primer hospedero, c: Invasión micelio-núcleos, d: aecio, e: Segundo hospedero, f: Uredospora, h: Telio con teliosporas. Esquema 2. Alternancia de generaciones, i: Basidiocarpo, j: Basidia septada con basidiosporas monocarióticas. (Tomado de D.H. Jennings & G. Lysek, 1996, Fungal Biology. 140-141).

haploide - micelio haploide - espora haploide). El ciclo asexual ocurre repetidas veces en un año, mientras que la fase sexual ocurre solo una vez al año (Agrios, 1997).



## Capítulo 5

# MÉTODOS DE REPRODUCCIÓN EN HONGOS

### 5.1. Reproducción sexual

1. **Copulación planogamética:** Ocurre entre dos gámetas desnudas. Estas pueden ser morfológicamente iguales y del mismo tamaño (Isogámets), o morfológicamente iguales pero de diferente tamaño (Anisogámets). También pueden ser de tamaño y morfología diferente (Heterogámets) (Figura 5.1). Se presenta en algunos **Quitridiomycetes**, de los géneros *Olpidium* y *Synchytrium*.

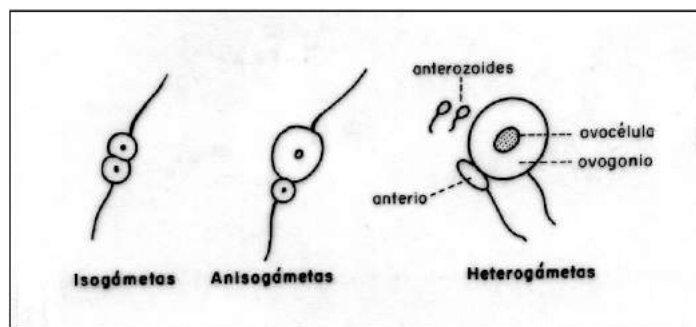


Figura 5.1: Copulación planogamética. Imagen adaptada de Introduction to Food-Borne Fungi, Samson, R. *et. al*, 1981

2. **Contacto gametangial:** En un gran número de hongos, las gámetas



de ambos sexos se ponen en contacto, se disuelve la pared por acción enzimática, formándose un puente de comunicación, de tal manera que los núcleos del anteridio pasan a través de dicho puente para fecundar la ovocélula o núcleo del ovogonio. Después de la fecundación se cierra la pared y el anteridio se degenera. Posteriormente crece el cigoto que luego dará lugar u origen a la oospora. Esta oospora germina para continuar el ciclo del hongo. Ej. *Pythium* de la Clase **Oomycetes** (Figura 5.2)

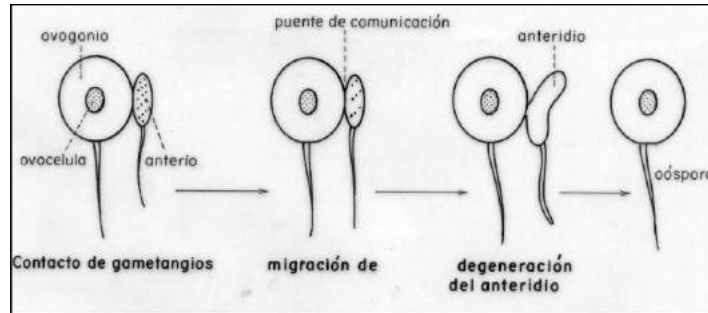


Figura 5.2: Contacto Gametangial. Imagen adaptada de Introduction to Food-Borne Fungi, Samson, R. *et. al*, 1981

3. **Copulación gametangial:** Se caracteriza por la fusión de todo el contenido de los dos gametangios (masculino y femenino) en contacto (Figura 5.3).

Tal fusión se produce de dos modos:

- a) Paso del contenido de un gametangio a otro por un poro formado en el puente de contacto. Característico de hongos holocárpicos (el termino se aplica a un organismo cuyo talo se convierte por entero en una o mas estructuras reproductoras), en los cuales todo el talo actúa como gametangio. Aquí el talo masculino se adhiere al femenino y vacía en él todo su contenido.
- b) Fusión directa de dos células gametáncicas en una. En éste proceso hay disolución de las paredes en contacto, resultando una célula común. Ej: *Mucor*, *Rhizopus*.

En general en el momento de la reproducción se forman unas paredes en los extremos de las hifas que van a entrar en contacto; estas células apicales reciben el nombre de **progametangios** o **zigóforos**. Cuando se colocan en contacto, se disuelve la pared para el inicio de la **plasmogamia**, seguida de **cariogamia**. Se forma un cigoto diploide que recibe el nombre de **zigospora**, (que contiene un número doble de cromosomas o sea  $2n$ ) este comienza a diferenciarse hasta que finalmente entra en meiosis, germinando y emitiendo un tubo germinativo en el

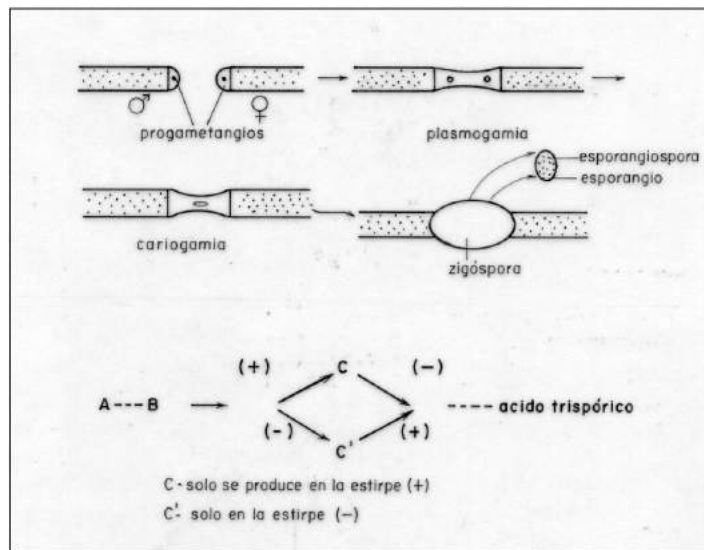


Figura 5.3: Copulación gametangial. (A) Paso del contenido de un gametangio a otro. (B) Proceso bioquímico. Imagen tomada de *Reproduction in Fungy*, Elliot, Ch, 1994.

cual se forman los **esporangios** (n) y del cual proceden las **esporangiosporas** (n). La formación de zigóspora en el género *Mucor sp*, tiene lugar por encima de la superficie del medio, las hifas (+) y (-) se ven inducidas a producir una hifas especializadas, los zigóforos que crecen unas hacia otras con un alto grado de precisión, tanto en la dirección como en el reconocimiento del tipo sexual adecuado. Los zigóforos son atraídos por zigotropismo. El zigotropismo parece que se debe a la síntesis de moléculas distintas en cada tipo de zigóforo de tipo opuesto, provocando la respuesta de crecimiento adecuado. La presencia de una sola sustancia, el **ácido trispórico** (Figura ???1.13), controla la inducción de zigóforos. Esta "micohormona" actúa a concentraciones muy bajas.

¿Cómo puede un solo compuesto provocar una respuesta específica en las estirpes?. Una hipótesis es que cada tipo acoplativo, produce sustancias intermedias de la síntesis del ácido trispórico; para completar la formación de la hormona hacen falta dos reacciones, que pueden tener lugar en cualquier orden. Cuando están muy cerca uno del otro, los dos tipos se pueden complementar para sintetizar el ácido trispórico.

**Espermatización:** Ocurre en hongos mas evolucionados. En este caso una parte del talo produce estructuras morfológicamente parecidas a las esporas, que reciben el nombre de **espermas**. La hifa que produce dichas estructuras recibe el nombre de **espermatóforo**. Puede formarse libremente o dentro de un gametangio del cual salen hifas, denominadas **hifas receptoras**, hacia las cuales se dirigen los espermas, una vez salen del gametangio. Inmediatamente se sucede

la plasmogamia. La cariogamia solo ocurre más tarde, y rápidamente la meiosis (Figura 5.4).

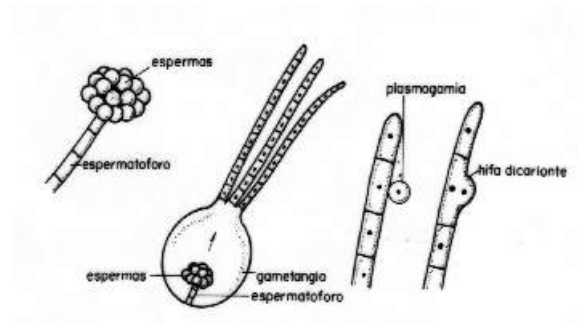


Figura 5.4: Proceso de Espermatización. Imagen tomada de Reproducción in Fungy, Elliot, Ch, 1994.

**Somatogamia:** Este método es utilizado por algunos Ascomycetes y Basidiomycetes macroscópicos. Las hifas somáticas en un momento dado entran en unión sexual, pues no tienen estructuras con morfología diferente, para la reproducción.

## 5.2. Reproducción asexual

La mayoría de los hongos son eucárpicos, es decir, solo una parte de su cuerpo se transforma en aparato reproductor. En condiciones experimentales, y a menudo también naturales, un fragmento cualquiera de micelio viable puede servir de propágulo. Pero lo típico es que se formen un gran número células especializadas llamadas **esporas**.

Los hongos producen dos tipos de esporas asexuales: las **esporangiosporas** y las **conidias**, que tienen papeles muy importantes en la sobrevivencia y dispersión de los mismos. También forman clamidosporas y esclerocios, las cuales están constituidas por micelio y son estructuras de apoyo y de resistencia muy importantes en la preservación de la especie.

Dentro de los tipos de **esporangiosporas** tenemos las **zoosporas**; estas se desarrollan generalmente dentro de un esporangio y su maduración se realiza a través de un poro de la pared del esporangio, carecen de verdadera pared celular pero tienen uno o dos flagelos móviles. Respiran rápidamente usando las reservas endógenas y desplazándose activamente en las películas de agua atraídas por quimiotaxis. Cuando se localizan en un sustrato adecuado se establecen y enquistan, los flagelos son removidos y se forma rápidamente una pared alrededor de la espóra. En este momento los organelos y compuestos químicos son liberados para dar lugar a la germinación y al crecimiento. Estas esporas son

características de Mastigomicotina, de algunas especies acuáticas y habitantes del suelo; algunas crecen sobre animales o causan enfermedades en plantas, por ejemplo, *Phytophthora infestans*, causante de la gota de la papa, *Pythium* sp., *Saprolegnia*, *Blastocladiella* y *Achlya*.

Otro tipo de esporangiosporas son las **Aplanosporas**, las cuales no tienen motilidad, pero igualmente se producen dentro de un esporangio localizado en la parte terminal de una hifa especializada llamada **esporangióforo**, este tipo de esporangiosporas están sostenidas aéreamente, frecuentemente por encima de la colonia. La maduración de las aplanosporas ocurre por varios mecanismos: por ruptura de la pared esporangial, por expulsión, debida a cambios en la forma de la columela y otras son dispersadas por el viento o por gotas de agua. Estas esporas son características de los Mucorales (Zigomicotina), por ejemplo, *Rhizopus* y *Mucor*.

El otro tipo de esporas asexuales son las **conidias**, las cuales no se encuentran dentro de la estructura en la cual se forman. Hay un gran número de tipos de conidias: secas o viscosas, multicelulares, unicelulares o altamente pigmentadas. En algunas especies las conidias pueden ser formadas dentro de estructuras fructificantes tales como **Acérvulos** o **Picnidios**. Los hongos de Ascomicotina, Deuteromicotina y algunos de Basidiomicotina producen conidias. Las conidias tienen dos tipos de desarrollo:

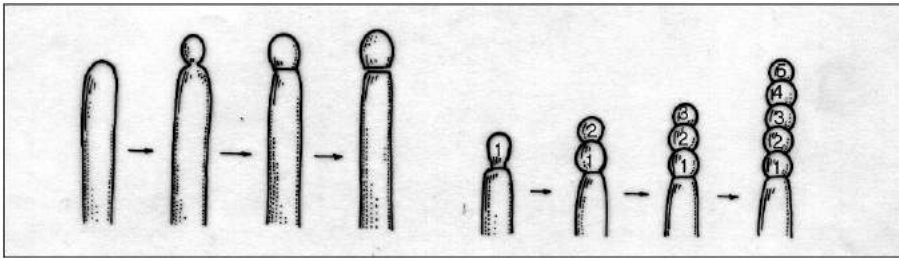


Figura 5.5: Desarrollo Blástico. (Tomado de R. Samson, E. Hojstra y C. Van Oorschot, 1984, Introduction to Food-Borne Fungi, 43.)

### 5.2.1. Desarrollo Blástico

La **blastoconidia** es formada por un mecanismo similar al crecimiento apical de la hifa y al de un brote, como ocurre en las células de levadura. Un área de la pared es plástica y a través de la actividad lítica-enzimática se originan estructuras globosas como resultado de la presión de turgencia interna (Figura 5.5,5.6). El proceso puede ocurrir en células somáticas o en células especializadas llamadas **conidióforos**. Las conidias pueden ser simples o en cadenas. Hongos como *Cladosporium* y *Aureobasidium* producen esporas de esta manera.

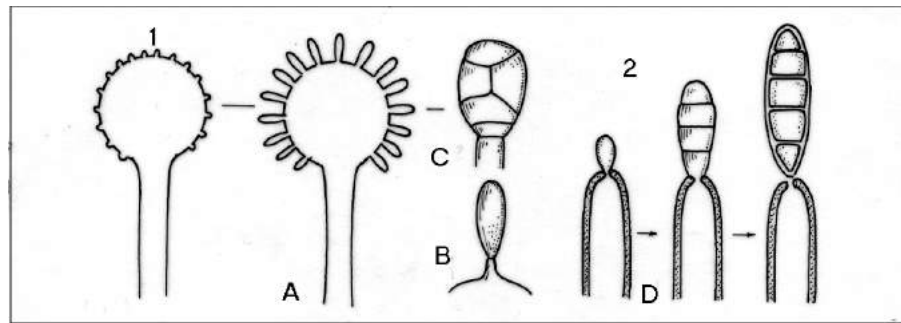


Figura 5.6: Desarrollo Blástico. (1) Blastidio solitario. (2) Cadenas. (A) Sincrónico. (B) Base angosta. (C) Base ancha. (D) Poroconidia. (Tomado de R. Samson, E. Hojstra y C. Van Oorschot, 1984, Introduction to Food-Borne Fungi, 43).

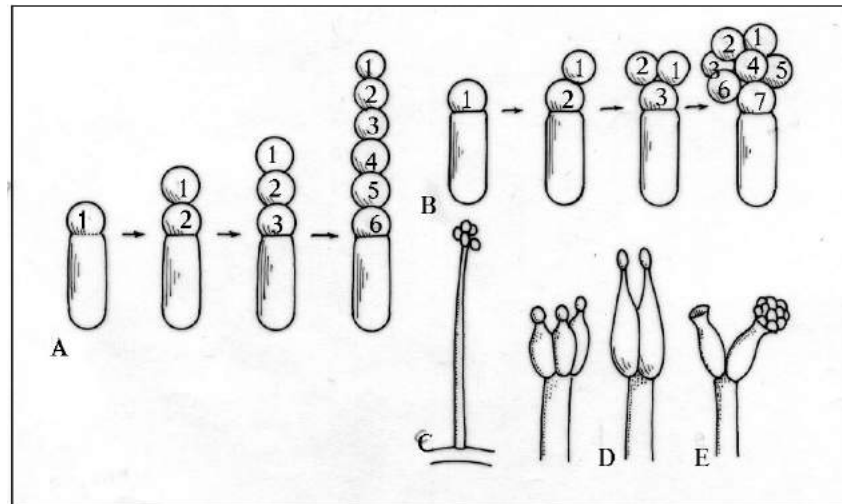


Figura 5.7: Desarrollo Fialídico. (Tomado de R. Samson, E. Hojstra y C. Van Oorschot, 1984, Introduction to Food-Borne Fungi, 44).

### 5.2.2. Desarrollo Fialídico.

Las **Fialoconidias** son formadas por un mecanismo similar a través de una célula especializada llamada **Fialíde**, cada fialíde produce un número de conidias delimitada cada una por un septo, originando una cadena que facilita la dispersión (Figura 5.7). Estas esporas son producidas por algunas especies de los géneros *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma* y *Fusarium*.

### 5.2.3. Desarrollo Tálico

Las conidias tálicas son formadas por fragmentación de hifas, sin ningún engrosamiento en la posición del septo (Figura 5.8). Una vez el crecimiento apical cesa, la pared de la hifa se engrosa. La cadena de esporas puede ser: **Holotálicas** u **Holoartricas** (articuladas). Cuando el extremo de la pared del vástago se rompe para despojarse de parte de su interior, la espora se conoce como **enteroártica**.

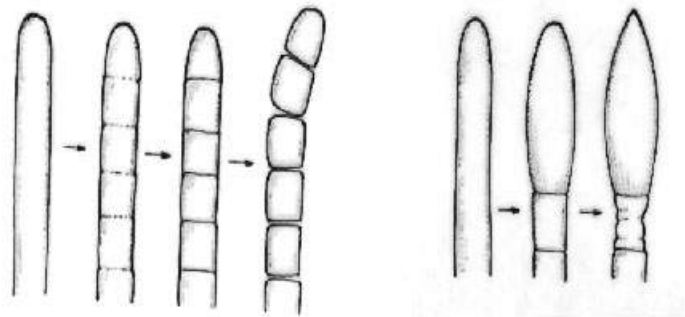


Figura 5.8: Desarrollo Tálico. A. En cadenas B. Solitario. (Tomado de R. Samson, E. Hoeystra y C. Van Oorschot, 1984, Introduction to food-borne fungi, 43).



## Capítulo 6

# CLASIFICACIÓN DE LOS HONGOS

Hasta hace poco tiempo los hongos eran considerados una rama de la Botánica. Hoy se contempla la micología, como un grupo **heterogéneo, polifilético**, formado por organismos pertenecientes por lo menos a tres **líneas evolutivas independientes**. Pero además de su heterotrofia, los hongos tienen en común una eficaz dispersión por medio de esporas, aéreas o nadadoras y en su gran mayoría un cuerpo vegetativo filamentoso, dotado de una gran capacidad de transporte interno de sustancias.

Dentro del esquema de Whittaker y Margullis (1978; en Moore-Landecker, 1996), los hongos pertenecen en parte al Reino Protoctista (hongos ameboides y con zoosporas) y al Reino Fungi (el resto de los hongos). En el esquema de Cavalier-Smith, los hongos pertenecen en parte al Reino Protozoa (hongos ameboides), al Reino Chromista (los pseudofungi) y al Reino **FUNGI** (todos los demás). De acuerdo con la clasificación Moore-Landecker (1996), se dividen en Hongos Zoospóricos y Reino **FUNGI**.

### 6.1. Hongos Zoospóricos

Algunos organismos heterotróficos que tienen nutrición extracelular, tienen otras características como, la formación de células flageladas móviles, zoosporas o gametos; estos organismos han sido tradicionalmente llamados **Hongos Zoospóricos** por los micólogos. Los hongos zoospóricos están asignados en tres Reinos: Protoctista, Chromista y Fungi. Los micólogos reconocen que estos organismos se originan de diferentes ancestros.

Las **zoosporas** están adaptadas para nadar en agua o en películas de agua; por lo tanto, dependen de este medio para sobrevivir. Muchos viven en cuerpos de agua como lagos y lagunas. Otros Pueden vivir en gotas de agua o permanecer latentes en el suelo esperando las épocas de lluvia. Algunos han sido aislados



de arenas desérticas, donde las esporas son muy resistentes hasta cuando el medio les brinda la humedad que necesitan. Cuando un hongo encuentra las condiciones ambientales adecuadas para su desarrollo, toma unos pocos días o pocas semanas en reproducirse y colonizar completamente el sustrato sobre el cual habita.

### 6.1.1. Características de las zoosporas

Las zoosporas son esporas asexuales altamente especializadas que poseen uno o dos flagelos que les permiten nadar. Los flagelos pueden tener forma de un delicado **látigo** o en forma de **pincel**, el cual tiene un número de pequeños cabellos laterales. Las zoosporas pueden viajar en línea recta o en forma circular, con un movimiento deslizante sin rotar o con movimientos irregulares acompañados de saltos rápidos.

Las zoosporas constan de un cuerpo celular y un aparato flagelar. El aparato flagelar posee un flagelo en punta, el kinetosoma y un *sistema de arranque*. A diferencia de los flagelos de otros organismos, estos poseen en el centro dos microtúbulos centrales rodeados por nueve pares de microtúbulos. El sistema de arranque tiene microtúbulos, microfibrillas y un material electrón opaco que está asociado con el kinetosoma. Este sistema da soporte citoesquelético a los organelos celulares y también un sistema de anclaje al flagelo. Las zoosporas uniflageladas, nadan mas rápidamente que las biflageladas.

El cuerpo celular contiene un Retículo Endoplásmico, un núcleo, una o más mitocondrias, ribosomas y el aparato de golgi; las vacuolas contráctiles que actúan en los procesos de regulación osmótica, lípidos que proveen de energía a la zoospora, dispersos por el citoplasma. Estos lípidos interactúan con la mitocondria facilitando el transporte de succinato derivado del metabolismo de los lípidos, hacia el interior de la mitocondria donde la energía es liberada por procesos de oxidación (Powel, 1978, en Moore-Landecker, 1996).

### 6.1.2. Zoosporogénesis

Las zoosporas se originan en estructuras en forma de saco llamadas **zoosporangios**. Al comienzo de la zoosporogénesis, el zoosporangio es separado por un septo de la célula somática que lo sostiene. El zoosporangio joven tiene un citoplasma continuo y muchos núcleos, algunos de los cuales se pueden degenerar. Los núcleos que permanecen son distribuidos uniformemente y tienen claramente una orientación polarizada. Alrededor de cada núcleo se colocan los dictiosomas que tienen forma de vesículas. Las vesículas se fusionan formando rugosidades elongadas y finalmente las membranas de las vesículas, forman el plasmalema de la zoospora.

La formación del flagelo es un proceso en el cual intervienen dos centriolos ubicados en la vecindad del núcleo. Cada centriolo contiene nueve grupos de tripletas de microtúbulos; uno de los centriolos puede elongarse hasta formar

un kinetosoma y algunos de sus microtúbulos van a ser parte de los microtúbulos del flagelo; algunas veces el kinetosoma se forma antes de la división del zoosporangio y este puede permanecer en reposo hasta cuando se produzca la división y la zoospora joven se encuentre rodeada por el plasmalema. En los hongos biflagelados ambos centríolos forman flagelos.

El tiempo requerido para que ocurra esporogénesis, fue determinado para *Phytophthora cinamomi*, al cual se le indujo la formación de esporas mediante tratamientos con choques de frío; se observó que el tiempo requerido para la obtención de esporas maduras está entre 50 y 75 minutos.

Las zoosporas pueden ser liberadas del esporangio de diferentes maneras. En los casos sencillos la pared del esporangio simplemente se desintegra. Usualmente se forma una papila en la superficie del zoosporangio o al final de un elongado tubo. La papila puede contener mas o menos tapones distintivos, los cuales se abren por acción enzimática, el tapón puede ser desintegrado o expulsado durante el proceso de liberación de las zoosporas.

Cuando las zoosporas han sido completamente liberadas están listas para fijarse, germinar y producir un talo. En muchos casos, el flagelo es reabsorbido por la zoospora y posteriormente es dispersado dentro de la célula; las zoosporas quedan fijas y reciben el nombre de **quiste**. Después del enquistamiento, los organelos sufren una serie de transformaciones para formar las estructuras somáticas. Cuando el quiste germina su pared interna se extiende rompiendo la pared externa y formando el tubo germinativo se inicia el proceso de infección (Moore-Landecker, 1996).

## 6.2. Reino Protoctista

Los micólogos han estudiado tradicionalmente varios tipos de protozoos que forman paredes en algún punto de su ciclo de vida. Hay organismos simples que carecen de talos con paredes somáticas. Muchos de ellos tienen un estado somático en el cual se arrastran de una manera ameboide, consumiendo nutrientes por ingestión.

Cavalier - Smith, dicen que estos hongos ameboides se derivan de un grupo de protozoos, los **Coanoflagelados**, el mismo grupo del que habían derivado el vasto grupo de los animales. Comprende por lo menos 3 grupos, tan escasamente relacionados que es necesario acomodarlos en Divisiones distintas.

División ACRASIOMYCOTA

División MIXOMYCOTA

División PLASMODIOPHOROMYCOTA

Las dos primeras Divisiones tienen en común su adaptación a la vida terrestre (superficies húmedas).

### 6.2.1. División ACRASIOMYCOTA

Comprende organismos también llamados hongos ameboides celulares, porque, en su fase vegetativa están constituidos por células ameboides (mixamebas libres, no flageladas). Se encuentran en la película de agua que recubre la materia orgánica del suelo, corteza, estiércol, etc., fagocitando bacterias (Agrios, 1997).

En los Acrasiomycetes la estructura somática es una mixameba; esto es, una célula independiente que se divide y forma otra mixoameba. Justo antes de la fructificación muchas mixoamebas se agrupan y forman un pseudoplasmodio, que eventualmente forma una columna y se diferencia en una fructificación llamada **sorocarpo**.

Un pseudoplasmodio se diferencia de un plasmodio verdadero en que nunca hay una verdadera fusión, cada célula retiene su individualidad y puede ser separada por medios mecánicos. El sorocarpo maduro consiste en un tallo que retiene una masa de esporas en la punta.

Comprende las subclases:

#### **Subclase Dictyosteliomycetes: (Orden Dictyosteliares).**

El grupo más amplio de la clase **Dictyosteliomycetes**, con una especie bien conocida *Dictyostelium discodeum*. Los agregados de mixamebas forman corrientes convergentes durante el desarrollo de pseudoplasmodio. Tienen sorocarpos con soros y soróforos definidos. Son mixamebas con pseudópodos filosos y núcleos con 2 o más nucleolos periféricos.

#### **Subclase Acrasiomycetidae: (Orden Acrasiales).**

Son mixamebas con pseudópodos lobulados y núcleos con nucleolo central, tienen sorocarpos con o sin soros y soróforos definidos.

### 6.2.2. División MIXOMICOTA

Estos hongos son llamados hongos mucilaginosos, el talo vegetativo es semejante al de un protozoario, no presenta pared celular, en su estado reproductivo forma un esporangio con esporas formadas después de una meiosis, que poseen pared celular con celulosa. En cuanto a esta División se sabe que son plasmodios de vida libre o pseudoplasmodios, los organismos de este grupo presentan células vegetativas flageladas fácilmente transformables en mixamebas, que no se agregan sino que esporulan directamente u originan aparatos esporíferos. Los Mixomycetes pasan por un estado trófico multinucleado y amebiode que se alimenta por fagocitosis y por otro que está constituido por un verdadero esporangio macroscópico, de colores vistosos y esporulado (Pardo-Cardona, 1997).

Comprende las subclases:

#### **Subclase Ceratiomyxomycetidae:**

Esporas que nacen externamente en los talos individuales. Ej; *Ceratiomyxa* sp.

#### **Subclase Myxogastromycetidae**

Desarrollo del esporóforo Myxogastride muy rara vez la fase asimilativa es un afanoplasmodio. Esta subclase comprende los siguientes ordenes:

- Orden **Liceliales**: Esporas de color pálido o brillante pero nunca violetas. No hay verdadera columnella ni capilicio, a veces hay pseudocapilicio. Ej; *Licogala epidendrum*.
- Orden **Physarales**: Esporas en masas negras, o violeta oscuro o terruginoso, pero a veces pálidas. Sustancia calcárea presente en el peridio y a veces en el capilicio. Fase asimilativa faneroplasmodio. Ej; *Physarum polycephalum*.

#### Subclase Stemonitimycetidae

Desarrollo del esporóforo estimonitoide, fase asimilativa siempre un afanoplasmodio. Esporas de color violeta a café, con un poro germinal.

### 6.2.3. División PLASMIDIOPHOROMYCOTA

Moore-Landecker, 1996, consideran únicamente a los protoctista que obtienen su alimento por absorción, como miembros de la **División Plasmodiophoromycota**.

Estos hongos, son eucariontes, ameboides y flagelados (Pardo-Cardona,1995), se alimentan por fagocitosis (fagotrofia), por poseer un aparato vegetativo desnudo en forma de gran **ameba plasmoidal** a menudo plurinucleado. De estos puede resultar un número de taxones, posiblemente resultante de la adaptación de algunos grupos de amebas, a la dispersión mediante esporas transportadas por el viento.

Los protistos con dos flagelos a manera de látigo y desiguales, están clasificados dentro de esta División, la cual posee un solo orden los **Plasmodiophorales**, así como una única familia, la **Plasmodiophoraceae** y aproximadamente 35 especies conocidas (Karling, 1968; Waterhouse, 1973 a en Moore-Landecker, 1996).

Esta última División, comprende parásitos endocelulares. Se relaciona con los hongos ameboides libres por el parecido de sus células flageladas, por el aparato vegetativo plasmodial, aunque en este último, se forma siempre dentro del citoplasma de las células del organismo parasitado, que puede ser un alga dulceacuícola como *Vaucheria*, un hongo acuático como *Saprolegnia* o *Pythium* o la parte radical de una planta vascular, sobre todo si es acuática, Isoetes, Juncus que viven en suelos con elevado contenido hídrico, cultivos mal drenados de repollo y papa. Las células parasitadas pueden aumentar su tamaño o aumentar su división, por lo que suele presentarse un aumento de volumen de la parte infectada, que en las plantas vasculares se traduce en alteraciones en los vasos, malformaciones y deficiencia en el crecimiento. La especie más conocida es *Plasmodiophora brassica*. En esta especie los quistes presentes en el suelo germinan, originando zoosporas con dos flagelos lisos, que se detienen sobre los pelos radicales del repollo, reabsorbiendo los flagelos y enquistándose.

El mecanismo de penetración es muy original, pues comprende la diferenciación de un órgano agudo o aguijón, alojado dentro de una cámara alargada, el tubo que se evagina, hincándose el aguijón en la pared de la célula huésped, facilitando así la penetración del protoplasto, que pronto se verá como una célula ameboide. Ya sea por división de los núcleos o por fusión de estas amebas, aparecen dentro del citoplasma plasmodios esporangiógenos, que pueden aumentar de tamaño y pueden fusionarse entre sí. Cuando el plasmodio alcanza un tamaño crítico, se divide en porciones que actuarán como zoosporangios, dentro de los cuales se forman zoosporas que mediante una papila de descarga se abren paso para ir hacia el exterior, es decir, hasta la película de agua que recubre las raicillas y las partículas de suelo.

Los protoctistas producen un plasmodium desnudo dentro de la célula que lo hospeda, siendo esta una característica que diferencia el grupo. Un plasmodio es una masa polinucleada de protoplasma, que permanece embebido dentro del protoplasma del hospedero, del cual está separado por su plasmalema. El plasmodio crece en la medida en que sus núcleos se multiplican, esas divisiones nucleares aparentan seguir líneas en forma de cruz, por eso se llaman divisiones cruciformes. Divisiones similares se han visto en protozoos pero no en hongos verdaderos. Seguida de la división cruciforme, el plasmodio tiene una fase acariótica, durante la cual el núcleo desaparece temporalmente (Moore-Landecker, 1996).

La planta parasitada puede presentar plasmodios cistógenos en todo el parénquima radical y raíces deformes. Durante las horas de sol, las alteraciones causadas en la circulación de la savia, provocan la marchitez temporal de la planta. Al final del ciclo, los plasmodios se dividen en porciones, lo que conduce a la formación de fragmentos uninucleados (posiblemente se produce meiosis). Las células haploides resultantes se enquistan y las células del hospedante aparecen llenas de quistes (También llamadas esporas invernantes), las cuales quedan libres en el suelo por descomposición de las paredes de la planta hospedante. Como las paredes de estas esporas contienen quitina, están adaptadas para funcionar como células de resistencia que pueden permanecer por mucho tiempo en el suelo, hasta que la proximidad de una planta sensible, las estimule a germinar, produciendo nuevas zoosporas.

## PRÁCTICA No. 1

### División PLASMODIOPHOROMYCOTA.

#### INTRODUCCIÓN

Los hongos pertenecientes a la División Plasmodiophoromycota, son mohos miceliginosos y endoparásitos. Son parásitos obligados de plantas superiores, algas u otros hongos; se encuentran en las células de los hospederos en forma de plasmodios desnudos que se convierten en zooporas flageladas para dispersarse, también tienen la capacidad de transformarse en esporas de resistencia para vivir en forma latente.

Una de las especies más importantes de este grupo es *Plasmodiophora brassicae*, la cual causa la enfermedad conocida como la hernia de las crucíferas. En este caso la infección se inicia cuando una spora de resistencia germina en respuesta a exudados de la raíz y da origen a una célula ameboide que puede desarrollar posteriormente flagelos. Esta célula ameboide infecta un pelo radical y se transforma en un plasmodio primario polinucleado.

A continuación se da origen a varios esporangios que liberan zooporas biflageladas, se ha pensado que estas se fusionan para formar cigotos binucleados, los cuales infectan las células corticales de la raíz y se transforman en un plasmodio secundario con varios pares de núcleos. Las células del hospedero reaccionan hinchándose y la raíz adopta una apariencia herniada. Los pares de núcleos se fusionan, hay meiosis casi inmediatamente y el plasmodio secundario se transforma en una masa de esporas de resistencia haploides que se liberan en el suelo cuando se pudren los tejidos de la raíz.

#### *Plasmodiophora brassicae*.

Estadios de desarrollo en los pelos radicales.

#### PLAN DE TRABAJO

De los preparados que tienen a su disposición y con la ayuda del microscopio, observe un corte de raíz de repollo parasitada por el hongo *Plasmodiophora brassicae*. Observe el corte e identifique las esporas de resistencia y realice los esquemas.

## 6.3. Reino Fungi

Los hongos zoospóricos que poseen un solo flagelo en forma de pincel, pertenecen al Reino Chromista. Estos organismos también tienen mitocondrias con túbulos prominentes y paredes que contienen celulosa como polisacárido primario.

Se ha confirmado por algunos autores, que los hongos lisotróficos (es decir, aquellos en los cuales la nutrición ocurre, previa lisis o degradación enzimática del alimento), no constituyen un grupo **monofilético**, sino que comprenden dos grandes líneas evolutivas, que han convergido en la organización micelial, precisamente por haber adoptado la forma de vida lisotrófica. Recientemente ha

quedado claro que una parte de los hongos lisotróficos procede del paso de la vida heterófica de **algas** del grupo de las **Heterocontophytas**, originando numerosos organismos saprófitos o parásitos, de pared celulósica, los (**pseudofungi**) REINO CHROMISTA dentro del cual encontramos tres Divisiones: División CHYTRIDIOMYCOTA, División HYPHOCHYTRIDIOMYCOTA y la que estudiaremos la División OOMYCOTA (Moore-Landecker, 1996).

### 6.3.1. División CHYTRIDIOMYCOTA

La clasificación de este grupo es la siguiente:

- Reino Fungi
  - División Chytridiomycota
    - Clase Chytridiomycetes
      - Orden Chytridiales
      - Orden Spizellomycetales
      - Orden Neocallimasticales
      - Orden Blastocladales
      - Orden Monoblepharidales

#### Ordenes Chytridiales, Spizellomycetales y Neocallimasticales

Inicialmente estaban unidos en un solo grupo llamado “Chytridos”, pero al encontrarse que sus zoosporas eran diferentes en su estructura se dividieron en dos órdenes Chytridiales y Spizellomycetales (Barr, 1980, en Moore-Landecker, 1996). En las zoosporas de los Spizellomycetales, los ribosomas están dispersos en el citoplasma y se observan muchos cuerpos lipídicos en la parte superior de la zoospora; los microtúbulos se disponen radialmente en diferentes direcciones alrededor del kinetosoma y el núcleo se ubica adyacente al kinetosoma o unido a él por microtúbulos. En el orden Chytridiales, las zoosporas tienen un núcleo central de ribosomas encapsulados en dos membranas y con una gota lipídica alargada al lado.

Los Chytridos se encuentran principalmente en aguas frescas, algunos se han hallado en aguas marinas y en pantanos, suelos calientes donde la lluvia es la única que proporciona humedad y en arenas del desierto. En la reproducción asexual es la más común y como ya hemos estudiado ocurre a través de zoosporas producidas dentro de uno o más zoosporangios, los cuales poseen diversas formas: globosa, elipsoidal, tubular y piriforme; en medios artificiales de cultivo se ha observado que al variar las condiciones físico-químicas y ambientales se inducen cambios en el tamaño de los zoosporangios. El desarrollo de los zoosporangios puede ser exógeno o endógeno, con opérculo o sin él. La reproducción sexual ha sido encontrada en muy pocas ocasiones. Se ha reportado la ocurrencia de plasmogamia por fusión de gametos, gametangios o rizoides de talos; en el punto de fusión se da inicio a la formación del cigoto el cual crece rápidamente e inicialmente posee dos núcleos que se mueven a una posición central y se da lugar a la cariogamia.

#### Orden Blastocladales

Es un orden comparativamente pequeño, pero de formas muy variadas. Los hongos simples son miembros de *Coelomomyces* que forma talos holocárpicos dentro de algunos artrópodos a los cuales parasita. Se han encontrado talos eucárpicos en la mayoría de las especies; las zooporas móviles tienen un flagelo en forma de látigo.

Las zooporas se forman en zoosporangios usualmente descoloridos; en muchas especies de este orden se observan masas reflectivas de material péctico impulsa la descarga de la papila en la delgada pared del zoosporangio. La germinación de las esporas es casi siempre bipolar formando dos tubos germinativos, uno de los cuales se convierte en rizoides mientras que el segundo se desarrolla dando lugar al talo.

La reproducción sexual no se conoce en todos los miembros de los Blastocladiales. Cuando la reproducción sexual tiene lugar, usualmente ocurre por la unión de isogámets o anisogámets. Hay alternancia morfológicamente similar gametofítica (haploide) y esporofítica (diploide). Existen tres géneros representativos: *Coelomomyces*, *Blastocladia* y *Allomyces*.

#### Orden Monoblepharidales

Es un orden pequeño, contiene únicamente tres géneros: *Gonapodya*, *Monoblepharis* y *Monoblepharella*. Los dos primeros habitan aguas frescas y el último suelos tropicales; son hongos sapróbicos, algunos tienen importancia económica y otros son de gran interés para muchos micólogos por su única forma de reproducción sexual muy importante en estudios filogenéticos. La reproducción sexual es por **oogamia**, incluye la fertilización de un huevo no flagelado (**oosfera**) por un gameto móvil y flagelado. Las oosferas se forman en un game tangio, el **oogonio**, el cual después de la fertilización se convierte en **oospora**.

En *Monoblepharis* la germinación es bipolar, en la que un tubo germinativo forma un micelio ramificado o nó dependiendo de la especie. El micelio no tiene septos y es decolorado o de un suave color café con apariencia lustrosa característica de este orden. Usualmente en este orden se encuentran estructuras sexuales y asexuales en el mismo talo y su formación está regulada por la temperatura. Los zoosporangios tienen un poro terminal, están delimitados por un septo al final del talo; las zooporas que escapan a través del poro tienen un flagelo enredado y apariencia ameboide por lo cual su movimiento es deslizante.

La reproducción sexual incluye la formación de anteridos y oogonio. Los game tangios pueden producirse en fascículos, en una serie o simples en el ápice; el anteridio se puede formar sobre (epigino) o debajo (hipogino) del oogonio.

#### 6.3.2. División HYPHOCHYTRIOMYCOTA

Son organismos con un flagelo en forma de pincel; esta División contiene un solo orden **Hiphocytriales**, dentro del cual encontramos cuatro o cinco géneros. Una interesante diferencia en su reproducción asexual ocurre en algunas especies de este orden y consiste en que los protoplastos salen por el orificio del zoosporangio, completando la diferenciación de las zoosporas externamente. La



reproducción sexual es desconocida para la mayoría de los hongos de este grupo. Se han encontrado celulosa y quitina en las paredes celulares de algunos de sus hongos representativos (Fuller, 1990 en Moore-Landecker, 1996).

Uno de los hongos más conocidos es *Hypochoytrium catenoides*, el cual tiene un talo hipocéntrico y eucárpico; es parásito y saprófito en los pelos radicales del maíz. Dentro de las células del maíz se diferencia por tener hifas tubulares segmentadas conectadas intercaladamente y por observarse zoosporangios ovalados o esféricos. Las conexiones tubulares son segmentos que varían en longitudes que se mantienen entre 10 y 138 micrómetros.

Cuando el zoosporangio madura, forma de uno a cuatro tubos que pueden dividirse, permanecer derechos, curvarse o ser irregulares. Como el talo se desarrolla con divisiones intercalares, los zoosporangios se forman y el protoplasma de las hifas se introduce dentro de él, dejando segmentos de hifas libres de citoplasma (Moore-Landecker, 1996).

### 6.3.3. División OOMYCOTA

La División Oomycota es muy amplia, es un grupo heterogéneo de hongos con entre 500 y 800 especies; sus hábitats son también muy diversos. Los organismos de esta División conservan muchos caracteres de algas. Los más primitivos viven aún en agua dulce, ya sea como saprófitos (formando parte de los llamados "mohos acuáticos"), ya como parásitos de algas, hongos, animales acuáticos, raíces, etc. Los más evolucionados se han adaptado muy bien al parasitismo de plantas vasculares. La forma de los talos es muy variada. Los Oomycetes tienen características interesantes para la formación de talos diploides. Algunos estudiosos opinan que la meiosis ocurre únicamente en el gametangio. (Izco, et al. 1997)

Los Oomycetes poseen algunas importantes características que los diferencian de otros grupos:

1. *Morfología de la zoospora*: Hay dos tipos morfológicos de zooporas dependiendo del ciclo de vida: a) zooporas con el flagelo insertado en posición anterior y b) zooporas con el flagelo insertado lateralmente. Las zooporas son biflageladas, con un flagelo en forma de pincel que se dirige hacia delante mientras nadan y el otro en forma de látigo que permanece atrás.
2. *Reproducción oogámica*: Reproducción sexual que incluye oosferas (huevos) las cuales se convierten en gruesas paredes después de la fertilización.
3. *Características celulares*: Mitocondrias prominentes, cristales tubulares, las paredes celulares tienen como principal componente polisacáridos.
4. *Bioquímica*: Poseen una forma muy distinta de producir el aminoácido lisina, que se ha observado en bacterias, algunos euglenoides y plantas verdes.

Los Oomycetes poseen ciertas características que los diferencian de otros organismos, como son:

### Reproducción Sexual

Su aparato vegetativo a menudo está integrado por un micelio filamentososifonado (sin septos, a excepción de los que se forman en la base de esporangios y gametangios). El gametangio donador es el **Anteridio** y el gametangio receptor es el **Oogonio**; tanto el anteridio como el oogonio pueden estar en el mismo talo o en otro distinto, esto varía de especie a especie. Si están en diferentes talos, se requiere la intermediación de hormonas para que el proceso de fertilización ocurra

La morfología de los Gametangios varía considerablemente; los anteridios pueden ser una simple célula o ser un órgano elongado al final de una hifa. El oogonio puede ser semejante a una hifa segmentada, en una posición intercalar dentro de la hifa, sobre un corto brazo lateral o al final de la hifa principal. La forma del oogonio puede variar de elongada a angular; generalmente, es en forma de pera o esférica con sus paredes ornamentadas.

La meiosis ocurre simultáneamente en el gametangio; el anteridio y el oogonio entran en contacto al formar una zona de adhesión en los primeros estados de desarrollo. Se forma un poro entre los dos órganos o el anteridio penetra la pared del oogonio con uno o más **tubos de fertilización**. A través del tubo de fertilización pasan los núcleos al oogonio y se lleva a cabo la **Plasmogamia**, el anteridio queda parcial o totalmente vacío.

Dependiendo de la especie, la oosfera puede o no tener una membrana delimitante dentro del oogonio llamada **periplasma**. Las oosferas pueden madurar sin haber sido fertilizadas, convirtiéndose en oósporas con paredes muy delgadas o madurar en oósporas después de la fertilización. Cuando la oospora empieza a madurar es binucleada, la duración del proceso de cariogamia varía de acuerdo con la especie. La oospora puede madurar estando aún dentro del oogonio, rompiendo entonces la pared de este.

### Clasificación

La Clase Oomycetes se dividen en dos subclases, la Peronosporomycetidae (Dick, 1990) y Saprolegniomycetidae, el criterio usado para esta clasificación no se basa únicamente en la morfología, sino que incluye datos ultraestructurales, bioquímicos y nutricionales.

#### Subclase Peronosporomycetidae

Estos Oomycetes son capaces de utilizar el ión sulfato como una fuente de sulfuro, existiendo también algunos capaces de utilizar el ión nitrato. Muchos de estos hongos necesitan total o parcialmente una fuente externa de esteroides. El juego de cromosomas haploide consta de cuatro o cinco.

En la madurez, cada oogonio tiene una sola oospora cuyo ooplasto es transparente, algunas especies tienen periplasma. El desarrollo de las oosporas en *Pythium sp* son el ejemplo más común; durante los primeros estadios, el oogonio tiene un citoplasma uniforme, con los organelos equitativamente distribuidos,

luego el núcleo y los otros organelos se ubican en la periferia del oogonio y uno de los núcleos adquiere la función de gameto. Se da lugar a la plasmogamia, el periplasma viene a delimitar, pero aún la oosfera no es visible. La pared de la oospora viene a formarse en la cara interior del periplasma, muchas vacuolas rodean el periplasma externo, mientras la pared de la oospora se forma. La zona entre la pared de la oospora y el oogonio eventualmente queda vacía y el periplasma ya desintegrado viene a formar una delgada capa sobre la oospora y dentro del oogonio.

**Talo (Estado somático):** Morfológicamente el talo varía en un rango de forma endobiótica-Chytrida a eucárpica. El micelio bien desarrollado es una masa de hifas muy ramificadas; las hifas carecen de constricciones, no tienen septos excepto en los sitios donde se ubican las estructuras reproductivas. Frecuentemente, las hifas son visibles macroscópicamente como una masa de densos filamentos en el sustrato. Dependiendo de la especie de Oomycete, las hifas pueden crecer dentro de las células (intracelular) o entre las células (intercelular), cuando pertenecen a esta última modalidad existe una hifa especializada llamada **Haustorio**, que penetra la pared de la célula hospedera pero no el plasmalema y este se invagina. Los nutrientes son transportados a través del plasmalema del hospedero y a través de la pared del haustorio hasta su citoplasma.

#### **Reproducción Asexual**

Los talos somáticos pueden convertirse en zoosporangios en las especies holocárpicas. En esas especies los esporangios se desarrollan al final de las hifas de ramificaciones laterales o como unas células especializadas dentro de las hifas. Las zoosporas son comúnmente de forma reniforme tienen dos flagelos insertados lateralmente. Después de la fase móvil pierden su flagelo y se enquistan, formando una pared delgada. La germinación de los quistes ocurre cuando se observa la formación del tubo germinativo. Las zoosporas no siempre son liberadas del zoosporangio, algunas veces los zoosporangios se desprenden de la masa hifal y son transportados por el viento a otros lugares; cuando caen en un sustrato adecuado germinan de dos maneras: *indirectamente*: cuando caen y liberan las zoosporas y *directamente*: cuando forman tubos germinativos.

Esta subclase puede estar dividida en cinco ordenes, dos de los más importantes son:

**Orden Pythiales:** Las hifas que producen los esporangios son esporangióforos, que son muy semejantes a las hifas somáticas, carecen de características que las diferencien. Los oogonios casi siempre tienen paredes lisas y comúnmente contienen una sola oospora, pequeñas reservas de aceite están presentes como diminutas gotas.

Las zoosporas pueden desarrollarse internamente dentro del zoosporangio o como ocurre en numerosas especies hay una descarga de protoplasma zoosporangial indiferenciado al exterior donde continua la diferenciación de las zoosporas. La porción de afuera del protoplasma forma un delicado bulbo o estructura en forma de saco, la **vesícula**. La porción de protoplasma que permanece dentro continúa diferenciándose en zoosporas, las cuales serán liberadas cuando la vesícula se rompa.

Los miembros de este orden están divididos en tres Familias, la Leptolegniellaceae, Lagenidiaceae y Pythiaceae. Algunos géneros son: *Lagenidium*, *Pythium* y *Phytophthora*.

**Pythium:** Es un género muy amplio, sus especies incluyen saprófitos del agua y del suelo, parásitos de algas, otros hongos y plantas vasculares. Sus talos son cenocíticos con micelio ramificado irregularmente. Los zoosporangios se pueden encontrar intercalares o en posición terminal.

**Clase Labirintulomicetes.** Son organismos saprofitos o parásitos de algas (p.ej. *Laminaria*) la fertilización de los oogonios ocurre a través de **tubos copuladores**. Cada oogonio da origen a uno o varios cigotos, que pronto se enquistan dando **oósporas**, de pared lisa u ornamentada. Su ciclo vital, presenta una particularidad que los distingue de la mayoría de los otros grupos de hongos con ciclos conocidos. Se trata de la **meiosis ametangial**, debido a la cual, la mayor parte del ciclo, excepto los núcleos gaméticos, corresponden a la fase diploide.

Comprende los Ordenes: **Lagenidiales**, **Leptomitales**, **Saprolegniales** y **Perozonosporales**, que es el grupo más evolucionado, principalmente parásitos de plantas. Dentro de éste grupo los más primitivos (Familia **Pythiaceae**), suelen producir sus esporangios directamente sobre hifas vegetativas indiferenciadas. En las especies más complejas, a menudo parásitas, los esporangios se sueltan; que produzcan zoosporas o tubos de germinación, puede depender de las condiciones ambientales, como la temperatura. Los géneros más ricos en especie son: *Pythium* y *Phytophthora* (Figura 6.1 y 6.2).

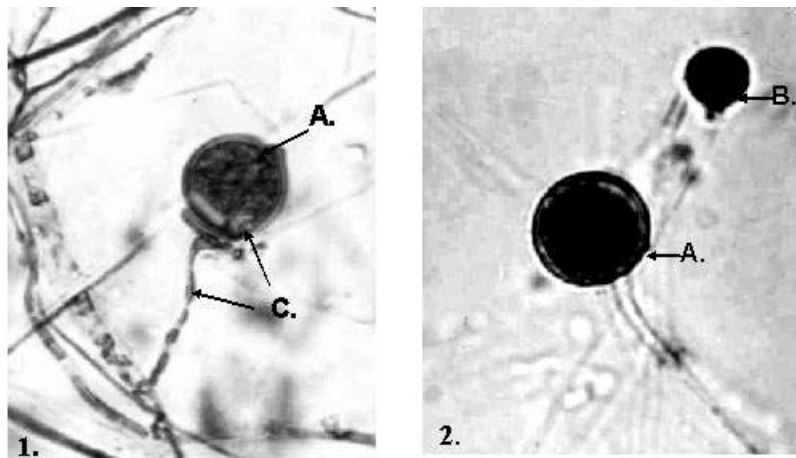


Figura 6.1: *Pythium* sp. 1. Imagen de las estructuras sexuales A: Oogonio, y C: Anteridio, 2.B: Esporangioforo. Fuente: Garcés de Granada, Laboratorio de microbiología del Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia.

La especie *Pythium debaryanum* (Familia **Pythiaceae**) es parásita de raíces

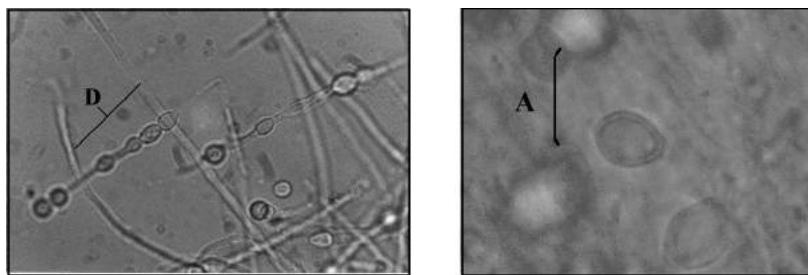


Figura 6.2: *Phytophthora* sp. D. Esporangios en Cadena. Foto cortesía: Garcés de Granada, Anacona & Sabogal 2002, Laboratorio de Microbiología del Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia.

o de tallos tiernos, en las que penetran causando lisis en las paredes celulares y formando hifas intercelulares e incluso intracelulares, pero sin haustorios. Son especialmente sensibles a su infección, plántulas tanto de angiospermas como de gimnospermas, sobre todo si se mantienen en ambientes húmedos y cálidos como los de los semilleros. En cultivos de flores causa graves problemas en esquejes.

La especie *Phytophthora infestans* (Familia **Pythiaceae**) es causante del mildero o podredumbre de la papa, las hifas de este hongo emiten haustorio y pronto aparecen manchas de necrosis en las hojas. El micelio llega hasta los tubérculos, que pueden extender así la infección a la nueva cosecha.

De éste grupo la Familia más evolucionada es la **Peronosporaceae**, cuyos miembros, viven como parásitos obligados sobre plantas terrestres en las que causan diversas enfermedades llamadas también milderos. Producen zoosporangióforos especializados, diferentes del micelio.

La especie *Plasmopara viticola*, es causante del mildero en uva. La infección se localiza en las partes verdes de la planta; sobre las hojas las lesiones toman al principio un aspecto de mancha de aceite. Si el tiempo es seco, pronto se produce la muerte del tejido, pero si es húmedo los esporangióforos salen por los estomas y las lesiones toman primero un color amarillento y luego las hojas afectadas caen prematuramente. También pueden ser atacadas las flores y los frutos. En las lesiones viejas, se producen anteridios y oogonios, y maduran oósporas dentro de los tejidos, si las condiciones del medio son favorables. Las oósporas pueden germinar en el suelo cuando se caen las hojas, germinan y cada una puede producir de uno a tres zoosporangios, que se dispersan y reinicia el ciclo. (Izco, et al. 1997).

### Orden Peronosporales

Todos los miembros de los Peronosporales son parásitos obligados de plantas dicotiledóneas. El micelio crece entre las células de la planta hospedera (intercelularmente) alimentándose por medio de la formación de haustorios, los esporangióforos son bien diferenciados, pueden germinar formando zoosporas o por formación de un tubo germinativo, dependiendo de la especie. El oogonio tiene

una delgada pared que contiene una sola oospora la cual no llena completamente el oogonio. Este orden posee dos Familias muy representativas: Peronosporaceae (*Peronóspora*, *Bremia*) y Albuginaceae (*Albugo*).

#### Subclase Saprolegniomycetidae

Esta subclase contiene un único orden.

#### Orden Saprolegniales

Este orden también contiene una única familia, la Saprolegniaceae. Usualmente se encuentran en aguas frescas y en suelos como saprófitos, aunque algunos son parásitos obligados de plantas y animales u otros hongos; son también llamados mohos del agua. Géneros importantes incluyen *Saprolegnia*, *Achlya*. Todos los miembros forman un micelio muy fuerte y de crecimiento rápido. Los miembros de esta subclase no son capaces de sintetizar sustancias con los iones nitrato ni sulfato; pero son capaces de obtener componentes orgánicos que les proporcionen estos iones. Tienen tres cromosomas en su set haploide, no requieren esteroides.

En su reproducción sexual, muchas zooporas son normalmente producidas dentro de un oogonio con paredes delgadas marcadas por papilas. Al madurar las oósporas tienen un ooplasto granular con reservas aceitosas. En la Reproducción asexual, la zoosporogénesis ocurre internamente por división del protoplasma dentro del zoosporangio, las zoosporas son liberadas a través de una papila u opérculo, o por rompimiento de la pared del zoosporangio. El zoosporangio es elongado y de forma cilíndrica o de bastón y se encuentra normalmente en posición terminal del talo.

Los Oomycetes que tienen esporas que se enquistan pertenecen a las especies *Geolegnia* y *Brevilegnia*. Los quistes son normalmente liberados cuando la pared esporangial se desintegra. Algunas veces los quistes empiezan a madurar estando aún dentro del esporangio. Los quistes germinan formando un tubo germinativo, aunque algunos Oomycetes forman zooporas o no se forman dependiendo de las condiciones.

La mayoría de los miembros de los Saprolegniales tienen zooporas. Algunos tienen sólo un tipo de zooporas y otros tienen dos tipos durante su ciclo de vida. En los que se forman dos tipos la zoospora biflagelada en la parte anterior (zooporas primarias) es la primera que se forma, se enquista y germina liberando zoosporas con biflageladas lateralmente (zooporas secundarias).

#### 6.3.4. División ZIGOMYCOTA

Este grupo de hongos también pertenece al Reino Fungi. Una inicial separación en Divisiones está basada en el tipo de reproducción sexual. Esta División se caracteriza porque su reproducción sexual termina en la formación de **Zigosporas**. En este tipo de reproducción dos gametangios se fusionan e inmediatamente después se desarrolla el cigoto, el cual forma una delgada pared y se convierte en zigospóra. La espóra asexual se llama **esporangiospora**, son esporas no móviles que se forman endógenamente dentro de estructuras en forma de saco, el esporangio; existen esporangios que producen muchas esporas, o muy pocas o sólo

una (**esporangiolas**). Los esporangios que se ubican sobre talos especializados reciben el nombre de **Esporangióforos**.

Se pueden distinguir dos clases de acuerdo con el sustrato en el que se desarrollan. Clasificación:

Reino Fungi

División Zigomycota

Clase Zigomycetes

Orden Mucorales

Orden Entomophthorales

Orden Zoopagales

Orden Dimargaritales

Orden Kickxellales

Clase Trychomycetes

Orden Harpellales

Orden Asellariales

Orden Eccrinales

### Orden Mucorales

La mayoría son saprotrofos de plantas y animales en descomposición; algunos de sus miembros causan enfermedades en plantas y animales y unos pocos son parásitos obligados de otros hongos. Cuando los hongos son aislados del suelo, aire o estiércol y son llevados a medios de cultivo in vitro su crecimiento es muy rápido, lo que se convierte en una gran ventaja cuando están en la naturaleza en calidad de competidores. Algunos miembros de este Orden adoptan diferentes caminos en su ciclo de vida, por ejemplo Géneros como *Mucor*, *Rhizopus* y *Absidia*, los cuales causan daño en granos almacenados y enfermedades conocidas como muromicosis en humanos y animales. Algunos hongos pertenecientes a los géneros *Mucor* y *Rhizopus*, son utilizados comercialmente para importantes productos como ácidos orgánicos, pigmentos, fermentos, alcoholes y esteroides modificados.

El micelio es multinucleado y no septado en su primera generación luego aparecen septos y se delimitan las estructuras reproductivas. El micelio es comúnmente de color claro y se sumerge en el sustrato donde sólo sobresalen las estructuras de reproducción. En algunos casos el micelio parece una mota de algodón creciendo sobre el sustrato.

**Reproducción Sexual.** El micelio es haploide; la meiosis ocurre después de que se ha formado la zigospora pero antes de su germinación. En su ciclo de vida se enfatiza el estado haploide.

Especies individuales pueden ser **homotálicas** requiriendo únicamente un tipo de talo para la reproducción sexual, o **heterotálicas**, requiriendo dos talos distintos para la reproducción sexual. La mayoría de los Mucorales son heterotálicos. La diferenciación de los órganos sexuales se inicia cuando se encuentran dos brazos adyacentes, iniciando con la formación de un **progametangio**, el cual es multinucleado, con un denso citoplasma y numerosas gotas de lípidos. Cuando

dos de estos se encuentran fusionan sus paredes en una sola y crecen gradualmente hasta apartarse de la hifa y levantarse, el progametangio es separado por un septo en un **suspensor** y terminando en un gametangio. Los gametangios son del mismo tamaño, pero los suspensores y los gametangios varían en tamaño de acuerdo con la especie. Cuando dos gametangios se unen por disolución de las paredes se forma el **zigoto**.

El cigoto luego se desarrolla en **zigospora** y dentro de la delgada pared del cigoto inicial se forma una gruesa con ornamentaciones características de cada especie cuando la zigospora está madura. La zigospora entra en un periodo de descanso antes de la germinación, la cual ocurre a través de la formación de un tubo germinativo que es muy corto y termina en un esporangio el cual contiene esporangiosporas todas de un mismo tipo.

Bajo determinadas condiciones en las que no ocurre plasmogamia, el gametangio se produce en una **azigospora**, las cuales son morfológicamente parecidas a las zigosporas pero son mas pequeñas y pueden ser simples o dobles.

**Reproducción Asexual.** Los tipos de esporas asexuales producidos por los Mucorales son las **esporangiosporas** y las **clamidosporas** (Figura 6.3). Las esporangiosporas son formadas en sacos. las clamidosporas que son esporas de resistencia poseen paredes muy gruesas producto de hifas somáticas enredadas, pueden formarse en posición terminal o intercalar y algunas veces se encuentran formando cadenas. En los hongos de la familia Mucoraceae el esporangio es largo y multispórico. Puede tener una **columnella**. La formación de las esporangiosporas es similar a las de las zoosporas; son liberadas del esporangióforo por rompimiento de la pared.

Las esporangiolas se producen en algunos miembros de los mucorales, pero los esporangios están reducidos, carecen de columnella y producen muy pocas esporangiosporas. Las esporangiolas pueden nacer solas en hifas laterales del esporangióforo o en racimos como hinchazones sobre los ápices de los esporangióforos, pueden ser sésiles o tener un pequeño tallo.

Los **merosporangios** como esporangiolas elongadas similares a varillas; se forman en algunos géneros, contienen usualmente de 10 a 15 esporangiosporas o algunas contienen únicamente una o dos. Los esporangios se producen sobre esporangióforos. Los esporangióforos son estructuras aéreas usualmente con terminaciones en un esporangio o en un racimo de esporangiolas. Si los tallos sobre los que se forma el esporangióforo están ramificados puede tener un eje principal con pequeñas ramificaciones laterales, con ramificación dicótoma o la formación de racimos con ramificaciones iguales. Normalmente cada ramificación termina en un largo y solitario esporangio o en pequeñas esporangiolas, también es posible encontrar algunas ramificaciones estériles. En algunas especies se observan prominentes rizoides unidos al sustrato, una hifa lateral (el **estolón**) puede extenderse de la base de un esporangióforo a otro.

#### **Ordenes Endogonales y glomales**

Los hongos de estos órdenes usualmente forman sus esporas bajo tierra y en esporocarpos macroscópicos que miden entre 1 y 25 milímetros, algunas veces



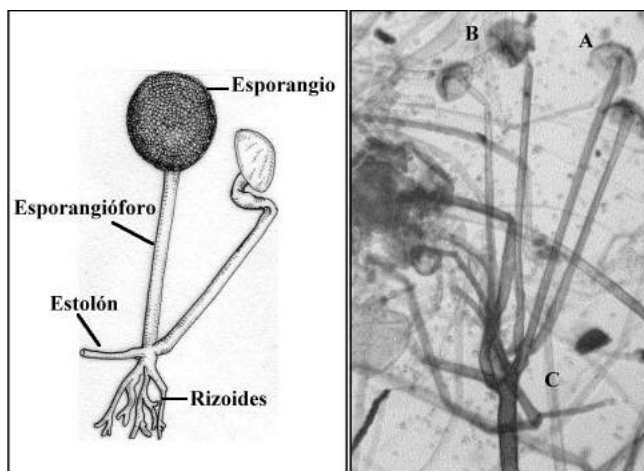


Figura 6.3: *Rhizopus* sp. A. Esporangio joven. B. Esporangio maduro. C. Rizoides y estolones. Foto cortesía: Garcés de Granada. Laboratorio de microbiología del Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia.

son de colores brillantes y pueden o no tener una cubierta distintiva. La forma varía de globosa a elipsoide, o lobulada e irregular, pueden ser huecas o sólidas. Se han encontrado unidos por medio de hifas a las raíces de las plantas con las cuales están asociados; estos hongos no pueden ser cultivados in vitro por sus características de vida. Los esporocarpos pueden contener zigosporas, clamidosporas o azigosporas o rodeados por hifas estériles.

Los miembros de estos dos órdenes difieren uno del otro en su ecología y en el tipo de esporas que forman. El Orden Endogonales está representado por una sola familia y un solo género, *Endogone*, contiene hongos que son saprotrofos o están asociados externamente con raíces y forman zigósporas. En el Orden Glomales hay muchos miembros y familias que pueden estar como simbioses dentro de las raíces de las plantas (**endomycorrizas**), forman azigósporas y clamidosporas.

En *Endogone*, la reproducción sexual involucra formación gametangial. Los gametangios se fusionan en sus ápices y crece un brote en el punto de unión o del gametangio mas largo. Este brote madura y se convierte en la zigospora; se diferencian dos paredes, una externa resultante de la expansión de la pared gametangial y una interna que se desarrolla mas tarde. El gametangio y los suspensores eventualmente se desintegran y dejan las zigosporas libres dentro del esporocarpio.

Las azigosporas son formadas libres en el suelo en especies como *Acaulospora lavis*, miembro de los Glomales que carecen de esporocarpos. La azigóspora tiene una pared gruesa que consta de seis capas y contiene quitina y celulosa en partes separadas de la pared; antes de su germinación entra en un periodo de

latencia. Durante la germinación una porción de la periferia del citoplasma es partida por secciones de la pared en segmentos multinucleados y cada segmento germina a través de un tubo germinativo.

Las Clamidosporas son formadas por especies de *Glomus* (Figura 6.4) y *Sclerocystis*, géneros del Orden Glomales; las clamidosporas son producidas en esporocarpos en posiciones terminales o indiferenciadas de las hifas, pueden estar en posiciones irradiadas dentro del esporocarpo, formando cubiertas compactas (**peridium**) alrededor de ellos. Las clamidosporas son ovaladas o esféricas y en su madurez tienen contenidos aceitosos de color amarillo y sus paredes son gruesas. La germinación se da a través de la formación de un tubo germinativo. Las clamidosporas se distinguen de las zigosporas y de las azigósporas porque permanecen unidas a la hifa, no aparecen suspensores y forman una sola capa de pared.

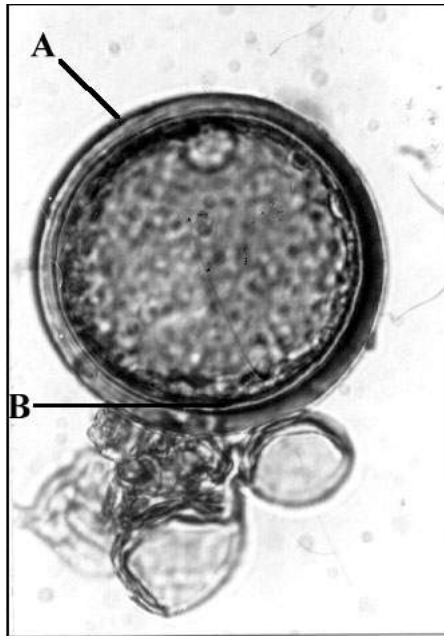


Figura 6.4: Clamidosporas *Glomus fasciculatum*. Familia endogonaceae. A: Pared celular, B: Hifas de soporte. Fotografía: Bertha Coba de Gutiérrez, Laboratorio de Microbiología del Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia.

### Orden entomophthorales

Son hongos parásitos de plantas y de animales o saprofíticos. Muchos de estos hongos se destacan por parasitar insectos; su micelio no es tan extenso como el de otros Zigomycetes, se divide por septos en segmento uninucleados o polinucleados. En algunas especies existe la tendencia a fragmentarse en lo que se

denomina **cuerpos hifales**. La reproducción asexual se realiza por medio de estructuras llamadas conidios, aunque en algunas especies se observan esporangios con una sola espora. La reproducción sexual se realiza por medio de zigosporas, también se han observado azigósporas y otras estructuras alas que se denomina **esporas en reposo**; este término ha sido empleado en general para las esporas hivernantes, de pared gruesa y que normalmente se producen dentro del cuerpo del organismo parasitado (o en cultivo); el término evita referirse a la ontogenia de la espora como zigospora a azigóspora.

Waterhouse (1973), admite una sola familia **Entomophthoraceae**, con seis géneros, *Completozia*, parásito de prótalos de helechos, *Ancylistes*, *Masospora*, *Strongwellsea*, *Entomophthora* y *Conidiobolus*.

El género mayor y mas conocido es *Entomophthora*, las especies de este género son parásitas de artrópodos, el micelio se escinde a menudo en cuerpos hifales, cada uno de los cuales es capaz de formar una célula esporógena portadora de una o mas esporas sexuales (conidios) que en la madurez son expulsadas. La especie mas conocida es *Entomophthora muscae*, denominada comúnmente como el hongo de las moscas, a menudo se encuentra adherida a los vidrios con moscas muertas. Si una mosca sana es infectada con una de las esporas su vida durará aproximadamente una semana. Cuando una espora cae en substrato que no es el adecuado, germinan produciendo un esporóforo portador de otra espora en su ápice, denominada espora secundaria, repitiendo este ciclo hasta encontrar el substrato adecuado. En los casos en que se ha observado reproducción sexual tiene lugar cuando dos cuerpos hifales, actuando como gametangios se unen y copulan originando un zigosporangio que contiene una zigospora. Por partenogénesis se forman los azigosporangios.

La mayoría de los representantes del Género *Conidiobolus* son saprofiticos, aunque algunos pueden vivir como parásitos de insectos y de otros animales. Una enfermedad de mamíferos incluidos los seres humanos se llama **rinoentomoftromicosis**, es atribuida a una especie de *Conidiobolus*. Se sabe que algunas esporas primarias de este género desarrollan apéndices con aspecto de pelo (esporas hirsutas o vilosas), que funcionan como esporas en reposo que hacen posible que el hongo sobreviva en condiciones adversas.

### Orden Zoopagales

Todos los miembros de este orden son *predadores*, hay cerca de 65 especies y tienen una gran distribución geográfica. El talo es filamentoso, inicialmente sin septos los cuales posteriormente se forman delimitando porciones de micelio degenerativo de la parte que está fisiológicamente activa y en donde se encuentran las estructuras reproductivas. La reproducción sexual siempre no ocurre, esta involucra el apareamiento de gametangios similares y la posterior formación de la zigóspora. La reproducción asexual ocurre mediante la formación de esporangiosporas con formas que van de filiformes a esféricas. Las esporangiosporas se pueden formar en esporangios aéreos o se encontrarse en esterigmas sésiles o cortos, pueden ser únicas o formando largas cadenas.

Los zoopagales predominan sobre amebas y otros protozoos, aunque unas pocas especies son muy frecuentemente halladas como habitantes de nemátodos.

Se consideran predadores obligados, puesto que requieren un animal vivo para satisfacer sus requerimientos nutricionales. Estos hongos son hospederos específicos y están restringidos a cierto grupo de animales. Pueden desarrollarse dentro de sus hospederos (endógenos) o existir inicialmente fuera (exógenos).

Los zoopagales endógenos incluyen miembros de los géneros *Cochlonema* y *Endocochlus*, los cuales son muy similares. La infección se inicia a través de una esporangiospora fusiforme unida al ectoplasma de una ameba, seguida de la formación de un tubo germinativo. Una hinchazón globular se desarrolla dentro de la ameba y en la punta del tubo germinativo. Posteriormente, la esporangiospora y el tubo germinativo decaen, quedando la hinchazón dentro del organismo infectado. La hinchazón globular en un minuto se convierte en un talo de 6 micrómetros de longitud. Durante los primeros estados de infección la ameba tiene una vida normal, pero en la medida en que el hongo se alimenta de su endoplasma la ameba incrementa su viscosidad hasta que muere. Cadenas de esporangios se forman en el exterior de la ameba antes de que ésta muera. La reproducción sexual se da después de que el hospedero ha muerto, con el surgimiento de un gametangio dentro del cual se forma la zigospora.

El septado y delicado micelio se adhiere a las amebas que pasan por el sitio donde se encuentra la ameba muerta, probablemente por medio de la formación de una secreción; en el punto de contacto el hongo forma una serie de haustorios que penetran la ameba y absorben su contenido.

#### **Orden Dimargaritales y Kickxellales**

Estos dos órdenes representan un número pequeño de Zigomicetes los cuales estaban antes clasificados como familias en el Orden Mucorales, aunque existen unas pocas características que indujeron a su separación en Órdenes. Todos estos hongos tienen un septado regular a través del micelio y de los esporangióforos, mientras que el micelio sin septos se observa en los Mucorales. Además, los septos aparecen en forma de Y en secciones longitudinales de la hifa, con los brazos de la Y apuntando hacia el poro central y envolviendo un área en forma de lente. La reproducción sexual involucra la formación de una zigospora globosa, de pared gruesa derivada de una hifa no diferenciada.

Las diferencias entre estos dos órdenes pueden encontrarse entre sus esporangiosporas, así como en su modo de nutrición. Los miembros del Orden Margaritales forman esporangiolos con dos poros, mientras que los del orden Kickxellales con un solo poro y se desarrollan lateralmente sobre esporangióforos especializados. Los Margaritales son parásitos de otros hongos, a los cuales invaden al formar haustorios y los Kickxellales son saprófitos.

#### **Clase Trychomycetes**

Son habitantes de una gran variedad de artrópodos, incluyendo insectos, larvas, milpies, escarabajos e isópodos. Los insectos hospederos pueden ser terrestres o de zonas cenagosas o hasta de aguas marinas. Los Trychomycetes no crecen independientes de su hospedero en la naturaleza. Viven dentro del hospedero en su ano, uniendo su micelio al hospedero por medio de un agarre rápido al penetrar el revestimiento del intestino, pero sin insertarse en tejido vivo; cuando

el insecto es completamente infectado por el hongo muere y al descomponerse, el revestimiento del intestino queda libre y por ende el hongo, el cual finalmente se esparce. Estos hongos no son parásitos de sus hospederos, viven como comensales, obteniendo su alimento del líquido que circunda el intestino. Las esporas de los trichomycetes requieren sustancias que se encuentran en el intestino de las larvas de los insectos para su germinación o de un medio de cultivo definido. Sólo unas pocas especies de estos hongos han sido aisladas en cultivos puros, entre ellas hay especies de *Smittium*.

Los talos tienen una o dos formas básicas: Una cenocítica y no ramificada o dos septada y ramificada, los septos son similares a los definidos para los Kickxellales, que consisten en una pared bifurcada con un poro.

Hay tres órdenes en la Clase Trichomycetes, los que se distinguen principalmente por la morfología de las estructuras empleadas para la reproducción asexual:

**Artrosporas:** Son producidas por el Orden **Asellariales**, son formadas cuando el talo se fragmenta en segmentos independientes el uno del otro. Las esporangiosporas son producidas por los órdenes restantes. En los **Eccrinales**, los talos son cenocíticos, no ramificados y divididos en esporangios comenzando en el ápice y dirigiéndose hacia abajo; cada esporangio forma una esporangiospora que es liberada. La delgada pared del esporangio multinucleado germina en el intestino, mientras que la gruesa pared de las esporangiosporas uninucleadas pasan a través del intestino y aparentemente son capaces de sobrevivir en condiciones desfavorables. En todos los casos, en este orden y en el de los **Harpellales**, las esporas son liberadas cuando el hospedero defeca o cuando muere.

#### **Orden Harpellales**

Los miembros de este orden se encuentran en larvas de insectos de zonas cenagosas. Algunas especies forman talos no ramificados y cenocíticos en el intestino medio, mientras que otros que son ramificados en el intestino posterior. Los talos cenocíticos y no ramificados se separan en células simples, **células generativas**, mientras que en los que poseen talos ramificados se diferencian células generativas terminales. Estas células soportan externamente las esporangiolas; éstas últimas pueden producirse directamente de las células generativas o sobre una ramificación lateral corta y sin septos. Cada esporangiola contiene una esporangiospora uninucleada de forma elongada. En *Genistellospora homothallica*, durante el desarrollo de la esporangiola, ésta es producida por una extensión de la célula generativa de la cual está separada por un septo. Se observa un diminuto collar como la huella que queda de la célula generativa. Como la esporangiola no es móvil espera a ser comida, para desarrollar su micelio en el intestino del hospedero, mediante la producción de un tubo germinativo y se une a la zona de revestimiento del intestino de una forma rápida y muy fuerte y mediante la producción de una secreción adhesiva.

Muchos miembros de los Harpellales se reproducen sexualmente mediante la producción de zigosporas, en procesos de conjugación entre diferentes talos cuando no son ramificados, y entre células del mismo talo o de diferentes talos cuando éstos son ramificados. Cuando la conjugación ocurre entre hifas, el brazo especializado, **zigosporóforo**, se desarrolla de una de las células conjugadas. La

zigóspora se desarrolla como un crecimiento hacia fuera del zigosporóforo. En la madurez, la zigóspora es una elongada célula uninucleada con dos conos terminales de delgadas paredes. La zigóspora puede estar perpendicular al zigosporóforo o en una relación espacial a él; los aspectos citológicos de la reproducción sexual no están completamente definidos. En *Genistellospora homothallica*, se producen azigosporas por partenogénesis, las que son liberadas mediante la ruptura del zigosporóforo.

#### **Orden Asellariales**

Al igual que los **Harpellales**, poseen hifas ramificadas cuyos septos son perforados y su paredes se ensancha en una forma característica de este orden, abrazando el borde de un tapón biumbonado, sin membrana; su reproducción tiene lugar mediante artrosporas. Posee sólo tres géneros.

#### **Orden Eccrinales**

Es el mayor de los órdenes, mostrando la mayor variedad de huéspedes y de hábitats; sus miembros poseen hifas somáticas, no ramificadas, ni septadas, su reproducción asexual es a través de esporangosporas, de las cuales parecen existir dos tipos principales. En el primer tipo, salen del huésped después de formarse sin germinar, presentan a menudo una gruesa pared siendo aptas para soportar situaciones adversas y las del otro tipo germinan en el intestino en el que fueron producidas (Alexópoulos, 1985).

## PRÁCTICA No. 2

### ASPECTOS DE LA BIOLOGÍA DE HONGOS ZOOSPÓRICOS Y NO ZOOSPÓRICOS, CON ÉNFASIS EN ESPECIES DE LAS CLASES: OOMYCETES Y ZIGOMYCETES.

#### INTRODUCCIÓN

En la División OOMYCOTA, se encuentra la clase Oomycetes, cuyas características principales son: en su estado vegetativo presenta un micelio cenocítico (sin septos), son diploides y su pared está compuesta de celulosa y otros glucanos. La reproducción es la formación de nuevos individuos que poseen todas las características típicas de la especie. Los hongos se reproducen y dispersan básicamente, por medio de esporas, y en ellos se conocen dos tipos generales de reproducción: sexual y asexual. La reproducción asexual denominada algunas veces somática o vegetativa, se lleva a cabo por la fragmentación del talo, producción de esporas: zoosporas o esporangiosporas, etc.

Los llamados Hongos Zoospóricos se sitúan dentro de tres reinos: El reino Protista, el reino Stramenopila y el reino de los Hongos (Fungi). Esta clasificación se basa en el hecho de que estos organismos no tienen un ancestro común, por lo tanto tienen diferente origen y no están estrechamente relacionados.

Los hongos zoospóricos se caracterizan por producir esporas asexuales llamadas “zoosporas”, las cuales poseen Undulipodio o Flagelo, estas zoosporas se forman en sacos llamados “zoosporangios”. Los flagelos les permiten desplazarse en ambientes acuáticos y en finas películas de agua higroscópica.

Los hongos Zoospóricos pertenecen al reino Stramenopila y al reino Protista; se cree que su origen son los Protista o las algas cenocíticas del tipo Vaucheria.

Los hongos no Zoospóricos son aquellos que se reproducen asexualmente por medio de esporas llamadas “esporangiosporas”, porque se forman en sacos llamados “esporangios”. Los hongos no zoospóricos siempre se sitúan dentro del reino de los hongos (Fungi) y marcan el paso de los hábitats acuáticos y semiacuáticos a los hábitats terrestres.

Además de la reproducción asexual los hongos, tanto los zoospóricos como los no zoospóricos se reproducen sexualmente. Este tipo de reproducción se caracteriza por la unión de dos núcleos compatibles. Los órganos sexuales de los hongos se denominan “Gametangios”. Estos órganos pueden formar células sexuales diferenciadas denominadas “gametos”, o pueden contener uno o más núcleos gaméticos.

Usamos los términos “Isogametangios o Isogámegas” para designar los gametangios y gametas que son morfológicamente indistinguibles. Se usan los términos “Heterogametangios y Heterogámegas” para designar a los gametas y heterogametangios masculinos y femeninos, los cuales son morfológicamente diferentes. El gametangio masculino se denomina “Anteridio” y el gametangio femenino “Oogonio”.

#### OBJETIVOS

- Conocer y estudiar características macro de las formas de crecimiento fungal de diferentes especies de hongos, de manera que puedan ser reconocidos y se aprendan a separar de las colonias bacterianas.
- Conocer y estudiar las características microscópicas de las colonias fungales, con el fin de establecer parámetros morfológicos puntuales de las especies que se estudian.

### MATERIALES

- Cultivos puros de diferentes especies de hongos.
- Cultivos mixtos de hongos y bacterias.
- Cultivos puros de *Pythium* sp, *Phytophthora* sp, *Rhizopus stolonifer* y *Mucor* sp.
- Azul de Lactofenol.
- Micropreparados semipermanentes del material de estudio.

### PLAN DE TRABAJO

Se estudiarán los Hongos Zoospóricos de la:

Clase: Oomycetes

Orden: Peronosporales

Familia: Pythiaceae

Géneros: *Pythium* sp

*Phytophthora* sp

Los Hongos zoospóricos de la clase Oomycetes se reproduce sexualmente por contacto gametangial.

Y los Hongos No Zoospóricos se estudiará:

Clase: Zygomycetes

Orden: Mucorales

Géneros: *Mucor* sp.

*Rhizophus* sp.

Los Hongos no Zoospóricos de la clase Zygomycetes se reproduce sexualmente por la unión de dos Isogametangios, dando lugar a un cigoto que se transforma posteriormente en una zigospora, la cual es morfológicamente muy diferente.

1. Del material en cultivo que se le suministre, realice observaciones macroscópicas dirigidas a reconocer colonias de hongos y diferenciarlas de colonias bacterianas, teniendo en cuenta (Figura 6.5):
  - a) Aspecto de la colonia: algodonosa, mucosa, pruinoso, picnotal.
  - b) Colores: hialino, blanco, crema, café, tonalidades verdes, etc.
  - c) Crecimiento radial y zonas de crecimiento.



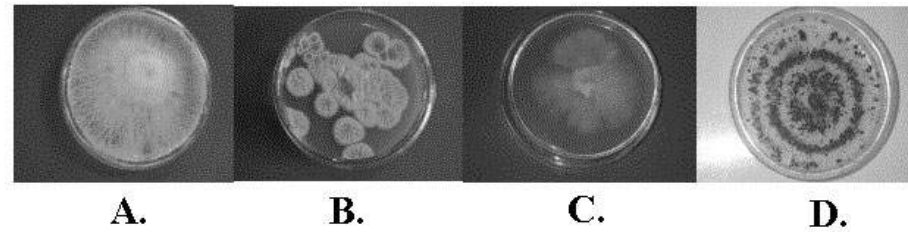


Figura 6.5: Aspecto de la colonia y tipos de crecimiento. A: *Sordaria fimicola*, colonia algodonosa y radial, B: *Aspergillus cervinus*, colonias dispersas, cada una de ellas con crecimiento radial, C: Micelio estéril, colonia que crecen muy pegada al medio, apariencia picnotal y D: *Trichoderma* sp, zonas de crecimiento. Imágenes: Anacona & Sabogal (2002), Laboratorio de Microbiología del Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia.

2. Observaciones microscópicas, realizando montajes (teniendo en cuenta las recomendaciones adjuntas) de especies de hongos de los siguientes géneros: *Pythium* (Figura 6.6), *Phytophthora*, *Rhizopus* y *Mucor*.
  - Hifas cenocíticas.
  - Zoosporangiosforos.
  - Zoosporangios.
  - Oogonios y Anteridios.
  - Oosporas.
  - Rizoides.
  - Estolones.
  - Esporangiosforos.
  - Esporangios
  - Esporangiosporas.
3. En modelos plásticos observar el ciclo sexual de *Rhizopus stolonifer*.

### CUESTIONARIO

1. ¿Qué tipo de reproducción sexual observó usted en *Pythium* sp.?
2. Indique una característica morfológica de *Rhizopus stolonifer*, que indique claramente que es un hongo de hábitat terrestre y diga porqué.
3. Reconstruya y esquematice el ciclo de vida de *Rhizopus stolonifer* incluyendo fase sexual y asexual indicando cada una de sus estructuras.

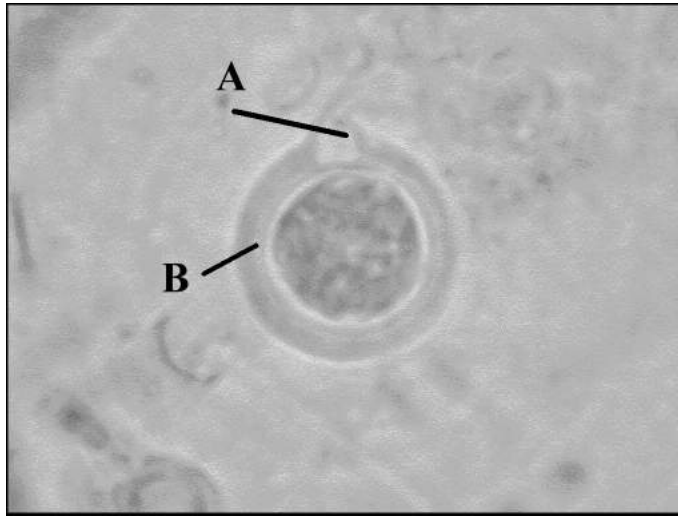


Figura 6.6: *Pythium vexans*. A: Anteridio, B: Oogonio. Imagen: Laboratorio de microbiología del Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia.

#### BIBLIOGRAFÍA

- [1] ALEXOPOULUS, C.J. et. al 1996. Introductory Mycology. Wiley & Sons.  
[2] MOOR - LANDECKER, E. 1996. Fundamentals of the Fungi. Prentice Hall.

#### 6.3.5. División ASCOMYCOTA

Junto con los Basidiomicetes, este grupo representa la plenitud de la adaptación de los hongos al medio terrestre. Muchos autores consideran que ambos grupos derivaron por caminos diferentes, pero de antecesores pertenecientes a los Zigomicetes y tienen en común, además de su buena adaptación al medio terrestre, dos características notables:

Hemos dicho que la mayoría de los Ascomycetes son terrestres, pero se encuentran algunas especies que se han adaptado secundariamente, a vivir en las aguas continentales, e incluso en el mar, o bien en los jugos vegetales ricos en azúcares. En este último caso, la forma de micelio, la habitual, se simplifica para dar células aisladas o reunidas en pequeñas cadenas, que se reproducen por gemación o por escisión (tipo de organización levadura).

##### **Ascomas tipos y desarrollo:**

La secuencia de la plasmogamia a través de la formación de la ascospora representa la fase sexual del desarrollo en un típico ascomycete al formar un ascoma. Adicional a los órganos sexuales, las hifas ascógenas y el asco contiene una gran cantidad de tejido estéril, el cual se levanta como hifa, usualmente de la célula basal que soporta el gametangio y que envuelve la estructura sexual. Hay

**Cleistotecios** (Figura 6.8), **Peritecios** (Figura 6.9), **Apotecios** (Figura 6.7) y **tipo ascolocular o pseudoperitecio**.

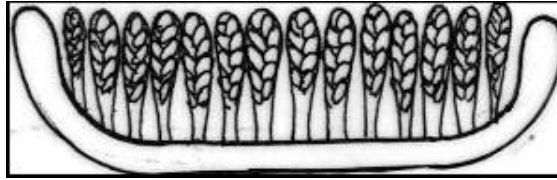


Figura 6.7: Apotecio. Imagen tomada de Fundamentals of the Fungi, Moore-Landecker, 1996.

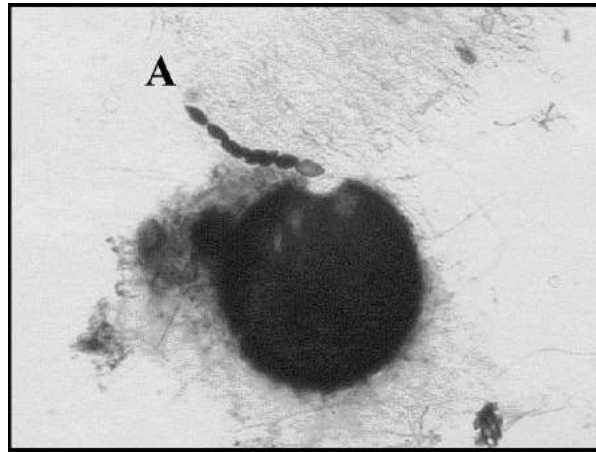


Figura 6.8: *Sordaria fimicola* Ces & de Not. 1863. Cleistotecio. A: Asca con ocho ascosporas. Imagen: Cortesía Anacona & Sabogal (2002), Laboratorio de microbiología del Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia.

El **cleistotecio** está totalmente encerrado por una pared (algunas veces llamado **peridium**). No tienen una forma regular de abrirse y los ascos son liberados únicamente después de que la pared se rompe. Puede haber uno o más ascos dentro de la cavidad.

Los **apotecios** se caracterizan por tener un *himenio* que se expone en la madurez, los apotecios tienen forma de copa que puede ser sésil o estar soportado por un tallo (el **estípite**), los apotecios también pueden tener otras formas, su tamaño y color varía, de blanco, rosado, naranja, rojo, verde, café y negro.

De otro lado, los **peritecios**, tienen forma globular, con un cuello que se abre en un poro o hendidura en la pared peritecial. El cuello del peritecio varía ampliamente en su longitud y puede ser extremadamente corto. Los peritecios

pueden estar libres sobre el sustrato o pueden estar inmersos en el tejido del hospedero. Muchos hongos periteciales forman un estroma, que es una masa de tejido somático que soportará el peritecio, el cual puede estar asentado sobre un cojín de células que forman el **estroma** o completamente embebido en él. El estroma puede tener colores muy brillantes u oscuros.

Dentro del peritecio hay una prominente cavidad, donde se encuentran los ascos, el himenio está en la base y el micelio estéril en forma de delgados cabellos hacia el final. Su forma varía de especie a especie.

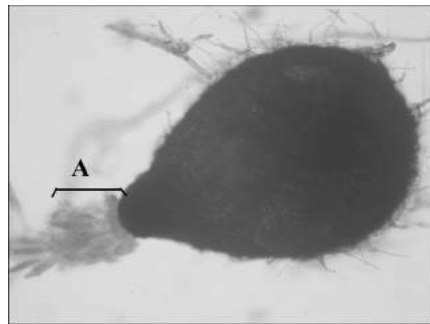


Figura 6.9: Peritecio *Sordaria fimicola* Ces & de Not, 1863. A: Ascas con ascosporas. Imagen: Cortesía Anacona & Sabogal (2002), Laboratorio de microbiología del Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia.

Los **Parafisis** se encuentran en la mayoría de los ascos, se inician en la base del peritecio y son libres hacia la mitad de la cavidad, otros peritecios contienen **pseudoparafisis**, los cuales crecen desde abajo hasta el tope de la cavidad y los **perifisis** son cabellos cortos en la línea del canal dentro del cuello.

Los **pseudotecios** o **ascomas loculados**, son ascomycetes cuyos ascos están dentro de cavidades o sea el estroma es loculado y no está rodeado por una pared distintiva. Cada ascostroma puede tener de uno a muchos lóculos. En algunas especies, hay un solo lóculo rodeado por una pequeña cantidad de tejido estromal, semejando un ascostroma superficial, que es algunas veces llamado **pseudotecio**.

## CLASIFICACIÓN

### División Ascomycota

#### Serie Apotecial

- Orden Pezizales
- Orden Leotiales
- Orden Rhytismatales

#### Serie Peritecial

- Orden Erysiphales
- Orden Meliolales
- Orden Sordariales

- Orden Xylariales
- Orden Hypocreales
- Orden Clavicipitales
- Orden Laboulbeniales

**Serie Pseudotecial**

- Orden Dothideales

**Serie Cleistotecial**

- Orden Eurotiales

**Serie Nonascomatal**

- Orden Taphrinales
- Orden Endomycetales

**Serie Apotecial:**

Un apotecio es un ascoma típico, con ascos unitunicados y por tanto la salida de las esporas es muy fuerte; los ascos pueden tener o no opérculo.

**Orden Pezizales**

Los hongos pertenecientes al orden Pezizales, forman apotecios carnosos, de los cuales la mayoría tienen forma de copa o hasta de casi una esfera, cuando con muy cerrados. El himenio está expuesto y consta de ascos y parafises. Cerca de 900 especies pertenecen a este orden. Muchos son epigeos, pero algunos son hipógeos y se conocen como trufas. Muy pocos de estos hongos tienen ascos que se abren por una hendidura o desgarradura en su ápice.

El paso a esta organización ha traído como consecuencia la pérdida total o parcial de la quitina de la pared. La reproducción sexual puede llevarse a cabo por contacto gametangial, espermatización, o incluso por fusión de células vegetativas y conduce a menudo a la formación de hifas dicarióticas de poca duración, ya que en sus extremos los dos núcleos se fusionan, originando un cigoto, que previa meiosis, dará lugar a un tipo particular de endosporangio, los ascos con 4, 8 o más ascosporas en su interior.

La taxonomía de los Ascomicetes está en pleno estudio y se basa en la evaluación de los caracteres más estables (entre los que no se cuenta el aspecto de las fructificaciones). Se tienen en cuenta principalmente la ontogenia de dichas fructificaciones y la de los ascos, a los caracteres del aparato apical de los mismos (involucrados en la liberación de las esporas), al tipo de hamatecio (hifas monocarióticas que acompañan los ascos) y en especial, a la comparación entre las secuencias de determinados segmentos de DNA que conservan un registro muy indicativo de las afinidades evolutivas.

Muchos tienen estado sexual o teleomorfo y estado asexual o anamorfo. Produce esporas sexuales, llamadas ascosporas, generalmente en grupos de ocho dentro de un saco llamado asco. Las esporas asexuales, conidias, se producen sobre hifas libres o en estructuras fructíferas asexuales (Picnidios: Figura 6.10, acérvulos, etc.).

**Ciclo vital de Ascomicetos**

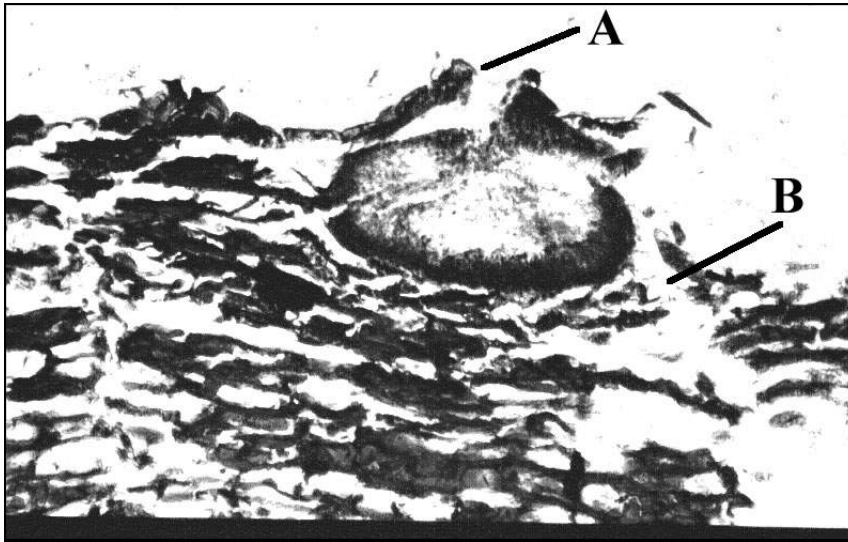


Figura 6.10: Picnidio. A. Ostíolo, B. Estroma, Imagen cortesía: Laboratorio de Microbiología. Área de Fitopatología. Universidad nacional de Colombia.

El ciclo de vida de los Ascomycetes consta de una fase sexual y de otra asexual. La importancia de cada una de ellas es variable según el grupo a tratar. En una misma especie puede encontrarse la fase de reproducción sexual o fase teleomórfica; el teleomorfo es el hongo que produce ascos y ascospora. Pero también podemos encontrar el mismo hongo en fase de reproducción asexual o fase anamórfica.

Cuando las ascosporas maduran, quedan libres fuera de los ascos y de los ascocarpos, diseminándose. En condiciones favorables germinan produciendo cada una un tubo germinativo, que se transforma en micelio. El micelio produce conidióforos, con numerosos conidios los cuales perpetúan el hongo al producir más micelio. Este ciclo se repite muchas veces en la naturaleza, durante el período de crecimiento.

La reproducción sexual de los Ascomycetos, comienza con la formación de un gametangio femenino globoso o alargado, el ascogonio (Figura 6.11), que termina en una prolongación o tricógina, y de gametangios masculinos que pueden ser de dos tipos: espermatangios, en ellos se producen espermacios, que son diminutas células sin flagelos que actúan como gametos masculinos y se dispersan pasivamente para fecundar la tricogina.

Anteridios: Gametangios masculinos que se adhieren a la tricogina o al ascogonio, transmitiéndole núcleos gaméticos por contacto gamentangial.

El ascogonio, una vez fecundado empieza a originar divertículos que pronto reciben copias de los núcleos “paternos” y “maternos” y los organizan en hifas

dicarióticas, con un núcleo de cada tipo. Estas células crecen y se ramifican dentro de los falsos tejidos del futuro ascoma, integrado por hifas monocarióticas. Entonces en las células situadas en el extremo de las numerosas ramificaciones de las hifas ascógenas donde tendrá lugar la cariogamia.

El crecimiento de las hifas ascógenas se produce por **uncinulacion** (uncinulum (pequeño gancho)), que es un proceso solo de Ascomicetos, caracterizado por una curvatura en forma de gancho de la célula apical de la hifa dicariótica. Sus núcleos se dividen a la vez y se distribuyen entre las células hijas.

Las células apicales de las diversas hifas ascógenas, completan la reproducción sexual con la cariogamia y sus dos núcleos se fusionan para dar el núcleo cigótico. Poco dura la célula diploide así originada (célula madre del asco), pues sufre meiosis originando 4 núcleos haploides. Los 4 núcleos haploides se dividen una vez por mitosis, originando 8 núcleos. Alrededor de ellos, una parte del retículo endoplasmático (la vesícula ascas) se invagina, delimitando lo que serán las ascosporas.

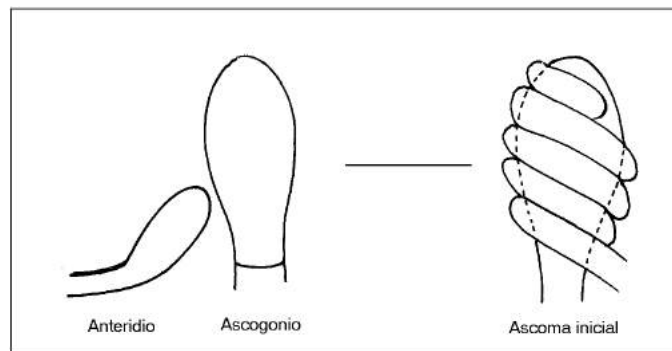


Figura 6.11: Reproducción sexual de los ascomicetos. (Tomado de R. Samson, E. Hoeystra y C. Van Oorschot, 1984, Introduction to Food-Borne Fungi).

Ascosporas: unicelulares o pluricelulares, oscuras o hialinas.

Ascosporas: Tunicados, formados por una sola capa. Bitunicados, por dos capas. Los ascos se forman protegidos por hifas monocarióticas derivadas que las rodean al ascogonio, formando cuerpos fructíferos llamados ascocarpos o ascomas (Figura 6.12).

Tipos ascocarpos: Cleistotecio, completamente y ascos en desorden. Peritecio, rodeado por una pared el peridio, abierto apicalmente por un ostiolo. Ascos ordenados en una capa de himenio.

Apotecio, en el que los ascos forman siempre un himenio, con aspecto de empalizada.

Dentro de esta División encontramos las siguientes clases:

**Clase Archiascomycetes:** Orden Taphrinales, con ascos aéreos y células ascógenas binucleadas. Género, *Taphrina*.

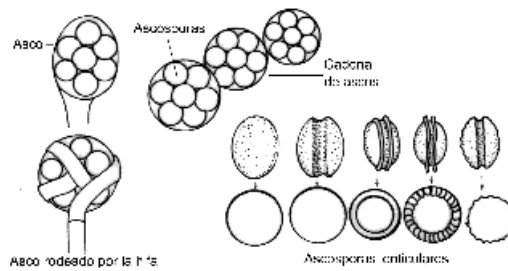


Figura 6.12: Ascos y Tipos de Ascosporas. (Tomado de R. Samson, E. Hojstra y C. Van Oorschot, 1984, Introduction to food-borne fungi. )

Subclase: Taphrinomycetidae, está representada principalmente por el Género *Taphrina*, que parasita plantas vasculares, provocando malformaciones y cambios de color. A diferencia de las Endomycetidae, su aparato vegetativo es siempre miceliar, formado por hifas dicarióticas, alojadas entre las células de la planta. Los ascos, se forman dispuestos en empalizada, sobre una célula basal. La especie *Taphrina deformans* (Orden Taphrinales, Familia Taphrinaceae), es patógeno del durazno (de la planta). Produce el “Torque del duraznero” o enrollamiento de las hojas (Figura 6.13).

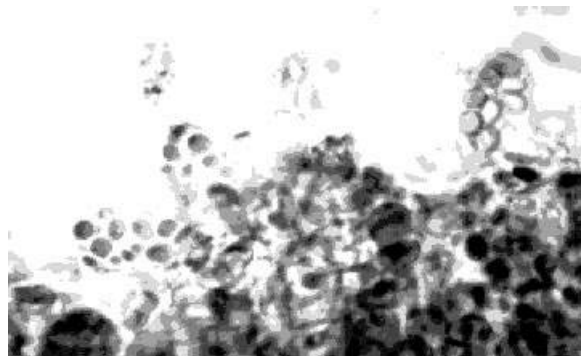


Figura 6.13: *Taphrina deformans*. Imagen cortesía Laboratorio de Microbiología. Área de Fitopatología. Universidad Nacional de Colombia.

**Clase Saccharomycetes:** Levaduras. No produce ascocarpos. Géneros: *Gallactomyces*, *Saccharomyces*. Comprende 273 especies.

De este grupo los representantes mas conocidos y de mayor importancia práctica, pertenecen al grupo de las levaduras, un colectivo heterogéneo caracterizado por su organización unicelular, por su adaptación a vivir en medio líquido, aunque sus células pueden quedar unidas en cadenas. Se pueden aislar y estudiar con las técnicas habituales de microbiología. Para identificarlas se tienen muy



en cuenta las características fisiológicas (por ejemplo azúcares que usen en su metabolismo).

Entre los diferentes ejemplos de levaduras ascógenas (hay algunas que no forman ascos), se destaca el género *Saccharomyces*, que se multiplica por gemación. En el lugar de unión entre la célula madre y la hija, se forma una cicatriz de gemación, que es el único sitio de la pared en el que aún se forma quitina. En el resto de la pared hay mananas y glucanas. Cuando crecen sobre una superficie, las células pueden quedar reunidas en cadenas (pseudomicelio). En su ciclo de vida, alternan células haploides con células diploides. Las haploides son de dos tipos de apareamiento (+ y -) y pueden unirse dos a dos para dar las diploides. Estas últimas actúan como copias del cigoto y, en condiciones favorables, sufren la meiosis y originan un asco redondeado, con 4 esporas que quedarán libres por destrucción de la pared ascal (Figura 6.14)

La especie *Saccharomyces cerevisiae* (Familia Saccharomycetaceae) y sus diferentes variedades, son responsables de la fermentación del vino y de la cerveza. En condiciones normales son aerobios, de gran importancia en panificación y de gran valor nutritivo y vitamínico.

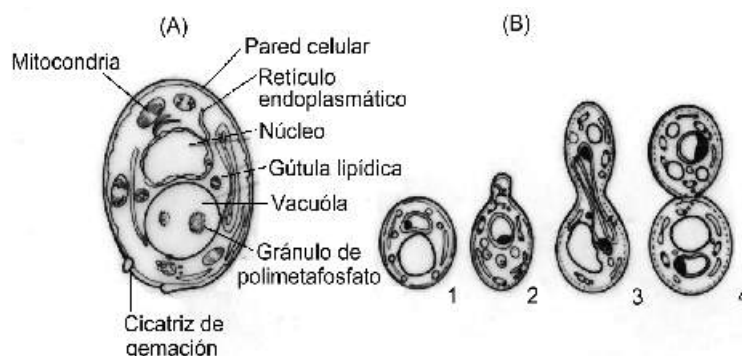


Figura 6.14: Ejemplo típico de levadura, *Saccharomyces cerevisiae* (Endomicétidas). (A) Esquema de una célula vegetativa. (B) Fases sucesivas de la gemación. 1. Célula en fase previa. 2. Inicio de la gemación. 3. División del núcleo. 4. Separación de las dos células y formación de las cicatrices de gemación. (Adaptado de Moore-Ladecker, 1982).

**Ascomicetes filamentosos:** Orden Erysiphales. Ascospores en cuerpos fructíferos completamente cerrados llamados **Cleistotecios**. Son parásitos obligados. Géneros: *Blumeria*, *Erysiphe*, *Leveillula*, *Microphaera*, *Podosphaera*, *Sphaerotheca*, *Uncinula*. Dentro de este grupo también encontramos:

**PYRENOMYCETES:** Son Ascomicetes con peritecio, ocasionalmente se encuentran cleistotecios en un estroma; los ascospores tienen una pared. Ordenes:

**Orden Hypocreales:** Estromas azul claro, púrpura o de colores brillantes, ascospores ovoides o cilíndricos con un poro apical. Las ascospores son esféricas, las

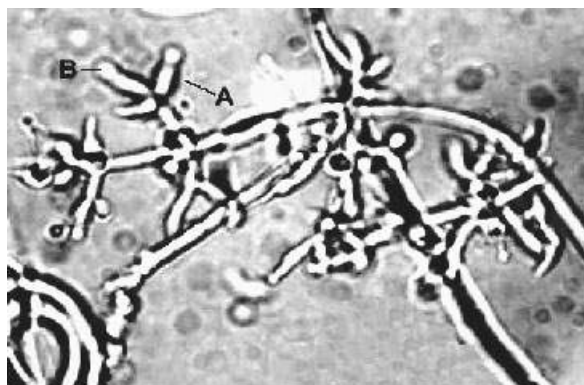


Figura 6.15: *Trichoderma* sp. A: Fialides, B: Fialidoconidia. Foto cortesía: Garcés de Granada, Laboratorio de Microbiología del Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia.

conidias son producidas en conidioforos fialídicos. Algunos producen sustancias tóxicas para los humanos y los animales. Otras producen reguladores del crecimiento; también actúan como antagonistas o parásitos de otros hongos. Géneros *Hypocrea*, *Trichoderma* (Figura 6.15), *Gliocladium*, *Melanospora*, *Ophiostoi*, esporas con una o muy pocas divisiones, hialinas u oscuras. Géneros, *Hypoxyton*, *Roselinia*, *Xylaria*, *Eutypa*.

**LOCULOASCOMYCETES:** Ascomicetes con ascostroma. Produce ascos dentro de lóculos (cavidades) formados en el estroma. El ascostroma puede ser monolocular (Pseudotecio) o multilocular. Los ascos tienen doble pared. Pertenecen los siguientes órdenes:

**Orden Dothideales:** Los lóculos carecen de hifas estériles y se abren por un poro apical. Los ascos van de ovoides a cilíndricos, en fascículos. Las ascosporas están compuestas por una o muchas células y su color varía de hialinas a cafés. Géneros, *Mycosphaerella*, *Cercóspora*, *Septoria*, *Elsinoe*.

**Orden Capnodiales:** Ascocarpos superficiales, producidos en hifas oscuras. Género, *Capnodium*.

**Orden Pleosporales:** Ascos rodeados por Pseudoparafises. Ascostroma variable. Géneros, *Cochliobolus*, *Curvularia* (Figura 6.16), *Pyrenophora*, *Setosphaera*, *Pleospora*, *Leptosphaeria*, *Venturia*, *Guignardia*, *Dibotryon*.

**DISCOMYCETES:** Ascomicetes con apotecio. Ascocarpos en forma de copa, ascos de cilíndricos a ovoides, con parafises.

**Orden Rhytismales:** Ascocarpos negros, esféricos, discoides o elongados producidos en estromas, ascos variables. Ascosporas hialinas o cafés, de ovoides a filiformes. Géneros, *Hypoderma*, *Lophodermium*, *Rhabdocline*, *Rhytisma*.

**Orden Heliotales:** Copa en apotecio o en forma de disco. Asco con ápices muy delgados, las ascosporas son esféricas, elongadas o filiformes y tienen uno o mu-

chos septos. Géneros, *Monilinia*, *Sclerotinia*, *Stromatinia*, *Pseudopeziza*, *Diplocarpon*, *Sclerotium*.

**DEUTEROMYCETES:** (Hongos Asexuales o imperfectos, hongos mitospóricos).

Este grupo heterogéneo de hongos, de los que en la práctica solo se conoce la fase anamórfica, comprende muchas especies de importancia económica, pues producen grandes problemas fitopatológicos. La sistemática solo se basa en los caracteres de la reproducción asexual.

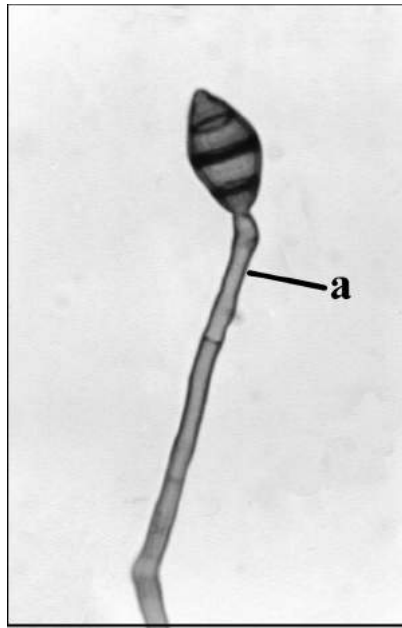


Figura 6.16: *Curvularia* sp. a: Conidióforo. Imagen cortesía: Laboratorio de Microbiología. Área de fitopatología. Departamento de Biología. Universidad Nacional de Colombia.

La mayoría de los **Deuteromycetes** se derivan de los **Ascomycetes** y se reproducen por conidios. Las principales características de los conidios son:

**Color:** (hialoconidios, incoloros; feoconidios, pardo o negruzcos), la forma, dimensiones y ornamentación y la presencia de septos transversales, o también longitudinales. Se originan en células conidiógenas, sostenidas por conidióforos. Los conidióforos pueden formarse dispersos sobre el micelio, o agrupados por soldadura lateral formando **sinema**, si tienen forma de columna, o **esporodogios**, si tienen aspecto de almohadilla o plato.

En los casos más complejos, los conidios se forman en fructificaciones cerradas, llamadas **Conidiomas**, que pueden tener aspecto de botellita, en general inmerso en el sustrato, y observable desde el exterior como un puntico negro,

en el centro del cual se abre el ostíolo; se trata de los **picnidios**. Cuando los conidióforos se forman bajo la epidermis de una planta parasitada y la rompen mas tarde, para liberar las esporas, hablamos de **Acérvulo**.

La sistemática de los **Deuteromycetes**, se basa en el estudio de los **conidios** y de los **conidióforos**. Se distinguen 5 órdenes:

Esferopsidales

Melanconiales

Moniliales

Blastomycetales

Agonomycetales

*Orden Esferopsidales*: Comprende un gran número de especies, saprotróficas y parásitas, que se caracterizan por la formación de picnidios, las mas importantes son las de interés en fitopatología, pero son muchas las que contribuyen al reciclado de los restos vegetales. Ej. en el género **Septoria**, encontramos la especie **Septoria appii**, que ataca el apio, el fresal y otros.

*Orden Melanconiales*: Se caracterizan por formar **Acérvulos**, que se abren rompiendo los tejidos de las plantas parasitadas, sobre las que causan enfermedades llamadas antracnosis Ej. **Colletotrichum**.

*Orden Moniliales*: Comprende mas de de 900 especies. Los géneros mas conocidos tienen conidiogénesis blástica. Entre los que la tienen holoblástica se destacan **Botrytis** y **Cercóspora**, parásitos de plantas.

También encontramos en este Orden los géneros con conidiogénesis enteroblástica, en general portadores de fiálides, que originan conidios secos, a menudo formando cadenitas Ej. **Aspergillus** y **Penicillium**. Los **Aspergillus** tienen las células conidiógenas agrupadas sobre una vesícula y los **Penicillium** la forman sobre un conidióforo ramificado con aspecto de pincelito (Figuras 6.17 y 6.18). Con el micelio y los conidios pardos podemos citar los géneros **Cladosporium** y **Alternaria** (Figura 6.19). Entre los **Moniliales** con **esporodoquio** podemos citar el género **Fusarium** (Figura 6.20).

*Orden Blastomycetales*: Reúnen las levaduras llamadas asporógenas, que han perdido la capacidad de formar ascos, o no los han tenido nunca, como en el caso de **Rhodospordium**. Otros géneros son de afinidad incierta, como **Candida**, presente en mucosa.

**Orden Agonomycetales**: Se conocen como **Mycelia Sterilia** (Micelios estériles), por haber perdido toda la capacidad de formar células reproductoras, aunque conservando un aparato vegetativo micelial. Son importantes en fitopatología . Forman esclerocios Ej. **Sclerotinia**, **Rhizoctonia** y **Sclerotium**.

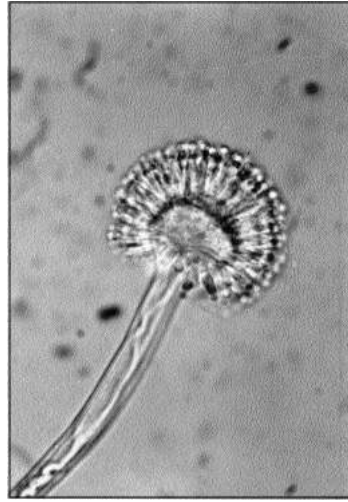


Figura 6.17: *Aspergillus* sp. Foto cortesía: Garcés de Granada & Coba de Gutiérrez, Laboratorio de Microbiología del Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia.

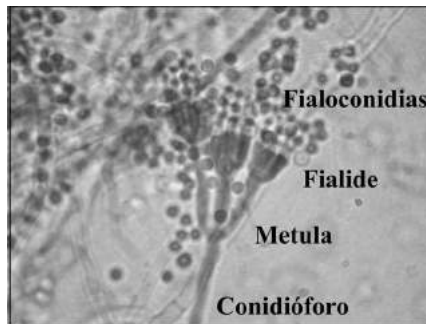


Figura 6.18: *Penicillium* sp. Foto cortesía: Garcés de Granada, Laboratorio de Microbiología del Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia.

### PRÁCTICA No. 3

#### MORFOLOGÍA DE HONGOS DE LA CLASE ASCOMYCETES SUBDIVISIÓN ASCOMYCOTINA

##### INTRODUCCIÓN

La producción asexual de los Ascomycotina, se realiza por medio de las conidias que se forman de diferentes maneras, pero nunca en esporangios.

La reproducción sexual se realiza por fusión de hifas vegetativas o por la fu-

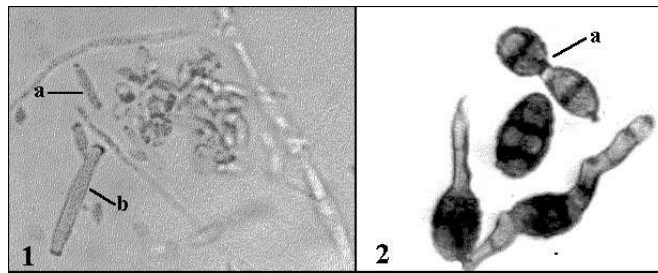


Figura 6.19: 1. *Cladosporium* sp a: conidiospora, b: hifa conidiogénica 2. *Alternaria* sp. Foto cortesía: Garcés de Granada, Laboratorio de microbiología del Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia.



Figura 6.20: Orden Moniliales. *Fusarium* sp. a: Macroconidias. Foto cortesía: Garcés de Granada, Laboratorio de Microbiología del Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia.

sión de un *espermacio* con una hifa receptora (tricogino) de un órgano sexual femenino el Ascogonio. Por medio de la reproducción sexual se desarrollan una o más ascas.

El asco es el carácter principal que distingue a los Ascomycetos de los demás hongos. Se trata de una estructura en forma de saco que contiene una cantidad por lo general determinada de Ascosporas que se producen como resultado de una cariogamia en el asco seguida por meiosis dando como resultado 4 ascosporas, las cuales sufren luego mitosis adicionales, formándose 8 o más ascosporas dentro de cada asca; éste número varía según la especie.

Las ascas a menudo tienen un dispositivo apical especial para asegurar la dispersión de las esporas (un poro, una hendidura o una tapa).

La mayoría de los Ascomycetes forman un cuerpo fructífero llamado *Ascocarpio*

que contiene las ascas y ascosporas. También las ascas pueden desarrollarse sin que exista un Ascocarpo que las contenga, o sea libres; por ejemplo, en levaduras y en las especies del orden Taphrinales. De acuerdo a la forma el Ascocarpo recibe los siguientes nombres:

- **Cleistotecio**, si es cerrado o no tiene ostíolo.
- **Peritecio**, si está en forma de botella.
- **Apotecio**, con aspecto de copa o disco o bien incluido en una masa estromática.

### OBJETIVOS

- Observar y estudiar estructuras de reproducción asexual en Ascomycetes.
- Observar y estudiar estructuras de reproducción sexual en Ascomycetes.

### PLAN DE TRABAJO

Hongos en la clase Ascomycetes.

Observación y estudio de:

1. *Saccharomyces cerevisiae* (Levadura) reproducción asexual por gemación (producción de gemas o yemas).
2. Reproducción sexual: ascas y ascosporas.
3. Corte de hoja de durazno para observación de ascas libres (fase sexual) y formación de conidios por gemación (fase asexual).
4. Observación de láminas de la maleza ( rabo de zorro, una gramínea) para observar peritecios.
5. Observación de láminas de *Peziza* sp. para estudiar apotecios.
6. Si hay disponibilidad observar Cleistotecios.

### 6.3.6. División BASIDIOMYCOTA

Posee esporas sexuales llamadas **Basidiosporas**, son producidas en un número de una a cuatro dentro de una estructura llamada **basidio**. Las basidiosporas se desarrollan por fuera del basidio, mientras que las ascosporas se desarrollan dentro del asca. Las hifas del micelio forman basidiocarpos; los núcleos de los ápices de las hifas que experimentan fusión (fecundación), con lo que forman núcleos diploides. Estos son los únicos núcleos diploides que se forman durante el ciclo de los basidiomicetos. Luego ocurre la meiosis, con lo que aparecen cuatro núcleos haploides, los cuales se desplazan hacia el margen externo del basidio y unidades agrupadas en columnas, las cuales permanecen en el tejido del hospedero o brotan a través de la epidermis. La fertilización ocurre por la

unión de esporas o hifas compatibles. Únicamente se producen teliosporas o basidiosporas.

**Géneros:** *Ustilago*, *Tilletia*, *Urocystis*, *Sporisorium*, *Sphacelotheca*. Aunque las basidiosporas se pueden formar directamente sobre la superficie del basidio, son usualmente producidas sobre proyecciones alongadas **sterigmata**, los cuales se originan como proyecciones del ápice del basidio, cada sterigma forma a su vez, una basidiospora en su ápice.

La función de los basidios es producir esporas sexuales; ocurren dos eventos importantes en el basidio: cariogamia y meiosis, hay variaciones en la estructura del basidio y en el sitio en el cual ocurren la cariogamia y la meiosis. Se puede decir que la célula en la cual ocurre la cariogamia es el **probasidio** y en la célula en la cual ocurre la meiosis se denomina el **metabasidio**. Hay dos tipos fundamentales:

1. Cuando los dos eventos ocurren en el mismo sitio y su separación se da con el tiempo y
2. Cuando la cariogamia y la meiosis se dan por separado en el tiempo y en el espacio. Al basidio maduro también se le puede distinguir como **Holobasidio**, cuando consiste de una sola célula o **Fragmobasidio**, cuando está dividido en células separadas por un septo transversal o longitudinal, que se forma después de la meiosis.

En la reproducción asexual comúnmente ocurre en los basidiomicetes, aunque es menos frecuente. Las estructuras involucradas en este proceso están inmersas en una yema, (similar a lo que ocurre en las levaduras), conidias, clamidosporas y oidias. Tales estructuras pueden ser producidas directamente del basidio, de las basidiosporas, del micelio o en medio de los basidios y el himenio; en pocos casos se presentan como esporocarpos separados.

### Clasificación

Está dividida en tres clases (Moore-Landecker, 1996), Urediniomycetes, Ustomycetes y Basidiomycetes.

#### *División Basidiomycota*

Clase Urediniomycetes

Orden Uredinales

Clase Ustomycetes

Orden Ustilaginales

Clase Basidiomycetes

Orden Tremellales

Orden Auriculariales

Orden Septobasidiales

Orden Brachybasidiales

Orden Dacrymycetales

Orden Tulasnellales

Orden Exobasidiales



Orden Aphyllophorales  
 Orden Agaricales  
 Orden Hymenogastrales  
 Orden Melanogastrales  
 Orden Gautieriales  
 Orden Phallales  
 Orden Lycoperdales  
 Orden Tulostomatales  
 Orden Sclerodermatales  
 Orden Nidulariales

*Clase Urediniomycetes:*

Están representados por un solo Orden, los Uredinales, cuyas características son: carecen de basidioma, los probasidios poseen esporas resistentes con paredes delgadas, llamadas **teliosporas** y son formadas en **soros**.

*Tipos de esporas:* Aunque son morfológicamente sencillos, muchos de estos hongos tienen ciclos de vida complejos y poseen un alto nivel de especificidad por un hospedero. Se han identificado hasta cinco estados separados de esporas, que se pueden formar durante el ciclo de vida:

*Estado 0: Picnidio-picniosporas*, los picnidios son monocarióticos, de estructura haploide, hermafroditicos, varían en forma y se encuentran debajo o dentro de la epidermis, debajo de la cutícula o dentro del córtex de la planta hospedera (Figura 6.21).

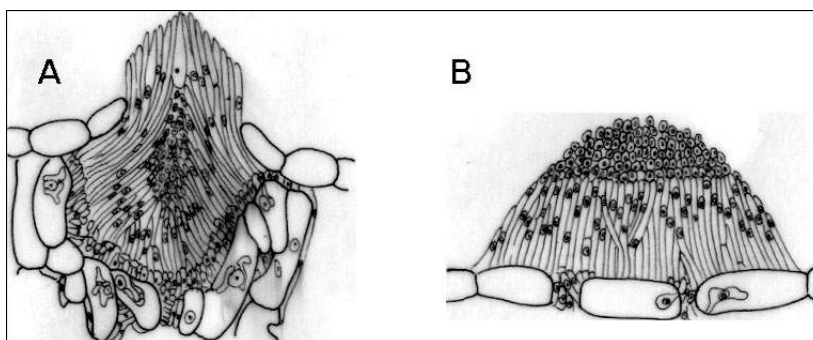


Figura 6.21: A: Picnidio y B. Picniosporas de los Uredinales. Imagen tomada de *Fundamentals of the Fungi*, Moore-Landecker, 1996.

*Estado I: Aecio-aeciosporas*, los aecios están asociados con un Picnidio que funciona en plasmogamia para establecer el estado dicariótico y son los que usualmente producen las primeras esporas dicarióticas, las aeciosporas, las cuales establecen un micelio dicariótico. La cúpula del aecio está rodeada por un peridium el cual encierra el aecio durante los estados tempranos y lo separa de los tejidos del hospedero, el peridium luego se rompe y salen las aeciosporas que son amarillas o naranjas (Figura 6.22).

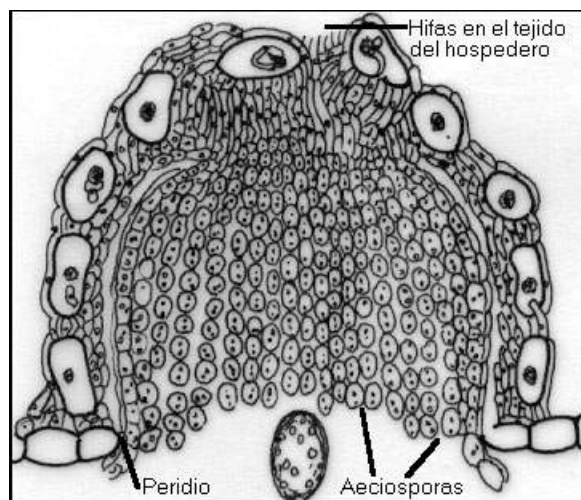


Figura 6.22: Aecio de *Puccinia graminis*. Imagen tomada de Fundamentals of the Fungi, Moore-Landecker, 1996.

*Estado II: Uredinio-urediniosporas*, las urediniosporas son también binucleadas, pero diferentes de las aeciosporas, forman un micelio dicariótico y son responsables de la reproducción asexual. El uredinio es un soro que sale a través de la epidermis del hospedero a manera de un tallo corto que contiene urediniosporas compuestas por una sola célula, muchas tienen protuberancias espinosas (Figura 6.23).

*Estado III: Telio-teliosporas*, El telio es un soro que produce teliosporas, las que funcionan como un probasidio y están en el sitio de la cariogamia, ellos producen un metabasidio dentro del cual ocurre la meiosis; una teliospora puede dar lugar a una basidiospora. Las teliosporas son oscuras, de pared delgada con dos o más células, pueden ser sésiles o nacer en cortos tallos. Usualmente son producidas en un soro embebido en el mesófilo del hospedero o en una región epidermal, o en filamentos gelatinosos o en estructuras similares a cuernos (Figura 6.24).

*Estado IV: Basidiosporas*, Son haploides y producidas en metabasidios, con capacidad para reinfectar un hospedero, lo cual generalmente resulta en la producción de picnidios y el ciclo de vida se inicia de nuevo.

Cuando en el ciclo de vida se pasa por estos cinco estados, se habla de un ciclo largo, pero también existen ciclos cortos en los cuales sólo tienen lugar algunos de estos estados. Algunos de estos hongos requieren de uno o dos hospederos para completar su ciclo de vida. Un **Autoecio**, completa su ciclo de vida en un solo hospedero y un **Heteroecio** requiere dos hospederos, la fase haploide (estados 0 y 1), ocurre en un hospedero alternativo y la fase diploide (estados II, III y IV) en un hospedero primario, como por ejemplo el ciclo que cumple *Puccinia graminis*.

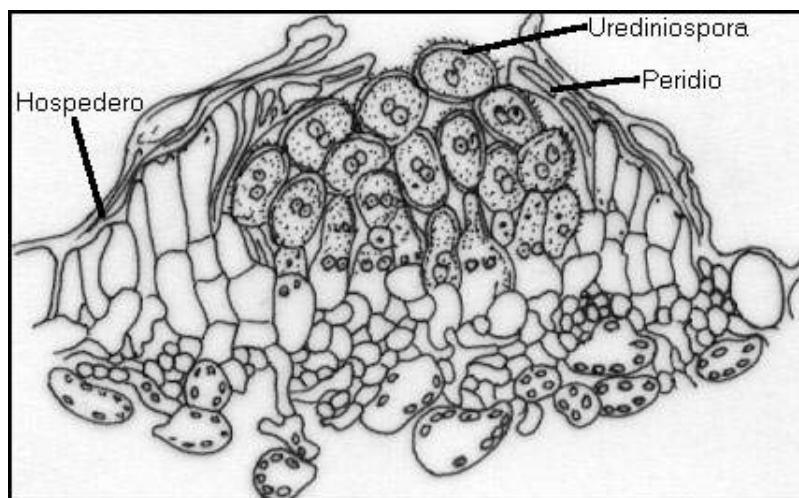


Figura 6.23: A. porción de un uredinio y urediniosporas de *Puccinia graminis*. B. Uredinio de *Cronartium ribicola*.

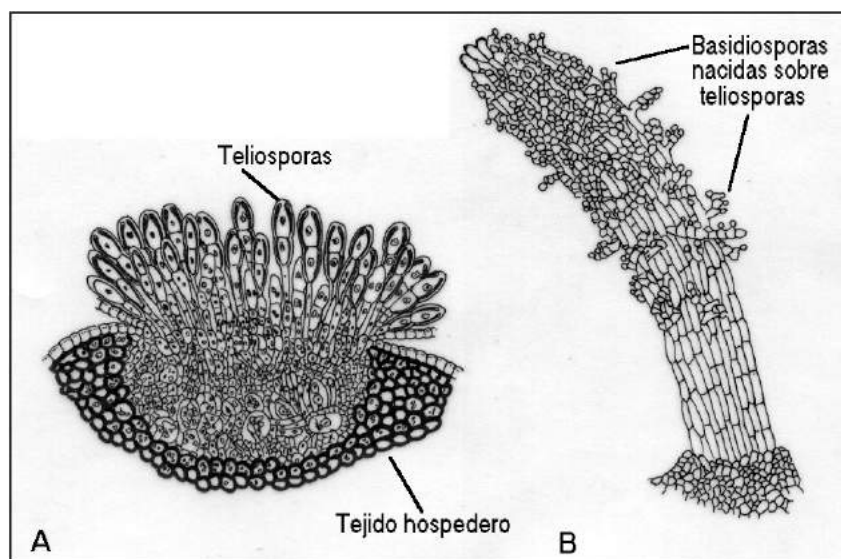


Figura 6.24: A. Telio y Teliosporas de *Puccinia graminis*. B. Cuernos teliales de *Cronartium ribicola*.

*Orden Uredinales:*

Posee basidios con paredes transversales, se diferencian unas células espermati-

cas llamadas *espermátides*, fertilizado en una hifa especial llamada *espermogonio*. Produce varios tipos especiales de esporas: Teliosporas, basidiosporas, aeciosporas y uredosporas. Son parásitos obligados. Géneros, *Cronartium*, *Gymnosporangium*, *Hemileia*, *Melampsora*, *Phakpsora*, *Phragmidium*, *Puccinia*, *Uromyces*.

*Clase Ustomycetes:*

Esta clase está representada por un único orden, los Ustilaginales.; este orden produce estados unicelulares similares a las levaduras y que pueden existir en la naturaleza como saprótrofos. Unos pocos géneros son no parasíticos y completan su ciclo de vida en ausencia de un hospedero. La mayoría de los Ustilaginales son parásitos de plantas y aparentemente requieren de una planta para completar su ciclo de vida. Son llamados hongos de tizne. Son aproximadamente 850 especies, poseen soros con teliosporas de color café oscuro o negros.

Comúnmente atacan las estructuras reproductivas de las plantas, aunque también invaden tallos, hojas y ocasionalmente raíces; algunos de estos hongos producen sus soros sobre tejidos vegetativos.

El ciclo de vida, se inicia con la infección por parte del micelio que es haploide en sus estados iniciales y de condición dicarionte por fusión micelial, una vez se ha establecido, desarrollando septos intercelulares, posee conexiones y forma haustorios. Las teliosporas en determinadas condiciones, permanecen unidas conformando bolas de esporas; como la teliospora es binucleada cerca de la madurez, la cariogamia ocurre y la teliospora diploide se convierte en un metabasidio que puede ser septado o no, dependiendo de la especie. Luego ocurre la meiosis y el metabasidio da lugar a basidiosporas haploides, uninucleadas y sésiles. Si el metabasidio es septado, de cada célula se forman basidiosporas, si es no septado se forman del ápice del metabasidio. Las esporas pueden producir mas esporas formando una colonia de esporas similar a un cultivo de levaduras. Dependiendo de la especie, la plasmogamia puede ocurrir entre: 1. Metabasidios, que pueden dar lugar o no a la producción de basidiosporas, 2. Basidiosporas o esporas, 3. Micelio haploide, durante los estados iniciales o 4. Alguna combinación de esas tres estructuras. La hifa dicariótica producida después de la plasmogamia es la estructura con la capacidad de penetrar en la planta.

*Clase Basidiomycetes:*

Esta clase contiene algunos de los mas conspicuos y comunes hongos conocidos. La mayoría de son hongos son saprótrofos de madera o de material vegetal en el suelo y el micelio juega un rol importante en el rompimiento de restos de plantas y en la producción de humus. Muchas especies son patrones en las relaciones micorrizales donde ellos son simbioses con las raíces de las plantas. Muchos son serios parásitos de plantas y uno de sus miembros *Schizophyllum commune* puede causar la muerte en humanos.

La clase Basidiomycetes se caracteriza por la formación de un **Basidioma**, el cual es generalmente macroscópico y puede tener varios centímetros de diámetro o de ancho. En muchos una de sus principales características es la presencia del

himenio, que es una superficie expuesta en la madurez, pero algunos basidiomicetes carecen de él.

#### **Estructura del basidioma:**

De especie a especie existen una gran cantidad de variaciones tanto en su disposición como en la morfología celular.

Generalmente se distinguen tres zonas en el basidioma: el himenio, el subhimenio y los tejidos estériles. El himenio es una capa de basidios y basidiosporas y unos elementos estériles que pueden estar cubriendo la superficie expuesta del basidioma. El tejido diferenciado del cual surge el himenio se llama el **subhimenio** y el tejido estéril que es adyacente al subhimenio recibe el nombre de **trama**. Existen porciones del basidioma que no están cubiertas por el himenio, son cubiertas por una capa similar a una delgada piel, que recibe el nombre de cutícula, la cual puede o no estar diferenciada del tejido de la trama. La estructura del tejido, varía de acuerdo con el estado de desarrollo, cuando las hifas no están especializadas, ni pigmentadas y poseen pared delgada se llaman **hifas generativas**, las que crecen dando lugar a la división celular y al alargamiento y extensión de las puntas. Cuando las hifas generativas dan lugar a otro tipo de hifas, pueden dar origen a modificaciones estructurales, se pigmentan o sirven de depósito de productos metabólicos (grasa, glicógeno, resinas, taninos u otros materiales).

El himenio está compuesto por diferentes tipos de hifas, las más importantes son los **basidios** y **basidiolos**. Los basidiolos pueden ser un basidio que no produce esterigma o puede ser una célula morfológicamente idéntica a un basidio inmaduro que nunca producirá basidiosporas.; algunos basidiolos forman un pavimento de células que soportan los basidios que si producen basidiosporas. Otras hifas llamadas **cistidios**, pueden estar presentes en el himenio, en la trama o en superficies estériles del basidioma. Muchos cistidios tienen distintos contenidos como aceites, amorfos y refractivos que tiñen profundamente con tintas específicas. La función de esta estructura aparentemente varía, en algunas especies juega un papel mecánico, los que son ramificados sirven para captar aire y humedad en cavidades alrededor del basidio desarrollado o para almacenar sustancias de deshecho.

Algunas especies producen esclerosios, que son estructuras de resistencia que puede dar lugar a micelio o a basidiomas dependiendo de la especie. También se ha observado la producción de rizomorfos, que son filamentos alongados y endurecidos, paralelos a las hifas, se pueden dividir en tejidos concéntricos y alongarse por el ápice, semejan raíces y solo se encuentran entre la madera; transportan nutrientes a relativamente grandes distancias (muchos metros) y algunas veces también almacena nutrientes.

#### *Los hongos gelatinosos:*

Este es un grupo informal de seis órdenes que generalmente tiene dos características: 1) Todos tienen fragmobasidio o un Holobasidio con una única morfología, y 2) muchos tienen un gelatinoso, similar a un basidioma gelatinoso, el cual no es gelatinoso en sus etapas iniciales; sobreviven en épocas secas, esperan-

do absorber agua y recobrar su textura gelatinosa; la formación y descarga de esporas puede ocurrir inmediatamente después de absorber agua. Los basidiomas pueden ser resupinados, aplanados sobre el sustrato con el himenio hacia el lado externo, otros tienen una pústula o forma de cojín., pueden ser ramificados o no, en forma de embudo o de copa sobre un tallo.

Las basidiosporas frecuentemente germinan por *repetición*, un proceso en el cual el esterigma y una nueva forma de basidiospora de la basidiospora original. Algunas veces las basidiosporas germinan y producen conidias u oidias (esporas asexuales) en un esporocarpio separado.

*Orden Tremellales:*

Usualmente están divididos en metabasidios, los septos están longitudinalmente orientados dividiendo el metabasidio en cuatro células. En la sección transversa del metabasidio el septo aparece perpendicular a otro; uno de los septos se forma inmediatamente después de la meiosis y el otro se forma poco después. Como la mayoría de esos hongos son gelatinosos, el metabasidio está embebido dentro de una capa de gel y produce un esterigmata alargado que atraviesa esta capa y las basidiosporas se producen en la superficie. Los miembros de esta especie pueden ser blancos, amarillos, cafés y hasta negros, muchos son saprótrofos de madera y del suelo.

*Orden Auriculariales:*

Estos hongos forman un alargado metabasidio que está dividido por un septo transversal, usualmente en cuatro células. La pared probasidial puede o no ser distinta; típicamente, cada célula del metabasidio produce un esterigma alargado que porta una basidiospora. Algunos son saprótrofos de madera; ejemplo *Auricularia aurícula*. Muchas especies son parasíticas de otros hongos, musgos, helechos y otras plantas vasculares.

*Orden Septobasidiales:*

El fragmobasidio de este orden es similar al de los Auriculariales. Hay una pared probasidial persistente y un alargado metabasidio dividido en más de cuatro células, las basidiosporas no son usualmente repetitivas, son parásitos de insectos con los cuales establecen una relación favorable para algunos insectos en la colonia; el basidioma es aplanado a manera de costra y con textura de piel. Se conoce sólo un género que lo representa *Septobasidium*.

*Orden Dacrymycetales:*

En este orden el Holobasidio es una forma profundamente dividida pero sin septos, mientras que el metabasidio está dividido en dos alargadas extensiones, cada una de las cuales produce un esterigma y una basidiospora, la cual es usualmente septada, septo que aparece después de que las basidiosporas han sido expulsadas y se forman uno o siete septos. Los basidiomas son generalmente gelatinosos pero también pueden ser cerosos o secos, pueden ser coloreados y dar matices amarillos o anaranjados así como cafés oscuros, son saprótrofos de maderas, a veces producen oidios en esporocarpos separados.

*Orden Tulasnellales:*

En este grupo el basidio tiene un esterigma en forma de balón, que puede ser o no decíduo o elongado. El basidioma es una capa plana varía en el tipo de película que forma; la consistencia del basidioma varía entre formas gelatinosas y secas, los colores son suaves grises, rosados, violetas o lilas. Son saprótrofos de madera, de hongos viejos o pueden ser parásitos de plantas especialmente de las partes cercanas al suelo. El estado anamorfo de algunas especies puede formar micorrizas con orquídeas y algunos son trampas para nemátodos.

*Orden Aphyllophorales:*

Es un amplio orden que contiene mas de 2000 especies conocidas. Muchos son hongos repisa y corales; la mayoría son saprótrofos de vegetales en descomposición, son capaces de digerir celulosa o lignina, elementos presentes en la pared celular de las plantas. Algunos de estos hongos han estado involucrados en la historia de la humanidad con usos medicinales en Grecia y Roma curando enfermedades, como cólicos, fracturas, magulladuras, para cauterizar heridas quirúrgicas y muchos son comestibles. En este grupo hay una gran cantidad de variables morfológicas, pero dentro de las características comunes a todos tenemos: tienen un Holobasidio en un himenio expuesto que surge de un seco o comparativamente seco basidioma. La textura del basidioma puede ser similar a un corcho, madera, papel o cartílago; al contrario que en los Agaricales, los basidiomas de las Aphyllophorales no son usualmente carnosos, ni húmedos. Algunos de los basidiomas forman una capucha, el **pileo**, el cual contiene el himenio en la superficie inferior, puede ser bilateralmente simétrico y puede estar unido directamente al sustrato, algunos con un tallo, el **estípite**, o sin el estípite, siendo sésiles. La trama está generalmente compuesta por hifas alargadas, las hifas generativas, algunas veces poseen segmentos o células infladas, predominando las formas blandas, las hifas duras forman el esqueleto. Se dice *monolítico*, cuando se refiere a que las hifas generativas están compuestas por un solo tipo de hifas, pero cuando también están presentes las que forman el esqueleto, se habla de *dimítico*, y de *trimítico*, para un tejido que contiene tres tipos de células.

La forma del himenio está determinada por la trama que se encuentra inmediatamente debajo de él, y a esto se la llama **himenóforo**, que puede ser liso o con forma de verruga o de espinas; puede tener en su interior tubos alineados o de agallas. Se distinguen dos tipos de himenios: **Catahimenio** y **euhipenio**. El catahimenio consta de una capa de hifas estériles, de la cual carece el euhipenio el cual se engrosa paulatinamente con el paso de los años, formando una capa nueva sobre la vieja, que progresivamente se va degradando. A continuación se consideran algunos géneros representativos:

**Corticium:** Es probablemente el basidioma mas simple, son basidiomas delgados, aplanados, resupinados, completamente aprisionados contra la madera o el sitio en donde estén creciendo, cuando son jóvenes son membranosos y forman una costra, al envejecer quedan muy unidos al sustrato que parecen la pintura de un cuadro viejo.

**Clavaria:** La mayoría de los basidiomicetes tienen un himenio suave y liso. Este grupo de hongos es especialmente notable por producir repetidas ramifi-

caciones en su basidioma, dicótomas o radiales, semejando una cornamenta o coral, de ahí que reciban su nombre común como “hongos Coral”, pueden ser de color amarillo, rojo, púrpura o violeta y algunos blancos, crema, gris y oscura; algunos especímenes pesan algunas libras. Los basidiomas de estos hongos se pueden encontrar directamente sobre la tierra o sobre el humus, el himenio es suave y cubre prácticamente todo el basidioma. Los basidios de miembros de algunos géneros, producen solamente dos basidiosporas; la trama tiene hifas generativas que pueden inflarse pero carecen de hifas de ligamiento y el himenio generalmente presenta cistidios.

***Cantharellus***: Estos hongos forman basidiomas carnosos con forma de trompeta o embudo, son de varios colores y se observan sobre el suelo sobretodo en otoño; el himenio nace bajo la superficie del pileo, pero no sobre el estípite. El himenio está plegado en la superficie dando un patrón reticulado, esto se origina cuando se forman los basidios entre los pliegues, causando que el himenio se pandee y alargue bajo las hifas de la trama. Este alargamiento puede continuar hasta que queda la hifa suelta. La trama consta de hifas generativas únicamente y por lo general carece de cistidios.

***Hydnum***: En los miembros de este género el himenio está cubierto de espinas o dientes; hay gran variedad en la forma del basidioma, o tienen pileo que tiene el himenio en la superficie inferior que puede estar lateralmente unido o nacer sobre un estípite. Los hongos puercoespín, forman un basidioma que consta principalmente de una masa carnosa de dientes que penden de una masa de hifas del hongo, la mayoría son saprótrofos de madera y otros están sobre la tierra de los bosques.

***Polyborus***: Son predominantemente saprótrofos de madera en descomposición, pocos de vegetales vivos produciendo pudrición en la zona afectada y otros crece sobre el suelo. Muchos forman tubos alineados con el himenio, que al ser observado simula la aparición de muchos poros. Aunque los poros son generalmente circulares, también se encuentran elongados, laberínticos, hexagonales o elongados a manera de agallas; los basidiomas pueden ser carnosos, cuando son jóvenes, pero son secos y similares a madera, corcho o cuero cuando están maduros. Los basidiomas son largos, a veces alcanzan los 25cm o más en diámetro; algunos son resupinados y tienen tubos himeniales cubriendo la superficie. Otros forman un pileo unido por una amplia superficie al sustrato semejando una estantería. Estos hongos son generalmente llamados hongos de freno (estante). Otros basidiomas pueden tener un tallo que se extiende de un lado o del centro del pileo. La mayoría de los hongos son anuales y el micelio produce un nuevo basidioma cada año, aunque existen algunos perennes en los cuales unos nuevos tubos son formados cada año y la nueva capa se forma sobre la que se formó la estación anterior y sólo la última capa formada está en capacidad de producir basidiosporas. Los basidiomas son usualmente crema, gris, café o negros.

#### *Orden Agaricales*

Estos hongos incluyen la familia de los hongos seta, conocidos por ser comestibles o con efectos venenosos o con características alucinógenas. En la naturaleza son generalmente saprótrofos de restos de vegetales, de madera o sobre estiércol,



otros son parásitos de plantas y otros están asociados a micorrizas. Se encuentran en diversos hábitats y son muy importantes en los procesos de descomposición y ciclado de nutrientes en la naturaleza. Se conocen más de 5000 especies en este orden. La característica que unifica este grupo es su formación de un basidioma carnoso, húmedo que produce un himenio expuesto en la madurez. El himenio puede nacer en forma de tubos o en la superficie inferior del pileo. La gran mayoría de los Agaricales producen un himenio de agallas en la superficie inferior del pileo. Las agallas los clasifican en 13 familias: Boletaceae, Hygrophoraceae, Tricholomataceae, Amanitaceae, Lepiotaceae, Agaricaceae, Strophariaceae, Coprinaceae, Russulaceae, entre otras.

El pileo de los Agaricales puede o no estar soportado en un estípite (Figura 6.25); el basidioma posee las siguientes capas: el himenio, el subhimenio, la trama del himenóforo, la trama del pileo, la trama del estípite y la cutícula (que puede simular agallas, ser pegajosa o polvorosa). La trama del pileo y del estípite posee hifas generativas o de hifas de paredes delgadas. Adicionalmente se pueden encontrar otras estructuras en el basidioma maduro como un anillo alrededor del estípite, un velo sobre el margen del pileo y una capa membranosa en forma de copa rodeando la base del estípite, llamada la volva y escamas que pueden adherirse al pileo o al estípite.

Se pueden distinguir tres patrones de desarrollo:

*Desarrollo gimnocárpico*: El basidioma siempre comienza como un primordio de hifas generativas, formado sobre el micelio. El primordio se reconoce como un botón redondo, el cual luego se alarga y forma el basidioma, cuya porción apical se expande y forma el pileo, el himenio se forma de la parte inferior del pileo y no está cubierto por un velo; el basidioma maduro carece de estructuras accesorias.

*Desarrollo pseudoangiocárpico*: El desarrollo del primordio es similar a un desarrollo gimnocárpico, pero el alargamiento del pileo es más curvo y el borde de los pileos jóvenes se une al estípite por una trama floja de hifas fundamentales, llamado el velo parcial. Una pequeña cavidad es encerrada y los tubos o agallas se forman dentro de la cavidad; cuando el pileo se expande el velo parcial se ubica al lado izquierdo del anillo alrededor del estípite o puede permanecer como un velo marginal, una escalera o cortina.

*Desarrollo hemiangiocárpico*: El himenio se forma de manera endógena dentro de cavidades de agallas en el tejido del basidioma joven y el himenio no se expone hasta cuando está llegando a su época de madurez. La capa externa del primordio se diferencia en una capa de tejido que lo rodea, el velo universal. El velo parcial consiste en un tejido unido al margen del pileo y del estípite. Cuando el basidioma se alarga el velo universal se rompe; si el velo no está bien desarrollado permanece en el sustrato, si está bien desarrollado forma la volva en la base del estípite. El desarrollo hemiangiocárpico lo observamos en el género *Amanita* el cual es venenoso para humanos y en la madurez tiene volva, anillo y escamas.

Existen considerables diferencias en la aparición de estructuras accesorias como la volva, las escamas o el anillo, las cuales son características importantes que

permiten la diferenciación entre especies en el campo y las relaciones con el medio en el cual se están desarrollando.

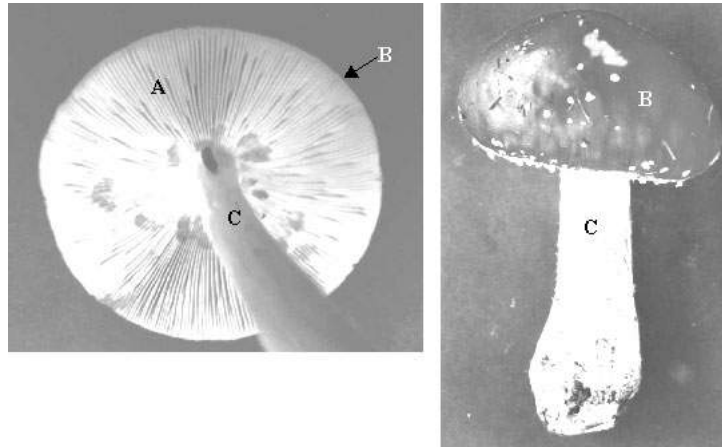


Figura 6.25: Estructuras del Basidiomycete, género *Amanita*. A: Láminas o agallas. B: Píleo. C: Estípite. Imagen cortesía: Laboratorio de Microbiología, Área de Fitopatología, Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia.

*Basidiomicetes gasteroides:*

Muchos basidiomicetes forman basidiomas que producen sus esporas internamente; y son descritos como hongos de forma gasteroide. Generalmente se encuentran sobre la superficie de la tierra, pero también posee miembros que crecen sobre leños, estiércol o debajo de la superficie terrestre.

El basidioma está rodeado por un peridio, que es una cubierta que puede constar de una o más capas, puede ser grueso o delgado, con textura de papel, escamoso o membranoso. El peridio rodea la zona fértil del basidioma, un tejido llamado la **Gleba**. La gleba posee un tejido estéril, la trama, que se combina con el basidio y las basidiosporas. El basidio puede estar alargado dentro de la gleba o dividido en cámaras; muchos de los basidios son globosos y sólo producen basidiosporas sésiles. Si hay esterigma presente, este se rompe y permanece unido a su basidiospora. En adición a la gleba y al peridio, el basidioma puede tener una estructura llamada **columnela** a manera de estípite. La columnela es una columna central de tejido estéril que se encuentra dentro de la gleba.

Existen varios tipos de desarrollo, como el **lagunar** en el cual la gleba es inicialmente una masa carnosa de hifas y durante el desarrollo el tejido se separa formando varias cavidades (lagunas) que posteriormente se llenarán de basidios. En otros tipos de desarrollo cuya trama es laminar o ramificada originada de la columnela y crece hacia arriba o hacia abajo; en general el curso del desarrollo controla la forma final de la gleba.

Estos hongos se pueden reproducir asexualmente al producir conidias. Los con-

dióforos y las conidias pueden originarse del himenio con el basidio o en esporocarpos separados que son superficiales y se parecen al basidioma pero producen conidias tan grandes como las basidiosporas. Entre las diferencias más importantes están la presencia o ausencia de himenio, en la textura de la gleba y en la naturaleza del estípito, en las cuales se basan la clasificación para órdenes utilizada por Dring, 1973.

*Orden Hymenogastrales:*

Este es un orden heterogéneo, el peridio está conectado a láminas de la trama las cuales se dividen al interior del basidioma en cámaras, las cuales son alargadas o irregulares, pero que también pueden ser en forma de cajas; estas cámaras están inicialmente vacías, pero a medida que se va desarrollando se llenan de basidiosporas, de dos a ocho en cada basidio. La gleba es cartilaginosa o carnosa y usualmente mantiene su estructura hasta la madurez; en algunos géneros la gleba es polvorosa en la madurez.

Estos hongos están ampliamente distribuidos en la naturaleza y se pueden encontrar debajo y sobre la tierra. Poseen un estípito y un pilio; el tejido de la superficie del píleo se extiende hasta la trama la cual semeja las agallas de los Agaricales o los tubos de los Boletus; sin embargo se diferencia de los Agaricales en cuanto a su apertura durante su desarrollo y en la subsecuente maduración interna de sus basidiosporas. El estípito se extiende como una columnela a través de la porción fértil del basidioma. El basidioma puede ser globoso, en forma de pera o lobulado, tiene pocos milímetros de diámetro; se gleba es carnosa que se desintegra con el basidioma en la madurez desplegando un fuerte olor como método de dispersión al atraer insectos y roedores los cuales se alimentan de éste. Un importante género de falsas trufas es ***Hymenogaster***.

*Ordenes Melanogastrales y Gautieriales:*

Son usualmente hipógeos su basidioma es similar las falsas trufas; las cámaras dentro del himenio no están alineadas como en los Hymenogastrales, el basidio y las basidiosporas se forman más o menos aleatoriamente dentro de las cámaras con pérdida de hifas convirtiendo el basidioma en una estructura sólida. En la madurez, las hifas y el basidio sufren autólisis durante la cual las agallas de las cavidades adquieren una textura gelatinosa en la cual están distribuidas las basidiosporas.

El basidioma del *Orden Gautieriales* es único puesto que carece de peridio en la madurez; la gleba cartilaginosa termina en un número de láminas similares a un píleo componiendo un tejido que retea el basidioma.

*Orden Pállales:*

Contiene aproximadamente 65 especies ampliamente distribuidas en las regiones tropicales del mundo, son comunes en maderas de zonas templadas a finales del verano y comienzo del otoño. En los estados iniciales de desarrollo tienen basidiomas en formas globosas y ovoides semejan huevos que miden entre 0.5 y 5 cm de diámetro. El basidioma joven está cubierto por un peridio, debajo del cual se encuentra una capa gelatinosa bien definida. La gleba, la cual algunas veces es carnosa puede estar unida al peridio solo por la base o puede estar unida

por láminas que se extiende a través de la capa gelatinosa. Cuando madura la gleba sufre autólisis y se descompone quedando embebidas las basidiosporas que luego serán dispersadas por insectos o aves. Ej: *Phallologaster* sp.

*Ordenes Lycoperdales y Tulostomatales:*

Estos hongos forman basidiomas cuyo contenido es seco en la madurez, la gleba es carnosa en estado joven pero las hifas generativas producen autodigestión la cual ocasiona el rompimiento de la gleba liberando una masa de hifas llamado **capillitium**, y las basidiospora. Al comienzo la desintegración es húmeda pero eventualmente se seca. Muchas de las hifas capilítias son gruesas café, no poseen septos y se derivan de las hifas estructurales o de unión; aunque algunas de ellas son hialinas, delgadas y septadas colapsarán. El capillitium es una masa enredada que atrapa las basidiosporas y que se puede romper en fragmentos pequeños. En la madurez el basidioma se llena de un material consistente en fragmentos de capillitium y basidiosporas, los cuales pueden escapar a través de un ostiolo o de fisuras del peridio, o el peridio también puede escamarse. Estos hongos son llamados “puff-balls” debido a que ellos mismos liberan bocanadas de basidiosporas.

Algunos miembros de los *Lycoperdales* son conocidos como “earthstars” o estrellas terrestres, debido a que en la madurez la capa más externa del peridio se abre a manera de pétalos de flor, mientras que las capas internas del peridio conservan su forma redondeada.

Muchos miembros de los Tulostomatales tienen prominentes tallos formados de muchas hifas verticalmente organizadas a lo largo de un eje. Los tallos soportan un peridio redondo. Otros miembros de este orden son similares a los Lycoperdales, los cuales carecen de tallo, son epígeos, varían de tamaño desde unos pocos milímetros a metros de diámetro, forman un basidioma sésil o un tallo muy corto, esponjoso que consta de tejido modificado procedente de la gleba; puede o no presentar columna. El basidioma es globoso, subgloboso o piriforme. El peridio se subdivide generalmente en dos o más capas muy gruesas al inicio del desarrollo y muy delgadas en la madurez. La superficie del peridio puede ser lisa o puede tener ornamentaciones, su color puede ser blanco o algunas veces amarillo. Durante los estados iniciales de desarrollo las cámaras de la gleba están formadas por un himenio alineado y bien diferenciado. Las basidiosporas son de color verde oliva o café y tienen aspecto globoso, arrugado o espinoso. Algunos géneros de este orden son considerados girómetros ya que de acuerdo con la humedad ambiental adquieren determinada conformación. Ej: *Lycoperdon* sp y *Calvatia gigantea*.

*Orden Sclerodermatales*

Este es un orden muy similar a los *Lycoperdales*, incluyendo su hábitat y su basidioma (“puff-balls” o “earthstars”). Como su nombre lo indica el peridio es extremadamente duro con apariencia de cuero. La gleba en este orden está dividida en numerosas cámaras por láminas de la trama gruesas o delgadas, característica que los vincula con los *Hymenogasterales*. El desarrollo es de tipo lagunar; los basidios pueden estar esparcidos dentro de la gleba o pueden estar

poco definidos en agrupamientos sobre las líneas de las cámaras. En la madurez el peridio se torna seco y polvoso, producto de la desintegración de la gleba; algunas especies evidencian poca formación de capilitio. Un género común es *Scleroderma* cuyo peridio es de color amarillo mientras que la gleba es de un color café púrpura oscuro en la madurez, son importantes especies micorrizales.

#### *Orden Nidulariales*

Los miembros de este orden son llamados hongos de nido de pájaro y su basidioma semeja un nido de pájaro lleno de huevos en miniatura, cuyo diámetro va desde los milímetros hasta los centímetros; frecuentemente se encuentran en jardines, campos, en el pasto y sobre madera en descomposición principalmente en otoño. El peridio que simula un nido tiene forma de embudo globoso con una boca muy amplia, generalmente de color crema, amarillo u ocre, algunas veces tiene pelos en su exterior y su textura es de cuero duro. La base está inmersa en un cojín hifal. El peridio contiene los peridiolos con forma de huevo apilados uno sobre otro; cada peridiolo es un segmento membranoso de la gleba con una cavidad central que contiene las basidiosporas. Algunos géneros como *Crucibulum* y *Cyathus* poseen peridiolos unidos al peridio mediante una estructura tubular de hifas paralelas llamada ***Funiculus***. Tienen interesantes formas para descargar las esporas. Cuando el basidioma de estos hongos está joven, consisten en una diferenciación de hifas hialinas y son de aspecto globoso. La capa externa del peridio está gradualmente diferenciada y puede ser oscura o clara según la especie. La apertura del peridio ocurre en el ápice, sin embargo, en algunas pocas especies el peridio se rasga en forma de apertura, pero en muchas especies el peridio tiene un poro central que contiene una membrana semejante a un tambor la cual oculta la gleba. En las etapas iniciales la gleba puede llegar a ser distinta de peridio porque el tejido es una capa muy delgada gelatinosa. Los funiculos y el peridiolo se forman cuando algunas hifas crecen en el interior del peridio y simultáneamente algunas hifas penetran previa y homogéneamente en el suelo. Las hifas que delimitan el peridiolo inicial en el que gradualmente se distinguirán más capas de tejido diferenciado y maduro. Dentro de cada peridiolo se forma una cavidad por gelatinización del tejido que posteriormente se sierra y se alinea con el basidio, pero al madurar el peridiolo, esta cavidad se llena de basidiosporas que serán liberadas por el colapso del basidio.

Mientras los peridiolos maduran el tejido de unión al suelo se gelatiniza y la membrana apical del peridio se rompe y los peridiolos quedan embebidos en material gelatinoso que eventualmente se secan quedando en el fondo del peridio.

---

## PRÁCTICA No 4

### MORFOLOGÍA DE HONGOS DE LA CLASE DE BASIDIOMYCETES

#### INTRODUCCIÓN

En los Basidiomycetes se incluyen, las royas (Orden: Uredinales), los carbonos (Orden: Ustilaginales), hongos gelatinosos, hongos de la madera que forman repisas y setas. Las royas y los carbonos no forman cuerpos fructíferos macroscópicos, morfológicos diferenciados, son parásitos obligados de plantas superiores.

Producen esporas denominadas “basidiosporas”, en la parte externa de una estructura especializada el “basidio”. Las basidiosporas son generalmente uninucleadas y haploides y son el resultado de la “plasmogamia”, la “cariogamia”, y la “meiosis”.

La reproducción sexual en los Basidiomycetes culmina con la producción del basidio productor de basidiosporas haploides. Los basidios se forman en el tejido himeneal, en donde también se encuentran elementos estériles llamados “cistidios”, que pueden actuar como trampas de aire y ayudar a la evaporación del agua y de otros compuestos volátiles.

Los Basidiomycetes más complejos producen sus basidias en cuerpos complejos denominados “basidiocarpos”, que pueden ser delgados y en forma de costra, gelatinosos, cartilagosos, carnosos, esponjosos, suberosos, leñosos.

*Puccinia graminis* se clasifica taxonómicamente en Reino: Fungi, División: Amastigomicotes, Subdivisión: Basidiomicotinas, Clase: Basidiomycetes, Subclase: Teliomicétidas, Orden: Uredinales, Familia: Pucciniáceas, Género: *Puccinia*, especie: *graminis*, *antirrhini*, *asparagi*, *coronata*, *tritici*, etc.

La subclase de las Teliomicétidas comprende los hongos patógenos de las plantas denominadas royas y carbonos y también un grupo de organismos denominados Basidiomycetes levuriformes, los dos primeros se caracterizan por la producción de esporas de resistencia, de pared gruesa, binucleada denominadas telioporas.

El Orden Uredinales posee micelio septado de las royas es uninucleado en su primera fase y binucleado en las fases posteriores. El citoplasma de las royas contiene ribosomas, mitocondrias, retículo endoplasmático, partículas de glucógeno y cuerpos lipídicos.

La Familia Pucciniáceas presenta teliósporas pedunculadas libres no unidas entre sí pueden estar englobadas en una matriz gelatinosa común, o pueden estar soldadas en grupos de tres o más sobre un pedúnculo común. La espora puede ser unicelular, bicelular o pluricelular. La pared es generalmente pardorrojiza, bastante gruesa y lisa o diversamente ornamentada.

El género *Puccinia graminis* tiene teliósporas bicelulares que maduran a mediados de verano sobre las hojas y los tallos de gramíneas susceptibles, como el trigo, el centeno y la avena.

*Coprinus* sp se clasifica taxonómicamente en Reino: Fungi, División: Amastigomicotes, Subdivisión: Basidiomicotinas, Clase: Basidiomicetes, Subclase: Holo-

basidiomicétidas II, Orden: Agaricales, Familia: Coprináceas, Género: *Coprinus*, Especie: *atramentarius*, *cinereus*, *comatus*, *lagopus*, *micaceus*, *radiatus*, etc.

La subclase de las Holobasidiomicétidas se divide en dos grupos, el primero son los Gasteromicetes, en los cuales no es visible un himenio bien diferenciado en el momento en que las esporas son liberadas a partir del basidiocarpo. El segundo grupo (Holobasidiomicetes himenales) comprende los hongos que producen sus basidios en un himenio bien desarrollado que queda al descubierto antes de que las basidiosporas maduren.

El gran orden de las Agaricales abarca los hongos cuyo cuerpo fructífero recibe en general el nombre de setas. Las setas son esporóforos carnosos, algunas veces duros, en forma de paraguas, que llevan sus basidios sobre la superficie de láminas o de poros.

El género *Coprinus*, forma parte de la familia de las Coprináceas, este género se caracteriza por las esporas negras. En la madurez las láminas de muchas de sus especies sufren una autodisolución y dan lugar a un líquido negro, parecido a tinta, que gotea del sombrero.

### OBJETIVOS

- Observar y estudiar las estructuras de reproducción sexual de Basidiocarpos de macromicetes.
- Observar y estudiar los diferentes estadios del ciclo de vida de la roya del trigo *Puccinia graminis* var. *tritici*. (Orden: Uredinales). Basidiomiceto microscópico.

### PLAN DE TRABAJO

1. Observación y estudio de las fases del ciclo de vida de la roya *Puccinia graminis* var. *tritici*.
  - Fase 0:** Espermogonios portadores de espermacios e hifas receptoras.
  - Fase I:** Aecios portadores de aeciosporas.
  - Fase II:** Uredios portadores de urediosporas.
  - Fase III:** Telios portadores de Teliosporas.
  - Fase IV:** Basidios portadores de basidiosporas.
2. Observación y estudio de un corte a nivel de un pileo de *Coprinus comatus* con el fin de definir la morfogénesis de basidiosporas a partir de basidios en el tejido himeneal de las lamelas.

Observación de ejemplares de la colección de macromicetos del laboratorio de micología del Departamento de Biología, describiendo características importantes de los Ordenes: Afloforales (Polyporales), Agaricales y Gasteromycetales.

### 6.3.7. División DEUTEROMYCOTA

La gran mayoría de miembros de los Deuteromycota poseen micelio similar al de los Ascomycetos. En los septos de la hifa se forman poros simples.

La reproducción se realiza por división celular, o por germinación de fragmentos de micelio o de varios tipos de esporas. Las esporas son llamadas **clamidosporas** o **conidias**, las cuales están formadas por células somáticas intercalares o por grupos de células redondeadas de pared gruesa, las conidias no se dispersan pero se liberan cuando se desintegra la hifa parental, cuando el micelio está maduro las conidias son producidas en células especializadas que no son parte del micelio somático. La conidia al madurar es decidua y se separa de la célula parental. La célula fértil y especializada recibe el nombre de **conidiógena**. En algunas ocasiones las células conidiógenas pueden ser producidas o sostenidas por un **conidióforo** que es una hifa especializada.

En los ascomycetos encontramos conidióforos, células conidiógenas y conidias que intervienen en la reproducción asexual.

#### Conidióforos y Células conidiógenas

Los conidióforos se distinguen de las hifas somáticas en claras o oscuras, ramificadas o no ramificadas de manera compleja y de grosor uniforme en los septos o con partes alargadas, muchos solo en los ápices.

Las células conidiógenas difieren de los conidióforos en la producción de las conidias, dentro de las cuales encontramos formación de conidias simples en grupos o por sucesión. Si la conidia se produce por sucesión, puede ser en cadenas con la conidia más vieja localizada en el ápice de la cadena empujada por las conidias más jóvenes que se forman en la base o de manera contraria con la conidia más joven en el ápice.

Algunas importantes diferencias morfológicas entre células conidiógenas se relacionan con la forma en que producen sus conidias; en algunas especies, las células conidiógenas semejan hifas somáticas y no son especializadas para la producción de un amplio número de conidias. En otras, las conidias se producen por sucesión en la punta y la célula conidiógena se elonga recibiendo el nombre de **fiálide**; las fiálides usualmente tienen forma de botella y la célula fértil está en posición terminal después del cuello de la botella. El cuello está rodeado por un collar brillante el cual rompe la pared externa del ápice de la fiálide para la formación de la primera conidia. La célula conidiógena **anelídica** produce una sucesión de conidias, pero el ápice de la célula permanece elongado. El crecimiento de la célula conidiógena ocurre a través de un anillo de forma lagrimal (anelación) que permanece cuando el conidio cae.

#### *Conidia*

La manera en la cual las células conidiógenas forman sus conidias se pueden dividir en dos tipos: desarrollo **tálico** y **blástico**.

#### *Desarrollo Tálico*

Este tipo de desarrollo se da para la formación de las clamidosporas y en algunas conidias. La espora inicial está delimitada por septos dentro de las hifas fértiles



o de las células conidiógenas. El septo se forma solamente cuando el crecimiento apical de la hifa fértil ha cesado. Si ocurre un alargamiento de la espora inicial, esto solamente ocurre después de que se forma el septo. Las esporas son liberadas cuando la hifa madre se muere (se forman clamidosporas o cuando la hifa parental se desarticula). Las conidias que tienen este tipo de desarrollo reciben el nombre de **oidia** o **artrospora**.

#### *Desarrollo Blástico*

En este tipo de desarrollo las conidias no se desarrollan de una célula somática preexistente, pero muchas resultan de la formación de nuevas células procedentes de la célula conidiógena o del conidio. En un tipo de desarrollo similar al tático, la conidia inicial se puede alargar considerablemente antes de la formación del septo. Generalmente, en este tipo de desarrollo la conidia inicial parece estar inflada como una pelota a partir de la célula progenitora. La porción que se expande puede ser pequeña e inicialmente similar aun botón o puede originarse como un ensanchamiento de la célula parental. La conidia inicial está rodeada en todos los estados por una pared celular; el citoplasma y el núcleo migran mediante un alargamiento de la célula parental a la conidia inicial. La conidia inicial sufre a su vez una alargamiento antes de que se separe completamente de la célula parental por la formación del septo.

Tanto en el desarrollo tático como en el blástico, una importante subdivisión se puede hacer basados en el modo de diferenciación de la pared durante la formación del conidio. Todas las capas de la pared de la hifa parental se pueden extender hacia adentro o ser incorporadas dentro de las capas de la pared del conidio en desarrollo, el cual formará un conidio estrictamente exógeno, (holotipo). Al desarrollo que se designa tático exógeno se le llama **holotático** y al desarrollo exógeno blástico **holoblástico**. Algunas conidias se desarrollan endógenamente; la capa más externa de la pared de la célula parental no está incluida en la pared celular de la conidia. La nueva pared del conidio endógeno puede ser una modificación o una continuación de la capa más interna de la pared de la estructura parental o puede ser de nuevo sintetizada dentro de la pared de la célula parental. Este tipo de desarrollo recibe el nombre de **enterotipo** y la manera de designarlo es como subdivisiones **enterotáticas** o **enteroblásticas**. Las conidias enterotáticas no son muy comunes mientras que las enteroblásticas están ampliamente distribuidas. Este modo tardío de desarrollo se ejemplifica mucho mejor en las fiálides. Las fiálides forman las primeras conidias de dos maneras holoblástica o enteroblástica. Si las primeras conidias se forman por el método enteroblástica, las fiálides emergen por rupturas de la pared, formando en un minuto un collar de conidias. El desarrollo de las siguientes conidias es enteroblástico y cada conidio se origina cuando la capa más interna de la pared de la fiálide se infla hacia fuera formando una protuberancia.

Posteriormente, se forma un septo dentro de la fiálide, separando el conidio exógeno maduro, del conidio endógeno inicial. El conidio delimitado maduro es empujado fuera de la fiálide por la presión que ejerce el siguiente conidio mientras se desarrolla. Los hongos que forman anillos en las células conidiógenas, también producen conidias por desarrollo enteroblástico.

Las conidias maduras pueden ser lisas o estar ornamentadas por estructuras como verrugas. Las conidias son generalmente redondas o elípticas, pero también se pueden encontrar en forma de hoz, curvada, enrollada o adoptar otras formas elaboradas, usualmente constan de una sola célula, pero pueden ser dos o más numerosas; pueden ser claras u oscuras y cuando se ven en masa pueden tomar varias coloraciones como blanca, azul, verde, amarilla, café o negra.

#### *Clasificación*

Los Deuteromycetes pueden dividirse en clases pero no se reconocen órdenes. Cada taxón dentro de este tipo de subdivisión se designa como un taxón “de forma” (form taxon), lo que indica que se basa en criterios empíricamente seleccionados. La clasificación de los deuteromycetes en estas clases y géneros ha sido ampliamente reconocida como una manera conveniente de agruparlos para su identificación y no como un método para organizar hongos según sus relaciones filogenéticas. Estos taxa se basan en primer lugar en convenientes caracteres morfológicos fácilmente distinguibles. Los criterios típicamente utilizados son el color, la forma, la septación en las conidias y si las células conidiógenas o las conidióforas están libres u organizadas en alguna estructura como un esporocarpio. En consecuencia, este sistema agrupa hongos no relacionados en el mismo género y separa hongos probablemente relacionados en géneros diferentes. Por ejemplo, muchos hongos fueron ubicados en el género *Helminthosporium* por formar conidias oscuras, elipsoides con tres o más células en un micelio oscuro. Todos los miembros de *Helminthosporium* no están cercanamente relacionados, sin embargo, cuando los estadios sexuales fueron descubiertos pertenecían al Género de Ascomycetos *Trichometasphaeria* y *Cochliobolus*. Para aumentar este problema, el género *Curvularia* resultó tener un teleomorfo en el Género de Ascomycetos *Cochliobolus*. Se asumió que probablemente ése teleomorfo se usó como índice de relaciones naturales.

Actualmente no existe un sistema satisfactorio de clasificación de los Deuteromycetos. Sin embargo, se están haciendo esfuerzos para establecer un sistema de clasificación que refleje las relaciones naturales en el grupo, para lo cual es necesario establecer criterios que indiquen tales relaciones. Se le ha prestado especial atención al modo de desarrollo de las células conidiógenas y de la conidia, la secuencia de maduración de la conidia hasta dar formas multicelulares, el tipo de cicatriz que quedaron en la célula conidiógena después de la pérdida de la conidia, el modo de germinación del conidio y las interrelaciones anamorfa-teleomorfa. Los siguientes taxones artificiales se utilizan corrientemente:

División “de forma” Deuteromycota

Clase “de forma” Blastomycetos

Clase “de forma” Hyphomycetos

Clase “de forma” Coelomycetos

#### *Clase Blastomycetos:*

Los miembros de esta clase incluyen hongos con forma de levadura. Estos pueden ser unicelulares o formar micelios limitados y se reproducen por botones (similar a la formación holoblástica de esporas). Muchas semejan las levaduras

de los Ascomycetos pero a diferencia de estos últimos no producen ascosporas. Otros tienen afinidades con los Basidiomycetes, ya que producen micelios limitados, con conexiones en tenaza (clamp connections) o producen esterigmas y esporas que pueden subsecuentemente ser arrojadas de forma similar a la de las basidiósporas. Estas levaduras se pueden aislar de una gran variedad de hábitats, incluyendo agua, suelo o plantas. Muchas son patógenas de los animales y del hombre. Las levaduras patógenas asexuales incluyen algunas especies de *Cryptococcus* y *Candida*.

Algunas veces se han descubierto estadíos sexuales en organismos con forma de levadura que se pensaba eran únicamente asexuales. Estos estadíos sexuales usualmente pertenecen al orden Endomycetales en los Ascomycota o en los órdenes Tremellales o Ustilaginales de los Basidiomycota (Kreger-van Rij, 1987).

*Clase Hyphomycetes:*

Los Hyphomycetes incluyen aquellos Deuteromycetes que forman un micelio pero carecen de esporangio. Estos hongos se conocen como “moho” o “mildeo”. Los conidióforos usualmente se esparcen aisladamente y al azar en el micelio. Un cultivo de Hyphomycetos puede identificarse fácilmente por su apariencia polvorienta o mullida. La colonia puede adquirir una coloración uniforme debida a la masa de conidias coloreadas que cubren el micelio. Este puede ser claro u oscuro y el color de la colonia joven o de los bordes no esporulados, corresponde al color del micelio y no al de las esporas.

En algunas especies, los conidióforos pueden estar estrechamente agrupados formando una masa polvorienta, el esporodoquio que puede formarse sobre el estroma. Otro tipo de arreglo es en **synnema**, un agrupamiento de conidióforos que forman un racimo y que pueden unirse unos a otros por toda su longitud o sólo por una parte, formando una estructura elongada en forma de cerda. Los synnemas pueden ser suculentos, frágiles o con una consistencia muy fuerte. Las partes apicales alejadas del conidióforo se irradian hacia el exterior y con frecuencia producen mucílago al cual se adhieren las conidias. Los Hyphomycetes se dividen en familias “de forma”, basándose en si se forman o no en esporocarpos o synnemas, en la morfología del conidióforo, en las células conidiógenas y en las conidias. Las características de la conidia que se tienen en cuenta son su matiz (si son claras u oscuras), su forma y tamaño y la posible división en más de una célula por septo. Algunos hongos carecen totalmente de esporas y se reproducen por fragmentación del micelio. Por ejemplo, el Género *Rhizoctonia*, que puede establecer una relación simbiótica con las orquídeas, puede provocar la muerte de la planta o parasitar otro hongo. Sin embargo, los hyphomycetes son simples morfológicamente y son de importancia tanto ecológica como industrial. La clase incluye numerosos hongos activos en el suelo, otros patógenos para las plantas o el hombre, así como algunos hongos predadores que trampaen nemátodos. Muchos productos industriales importantes son derivados de géneros como *Penicillium* o *Aspergillus*.

*Clase Coelomycetes:*

En esta clase los conidióforos están sostenidos por un esporocarpo multicelular,

un **conidioma** (pl. conidiomas) (Sutton, 1973); los dos tipos principales son el **picnidio** y el **acervo**(acervulus).

Un picnidio parece un peritecio pues es un esporocarpo cerrado que soporta los conidióforos, tiene las células conidiógenas y la conidia al interior de una cavidad. El picnidio puede ser discoide, globoso o en forma de relámpago, algunos originalmente son globosos pero se aplanan adquiriendo forma de copa, pueden estar completamente cerrados o pueden abrirse al exterior por un ostiolo, hendidura o lágrima. Las paredes varían desde oscuras y duras, coráceas o carbonosas a brillantemente coloreadas y carnosas. Los picnidios pueden estar inmersos en el estroma, en tejidos del hospedero o formar una superficie sobre el sustrato. Los estromas pueden encerrar uno o más picnidios y se pueden parecer a los estromas de los Ascomycetos en sus variaciones. Los hongos que son producidos mediante picnidios son usualmente saprofitos de restos de plantas muertas o parásitos de plantas vivas. Estos hongos son frecuentemente responsables de una variedad de manchas sobre las hojas de las plantas; por ejemplo, especies de *Septoria* pueden invadir plantas de apio, azaleas, gladiolos y trigo.

Un acérvulo (acervulus) es una masa abierta de conidióforos muy empaquetados y de células conidiógenas que pueden formar un cojín plano y discoide de conidias o pueden volverse cupulosas o ligeramente pulvinadas (pulvinate), usualmente se forman sobre una planta hospedera y con frecuencia rompen de la epidermis del hospedero, empujando hacia los lados evaginaciones del tejido hospedero al emerger. Superficialmente un acérvulo semeja un apotecio. A veces pueden poseer cerdas largas y oscuras entre las células conidiógenas. Estos hongos son principalmente patógenos de plantas e incluyen muchos hongos que causan graves enfermedades. Un ejemplo es *Colletotrichum*, que causa la antracnosis en el limón, el pepino cohombro y en otros cultivos.

## PRÁCTICA No 5

### MORFOLOGÍA DE HONGOS DE LA CLASE DE DEUTEROMYCETES

#### INTRODUCCIÓN

Continuando con las formas de reproducción asexual, algunos hongos emplean la “Fragmentación de Hifas” como medio normal de propagación; las hifas pueden escindirse o separarse en las células que las componen y se comportan como esporas: ARTROSPORAS. Si las células quedan cubiertas por una pared gruesa antes que se separen unas de otras a menudo se denominan CLAMIDOSPORAS.

Otro tipo de reproducción asexual es la “fisión” o escisión de una célula en dos células hijas por constricción y formación de una pared celular, es característica de algunos organismos sencillos, incluidas algunas levaduras. La GEMACIÓN es la producción de una yema a partir de una célula progenitora. Cuando se forma la yema, el núcleo de la célula progenitora se divide y un núcleo hijo migra hasta la yema. Esta aumenta de tamaño cuando todavía está unida a la célula progenitora y finalmente se separa y forma un solo individuo; por ejemplo, en levaduras y en éste caso se habla de blastosporas.

En otros casos las estructuras de reproducción asexual son producidos en el ápice o lados de las hifas y se llaman “conidios”. En algunas especies los conidios son producidos en estructuras multihifales y existen varios tipos, entre ellos: el sinnema, el esporodoquio y el picnidio.

Los conidios pueden tener un desarrollo blástico (blastoconidios) en donde un área de la pared celular, resulta ser plástica, probablemente como resultado de la actividad lítica enzimática y emergencia de estructuras globosas como resultado de la presión de turgencia interna. Lo anterior ocurre en células llamadas “conidióforos”; por ejemplo, en **Cladosporium** sp y **Alternaria** sp. Las “fialoconidias” son formadas por un mecanismo similar a través de una célula especializada, conocida como “fiálide”. A partir del ápice de cada fiálide se produce un número determinado de conidias en forma de cadenas, donde la conidia más apical es la más madura y la conidia basal, que aún permanece unida a la fiálide es la más joven; por ejemplo las especies de los géneros *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Fusarium*, etc.

*Fusarium* sp se clasifica taxonómicamente en Reino: Fungi, División: Eumycota, subdivisión: Deuteromycotina, Orden: Moniliales, Familia: Tuberculariaceae, Género: *Fusarium*, Especie: *F. oxysporum*, *F. moniliforme*, *F. lini*, *F. graminearum*, etc.

El Orden Moniliales está formada aproximadamente por más de 7000 especies. Muchos hongos reunidos en este grupo son patógenos de plantas, patógenos de seres humanos y algunos son de interés industrial.

La mayoría de los géneros de la Familia Tuberculariaceae producen esporodoquios de colores vivos y su forma se parece a la de una seta, con un pie muy corto. Los conidios se producen a partir de fiálides.

El Género *Fusarium* produce dos tipos de conidios denominados macroconidios (estructuras largas, multiseptadas en forma de media luna o de canoa) y microconidios (son pequeños, suelen ser unicelulares y de forma esférica u ovalada). Produce toxinas que contribuyen con el marchitamiento, afecta la permeabilidad de las membranas celulares y altera el metabolismo celular.

*Penicillium* sp se clasifica taxonómicamente en Reino: Fungi, División: Eumycota, subdivisión: Deuteromycotina, Orden: Moniliales, Familia: Moniliaceae, Género: *Penicillium*, Especie: *P. camemberti*, *P. roqueforti*, *P. chrysogenum*, *P. notatum*, etc.

La Familia Moniliaceae incluye todos los hongos imperfectos que producen conidios sobre conidióforos hialinos desorganizados o directamente a partir de hifas hialinas. La mayoría de las especies de esta familia son saprofitas, pero muchas son parásitos de plantas, depredadores de animales o patógenos de los seres humanos.

*Aspergillus* sp se clasifica taxonómicamente en Reino: Fungi, División: Eumycota, subdivisión: Deuteromycotina, Orden: Moniliales, Familia: Moniliaceae, Género: *Aspergillus*, Especie: *A. alliaceus*, *A. flavus*, *A. fumigatus*, *A. Níger*, *A. heterothallicus*.

*Oidium* sp se clasifica taxonómicamente en Reino: Fungi, División: Eumycota, subdivisión: Deuteromycotina, Orden: Moniliales, Familia: Moniliaceae, Género: *Oidium*.

*Botrytis* sp se clasifica taxonómicamente en Reino: Fungi, División: Eumycota, subdivisión: Deuteromycotina, Orden: Moniliales, Familia: Moniliaceae, Género: *Botrytis*, Especie: *B. cinerea*, *B. peoniae*, *B. tulipae*.

*Alternaria* sp se clasifica taxonómicamente en Reino: Fungi, División: Eumycota, subdivisión: Deuteromycotina, Orden: Moniliales, Familia: Dematiaceae, Género: *Alternaria*, Especie: *A. solani*, *A. tenuis*, etc.

La Familia Dematiaceae se caracteriza por hifas y conidios oscuros, pero algunas veces sólo uno es oscuro. No producen cuerpo fructífero organizado. La mayoría son saprofitas pero algunas son parasíticas de plantas y unas pocas son del hombre y de los animales.

El género *Alternaria* produce conidios que se denominan dictiosporas, son grandes, pluricelulares, con septos transversales y longitudinales, se forman de manera blástica y suelen estar dispuestos de forma acrópeta en cadenas pero a veces se forman en solitario.

## OBJETIVOS

- Estudio de la morfología de estructuras vegetativas del talo de hongos DEUTEROMYCETES.
- Estudio de las estructuras de la reproducción asexual de algunos DEUTEROMYCETES.

## MATERIALES

1. Biológicos:
  - a) Cultivos de diferentes especies de hongos creciendo en PDA.
  - b) Hojas de plantas con síntomas y signos de infección fungal.
2. Fungibles:
  - a) Agar.
  - b) Hipoclorito de Sodio.
  - c) Mecheros.
  - d) Toallas de papel.
  - e) Micropreparados.
3. Reactivos:
  - a) Azul de Lactofenol.

### PLAN DE TRABAJO

Debido a que los hongos que se sitúan en esta clase (DEUTEROMYCETES) no se les conoce estructuras de reproducción sexual, el énfasis se hace en las estructuras de reproducción asexual. Dentro de esta clase (Clase 9 Deuteromycetes) estudiaremos los órdenes:

**ORDEN MONILIALES:** Con 6 Familias:

- Tuberculariaceae.
- Criptococaceae
- Moniliaceae.
- Dematiaceae.
- Stilbellaceae.
- Micelia Sterilia.

#### **Familia Tuberculariaceae:**

En general se caracteriza por producir sus conidióforos reunidos en esporodocios. Se estudiará una especie del género *Fusarium* que produce células esporógenas llamadas fiálides, las cuales se pueden agrupar formando esporodocios. Las conidias son por lo tanto filicoconidias catenuladas. Además presenta microconidias, macroconidias y clamidosporas.

#### **Familia Moniliaceae:**

Se estudiarán especies de los géneros *Penicillium* sp, *Aspergillus* sp, *Oidium* sp y *Botrytis* sp.

#### **Familia Dematiaceae:**

Conidias típicamente muy oscuras casi negras; se estudiará una especie del género *Alternaria* sp.

*ORDEN SPHAEROPSIDALES*, con 2 familias: Sphaeropsidaceae y Zythiaceae que forman Picnidios. Estudiaremos picnidiosporas en la especie *Septoria appii* de la Familia Sphaeropsidaceae.





# GLOSARIO

**ACÉRVULOS:** Plural de Acérvulo (Latín *acervus*: montón o pila). Es una masa subcuticular o subepidérmica de conidioforos y conidias estrechamente empaquetadas que no se encuentra cubierta por tejido fúngal.

**AFANOPLASMODIO:** (Griego *afanes*: invisible + plasmodio). Plasmodio formado en sus fase iniciales, por una red de filamentos muy finos y transparentes, que no es tan diferenciados de modo conspicuo en ectoplasma y endoplasma, y cuyo protoplasma es ligeramente granuloso.

**ANELÍDICA:** (Latín *annelus*: anillo). Dicese de tipo de célula conidiógena que produce conidios blásticos de una manera basípeta; típicamente se alarga con la producción de cada conidio y posee cicatrices en forma de anillo en su superficie externa, cerca del locus conidiogénico.

**ANTERIDIO:** (Griego *anthos*: flor). Gametangio masculino.

**APLANOSPORAS:** (Griego *a*: no + *planetes*: viajero + *spora*: semilla, espóra). Espora no nadadora.

**APOTECIO:** (Griego *apothēke*: almacén). Ascocarpo abierto.

**BASIDIOSPORA:** (Griego *basidion*: base pequeña + *spora*: semilla, espóra). Espora de formación exógena producida por un basidio, generalmente a continuación de la cariogamia de la meiosis.

**BASIDIO:** (Griego *basidion*: base pequeña). Célula que experimenta cariogamia y sobre la cual se forman las basidiosporas.

**BIOTROFOS:** (Griego *bio*: vida + *trophos*: que alimenta). Organismo que se alimenta de seres vivos.

**BLASTOCONIDIA:** Conidias que se desarrollan como brotes de un conidióforo simple o ramificado o directamente de células vegetativas o esporas, frecuentemente formando cadenas acropetalas simples o ramificadas.

**CENOCÍTICOS:** (Griego *Koinos*: común + *kytos*: vaso hueco). No septada; se refiere al hecho de que los núcleos están rodeados por el citoplasma sin estar

separados por paredes transversales, es decir los núcleos están situados en una matriz común.

**CONIDIOFOROS:** (*conidium* + Griego *phoreus*: portador). Hifa simple o ramificada que sale de una hifa somática y lleva en su ápice o en su lado una o más célula conidiógenas.

**CLEISTOTECIO:** Ascocarpo en el cual, al llegar a la madurez las ascosporas, el himenio queda completamente rodeado por una pared.

**CISTIDIOS:** (Griego *kystis*: vejiga + *idion*: sufijo:dimin). Estructuras estériles que aparece en el himenio de algunos basidiomicetes.

**CLAMIDIOSPORA:** (Griego *chlamis*: manto + *spora*: semilla, espora). Conidio tálico de pared gruesa que en general funciona como espora de resistencia.

**DIPLOIDE:** (Griego *diploous*: doble). Provisto de un solo conjunto de parejas de cromosomas (dos veces el número de cromosomas que se encuentra en los gametos);  $2n$ .

**ESTROMA:** (Griego *stroma*: colchón). Estructura somática compacta, muy parecida a un colchón sobre la cual, o dentro de la cual se forman las fructificaciones.

**ESTÍPITE:** (Latín *stípites*: tronco estaca). Pedúnculo carente de tejido vascular; puede ser unicelular o pluricelular.

**EUCARIONTE:** Célula que posee núcleo definido.

**FIÁLIDE:** (Griego *phialis*: botellita). Tipo de célula conidiógena que produce conidios blñásticos de una manera basípeta, sin un aumento detectable de su longitud.

**FIALOCONIDIAS:** (Griego *phialis*: botellita + *conidio*). Conidio formado a partir de una fiálide.

**FOTOBIONTES:** Seres fotosintetizadores.

**FUNICULUS:** (Latín *funiculus*: cordón pequeño). Delgado, por medio del cual los peridiolos de algunas Nidulariales están unidos al basidiocarpo que los ha formado).

**GEMACIÓN:** Tipo de reproducción asexual en la cual se forma una pequeña protuberancia que acaba separándose de la célula progenitora.

**HAPLOIDE:** (Griego *haploous*: simple). Que contiene un solo juego ( $n$ ) de cromosomas.

**HETEROTROFOS:** (Griego *heteros*: otro, diferente + *trophos*: que se alimenta de) Organismo que debe alimentarse de sustancias orgánicas sintetizadas

por otros organismos para obtener energía y pequeñas moléculas estructurales opuesto a autótrofo. Los Animales, los hongos y muchos organismos unicelulares son heterótrofos.

**MEIOSIS:** (Griego *meioun*: hacer más pequeño). Las dos divisiones nucleares sucesivas durante las cuales una sola célula diploide (2n) forma cuatro núcleos haploides (n). En la meiosis ocurre la recombinación genética debido al entrecruzamiento y la segregación al azar de los cromosomas; como resultado de la meiosis pueden producirse gametos o esporas.

**MICORRIZA:** (Griego *mykes*: hongo, *rhiza*: raíz). Asociaciones simbióticas entre especies particulares de hongos y las raíces de las plantas vasculares; ayudan a la movilización rápida de nutrientes en el suelo.

**MICOBIONTE:** Componente fúngico de un líquen.

**MICROTÚBULOS:** (Griego *mikros*: pequeño + latín *tubulo*, diminuto de *tubus*). Tubo hueco, extremadamente pequeño compuesto por dos tipos de subunidades de proteínas globulares. Entre sus muchas funciones como los microtúbulos constituyen la estructura interna de los cilios y los flagelos.

**MICROFIBRILLAS:** Unidades submicroscópicas.

**MITOSIS:** (Griego mitos: *hebra*). División nuclear caracterizada por la replicación de los cromosomas y la formación de dos núcleos hijos idénticos.

**MUTUALISMO:** (Latín *mutuus*: pedido en prestamo, prestado). Relación simbiótica en la que dos o más organismos se ven beneficiados.

**OOGONIO:** (Griego, *oon*: huevo + *gennaio*: yo doy nacimiento). Gametangio femenino que contiene uno o más óvulos.

**ÓSMOSIS:** (Griego, *osmos*: impulso, arremetida). La difusión de agua a través de una membrana selectivamente permeable (una membrana que permite el paso libre de agua pero evita o retarda el paso de un soluto). En ausencia de otros factores que afecten el potencial hídrico, el movimiento neto de agua ocurre desde el lado que contiene una concentración menor de soluto al lado que contiene una concentración más alta.

**PARÁFISIS:** (Griego, *para*: junto + *Phycis*: ser, crecimiento). Estructuras estériles, unidas basalmente, existentes en un himenio.

**PERIDIOLO:** (Griego, *Peridion*: bolsa de cuero pequeña + *olum*: sufijo diminutivo). Cámara de la gleba de las Nidulariales, que posee una pared cérea y dura propia; contiene las basidiosporas, pero actúa como unidad de dispersión.

**PERITECIO:** (Griego, *peri*: alrededor + *theke*: caja). Ascocarpo cerrado con un poro en la parte superior, un ostiolo verdadero y una pared propia.

**PICNIDIOS:** (Griego, *pyknon*: concentrado + *idion*: sufijo diminutivo). Cuerpo fructífero asexual hueco, revestido de conidióforos por dentro.

**PIOCNOTAL:** Crecimiento micelial inmerso en el medio de cultivo.

**PLASMODIO:** (Griego, *plasma*: objeto moldeado). Masa desnuda y multinucleada de protoplasma que se mueve y se alimenta de forma ameboide; la fase somática de los Mixomicetes, de algunos Protosteliomicetes y de los Plasmodioformomicetes.

**PLASMOGAMIA:** (Griego, *plasma*: objeto moldeado + *gamos*: matrimonio, unión). Fusión de dos protoplastos.

**PROCARIOTICA** (Acariótica): (Latín, *pro*: antes + Griego, *Karyon*: nuez, pepita). Célula que carece de núcleo y organelas limitados por membrana.

**PRUINOSO:** Crecimiento micelial en forma granular.

**PÍLEO:** ( Latín, *pileus*: sombrero). Parte superior o sombrero de ciertos tipos de ascocarpos y basidiocarpos.

**SAPROFITICOS:** Organismos que se alimentan de materia orgánica en descomposición.

**SEUDÓPODO:** (Griego, *pseude*: falso + *pous, pod*: pie). Proyección citoplasmática temporal de una célula ameboide que funciona en la locomoción o en la alimentación por fagocitosis.

**SIMBIOSIS:** (Griego, *syn*: junto, con + *bioonai*: vivir). Asociación íntima y prolongada entre dos o más organismos de diferentes especies.

**SOROS:** ( Griego, *soros*: montón). Grupo de esporas o de esporas y esporangios; puede comprender también elementos estériles asociados.

**SOROCARPO:** (Griego, *soros*: montón + *Karpo*: fruto). El cuerpo fructífero simple de los Acrasiomycetes; carece de membrana externa y con frecuencia tiene una forma irregular.

**SORÓFORO:** Pedúnculo que sostiene el soro en los Acrasiomycetes.

**SYNNEMA:** (Griego, *syn*: junto + *nema*: ovillo). Grupo de conidióforos unidos y que forman una estructura alargada, portadora de esporas en el ápice.

**ZIGÓSPORA:** (Griego, *zygos*: yugo + *spora*: semilla, espora). Espora de resistencia que se forma previa fusión de dos gametangios en los Zigomycetes.

**ZIGÓFORO:** (Griego, *zygos*: yugo + *phoreus*: portador). Hifa especial capaz de transformarse en un progametangio, en los Zigomycetes.

**ZIGOTO:** (Griego, *zygos*: yugo). Célula diploide resultante de la unión de dos

células haploides.

**ZOÓSPORA:** (Griego, *zoon*: animal + esporangio). Esporangio que contiene zoósporas.



# Bibliografía

- [1] AGRIOS, G. N. 1997. Plant Pathology. Academic Press. New York. Fourth Edition.
- [2] ALEXOPOULUS, C. J., C. W. Mims; M. Blackwell. 1996. Introductory Mycology. John Wiley y Sons, INC. New York. 869pp.
- [3] ALEXOPULUS, C. 1985. Introducción a la Micología. Ediciones Omega S. A. Barcelona. 638 p.
- [4] BARNETT, H. L. & B. B. HUNTER. 1972. Illustrated Genera of Imperfect Fungi. Burgess Publishing Company - Minneapolis, Minnesota. Third Edition.
- [5] CURTIS, H. & N. S. BARNES. 2000. Biología. Editorial Médica Panamericana. Madrid España. Sexta edición en Español.
- [6] DEACON, J. W. 1993. Introducción a la Micología Moderna. Limusa. Noriega Editores. México. 350 p.
- [7] ELLIOT, CH. G. 1994. Reproduction in Fungy. Genetical and physiological aspects. Chapman & Hall. London. 303 p.
- [8] ISAAC, S. 1992. Fungal - Plant Interactions. Chapman & Hall, Londo, New York, Tokyo, Melbourne, Madras.
- [9] IZCO, J. E. BARREÑO; M. BRUGUES; M. COSTA; J. DEVESA; F. FERNANDEZ; T. GALLARDO; X. LLIMONA; E. SALVO; S. TALAVERA y B. VALDES. Botánica. 1997. McGRAW-Hill. Interamericana de España.
- [10] JENNINGS, D.H. & LYSEK G. 1996. Fulngal biology. Understanding the fungal lifestyle. Biosscientific publishers. United Kindon UK.
- [11] MOORE, E. L. 1996. Fundamentals of the Fungy. Prentice Hall. New Jersey. 573 p.
- [12] MOORE-LANDECKER, E. 1996. Fundamentals of the Fungi. Prentice-Hall. New Jersey. 574p.



- [13] PARDO-CARDONA, V. M., 1995. Hongos Fitopatógenos de Colombia. Centro de Publicaciones. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Departamento de Biología. Medellín.
- [14] SAMSON, R.; HOEKSTRA, E. & OORSCHOT, C. 1984. Introduction to food-borne fungi. Second edition, Centraalbureau voor schimmelcultures. Institute of the royal Netherlands. Academy of Arts Sciences. Holanda..
- [15] SCAGEL, R. F; R. J. BANDONI; G. E. ROUSE; W.B. SCHOFIELD; J. R. STEIN & T. M. C. TAYLOR. 1973. EL REINO VEGETAL: Los Grupos de Plantas y sus Relaciones Evolutivas. Ediciones Omega, S. A.- Casanova, BARCELONA.
- [16] SOLOMON, E., et.al. 1987. Biología. Mc Graw Hill. México