



**Universidad Nacional Autónoma de México**  
**Facultad de Estudios Superiores Iztacala**

# Micología Básica

MANUAL TEÓRICO PRÁCTICO

SEGUNDA EDICIÓN



**Dr. José Narro Robles**  
RECTOR



**Dra. Patricia D. Dávila Aranda**  
DIRECTORA

**Dr. Ignacio Peñalosa Castro**  
SECRETARIO GENERAL ACADÉMICO

**CD Rubén Muñiz Arzate**  
SECRETARIO DE DESARROLLO  
Y RELACIONES INSTITUCIONALES

**Dr. Raymundo Montoya Ayala**  
SECRETARIO DE PLANEACIÓN  
Y CUERPOS COLEGIADOS

**CP Reina Isabel Ferrer Trujillo**  
SECRETARIA ADMINISTRATIVA

**Dra. Claudia Tzasná Hernández Delgado**  
JEFA DE LA CARRERA DE BIOLOGÍA

**MC José Jaime Ávila Valdivieso**  
COORDINADOR EDITORIAL

Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Estudios Superiores Iztacala  
Carrera de Biología

# Micología Básica

MANUAL TEÓRICO PRÁCTICO

**Irene Frutis Molina**  
**María Elena Huidobro Salas**



Responsable de la edición  
**MC José Jaime Ávila Valdivieso**  
FES Iztacala, UNAM

2013

# Micología Básica

MANUAL TEÓRICO PRÁCTICO

Segunda edición: **1 de febrero**

**D.R. 2013 © Universidad Nacional Autónoma de México**

Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán,  
CP 04510, México, Distrito Federal.

**Facultad de Estudios Superiores Iztacala**

Av. de los Barrios N.º 1, Los Reyes Iztacala,  
Tlalnepantla, CP 54090, Estado de México, México.

**ISBN 978-607-2-00162-6**

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.

## **APOYO TÉCNICO**

MC José Jaime Ávila Valdivieso

**CUIDADO DE LA EDICIÓN Y CORRECCIÓN DE ESTILO**

MC Laura Susana Ruiz Luna

**CORRECCIÓN DE ESTILO**

Lic. Jorge Pérez Martínez

**REVISIÓN DE PRUEBAS FINAS**

DG José Alfredo Hidalgo Escobedo

**DIAGRAMACIÓN, DISEÑO EDITORIAL,  
RETOQUE DIGITAL Y FORMACIÓN**

DG Elihú Gamboa Mijangos

**DISEÑO DE PORTADA**

*Impreso y hecho en México.*

# Autoras

## **Irene Frutis Molina**

HERBARIO (IZTA). RESPONSABLE DE LA SECCIÓN DE MICOLOGÍA

Bióloga egresada de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. Maestra en Ciencias (Biología), Facultad de Ciencias, UNAM, Profesora Asociada C TC definitivo. Docencia en asignaturas de Botánica I y II, Biologías de Campo I y II. Profesora de Diversidad Vegetal I, Laboratorio de Investigación Científica y Tecnológica I y II, Micología (Monográfico). Cursos DGAPA de formación para profesores sobre aspectos taxonómicos y de cultivo de hongos. Cursos de capacitación sobre hongos tóxicos a médicos del Hospital Juárez y Centro Médico Siglo XXI 2011, y 2012. Autora y coautora de artículos en revistas nacionales, capítulos de libros y manuales. Ponencias y conferencias sobre ecología, fisiología, toxicología en hongos cultivados, silvestres y medicinales. Participación en congresos y coloquios de investigación nacionales e internacionales. Participación en el análisis del cambio curricular de la carrera de Biología y en aspectos de la acreditación interinstitucional. Participación en diversos eventos de divulgación dentro y fuera de la Universidad y en proyecto PAPIIME. Especialista en Hongos Macromicetos y responsable de la sección de Micología del Herbario IZTA de la FES Iztacala, UNAM.

## **María Elena Huidobro Salas**

HERBARIO (IZTA). SECCIÓN EPÍFITAS

Bióloga egresada de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. Maestría en Ciencias en Biología de Recursos Vegetales, FES Iztacala, UNAM. Profesora de la asignatura Botánica I y II (1981-1996). Profesora y Jefa del Módulo de Diversidad Vegetal I. Técnico Académico Titular B TC en la carrera de Biología. Participación como ponente en diversos congresos nacionales e internacionales de las áreas Vegetal y Micológica. Coautora de artículos en revistas indizadas nacionales e internacionales. Participación en el análisis del cambio curricular y planes de estudio de la carrera y aspectos de la acreditación interinstitucional. Especialista en epífitas y curadora de la Colección de Bromeliaceae en el Herbario de la FES Iztacala. Y encargada de la propación de epífitas en el Jardín Botánico de la FES Iztacala (JABIZ). Participación en diversos eventos de divulgación dentro y fuera de la UNAM y en varios proyectos PAPCA, PAPIME y en colaboración con otras instituciones. Ha impartido cursos de propación de epífitas (Bromeliaceae) para comunidades rurales de Oaxaca. Participación en el análisis de cursos para la educación en América Latina. Forma parte de la Comisión Académica Auxiliar (CAAx) de la carrera de Biología.

# Índice

<b>Prefacio</b>	I
<b>Protistas no pigmentados</b>	III
Capítulo 1 Reino Protista	1
Capítulo 2 Reino Stramenopila	23
Capítulo 3 Reino Fungi	33
Capítulo 4 Práctica de laboratorio	113
Capítulo 5 Práctica de campo	121
<b>Formatos</b>	161
<b>Claves</b>	171
<b>Glosario</b>	193
<b>Referencias</b>	203

# Prefacio

**E**l manual de Micología Básica está dirigido a estudiantes de la carrera de Biología o áreas afines. Se pretende que el alumno tenga un mayor acercamiento hacia el reino de los hongos y facilitarle el conocimiento con una recapitulación de información micológica teórica básica en donde se incluyen hongos del reino Fungi y algunos otros organismos que por su afinidad, también estudian los micólogos.

El capítulo uno aborda el Reino protista, se incluyen únicamente grupos afines a los hongos como son los Acraciomycota, Ditiosteliomycota y Mixomycota, abordando características morfológicas básicas, ciclos de vida e importancia.

El capítulo dos describe el Phylum Oomycota, actualmente incluido en el Reino Stramenopila, se abordan caracteres morfológicos, ciclos de vida e importancia.

El capítulo tres incluye el Reino Fungi o a los Hongos verdaderos con descripciones morfológicas, ciclos de vida e importancia; se incluyen los Phylum Chytridiomycota, Zygomycota, Ascomycota y Basidiomycota. Se abordan las características generales de los hongos filamentosos, ultraestructura fúngica, con particularidades de la reproducción sexual, parasexual y asexual, compatibilidad, procesos espogénicos, y las familias y clases representativas. En este capítulo también están incluidos los hongos asociados que forman los líquenes y las micorrizas.

El capítulo cuatro contiene una sección de prácticas en donde se revisa la morfología general básica de importancia taxonómica, tratando de abarcar todos los grupos revisados teóricamente. En otra sección se establecen los criterios para tener una colección científica de cuerpos fructíferos fúngicos colectados en el campo incluyéndose a los líquenes. Se incluyen, además, formatos con información básica para conservación en herbarios, claves básicas de identificación y un glosario de las estructuras más importantes de estos organismos.

# Protistas no pigmentados

**L**os protistas no pigmentados corresponden a los organismos con estructuras somáticas carentes de pared celular (fase ameboide y flagelados filamentosos) que los relaciona con los protozoarios y con estructuras de reproducción sexual y asexual semejantes a las que presentan los hongos superiores verdaderos.

Son organismos cosmopolitas que se desarrollan en ambientes acuáticos continentales, marinos o terrestres, en regiones boscosas, húmedas o sobre la hojarasca, musgos y líquenes. Pueden ser saprofiticos o biodegradadores de la materia orgánica, por lo que son de gran importancia ecológica.

## CAPÍTULO 1

# Reino Protista

Dentro de Myxomycota se tratarán los distintos tipos de moho mucilaginoso celular (acrasiomycetes) y a los mucilaginosos plasmodiales (myxomycetes), organismos que no son considerados como hongos verdaderos ya que carecen de micelio. Estos se nutren principalmente por ingestión, un tipo de nutrición que no tienen los hongos verdaderos (Eumicota), ya que estos se nutren por absorción.

Los Myxomycota (*Gr. Myxa*: mucilago y *Mykes*: hongo) han intrigado a los zoólogos y micólogos desde hace mucho tiempo, en especial a aquellos interesados en los organismos inferiores. La combinación de un estado trófico parecido a un animal y un cuerpo fructífero fungal dentro del mismo ciclo de vida ha ocasionado que estos organismos sean clasificados tanto en el reino animal como en el reino fungi (Olive, 1975).

La clasificación de estos organismos ha variado de manera considerable dependiendo del criterio y la línea de investigación del taxónomo Fries, en 1829 les dio el nombre de Myxogastres y DeBary en 1859, citado por Alexopoulos (1979), propuso la clasificación Mycetozoa para incluir a los mohos mucilaginosos celulares y a los mohos mucilaginosos plasmodiales. Dicho autor consideró a los Mycetozoa fuera de los límites del reino fungi y creía que habían evolucionado independientemente de los hongos. Haeckel (1863) afirmaba que los micetozoos no eran animales ni plantas, sino formas primitivas que no habían evolucionado como miembros de alguno de estos dos reinos. Lo anterior lo condujo a proponer el nuevo reino protista, en donde

colocó a los micetozoos junto a los protozoarios y hongos. Recientemente, Copeland (1956) propuso un sistema de clasificación de cuatro reinos en donde incluyó a la clase Mycetozoa, agregando a Myxomycetes y Plasmodioforidos dentro de la clase Sarcodina y conteniendo a los mohos mucilaginosos celulares y a los Laberintulidos en el Phylum Protoplasta del reino Protoctista. Martín (1960) y Alexopoulos (1969) tomaron en cuenta una subdivisión especial para este grupo llamado Myxomycotina; más tarde, Honigberg *et ál.* (1964) eligieron un enfoque más convencional en la clasificación de los protozoa, colocando a las subclases Mycetozoa (mohos mucilaginosos celulares, mixomicetes y plasmodioforidos) y Labyrinthulia en la clase Rhizopoda, superclase Sarcodina y subphylum Sarcomastigophora del phylum Protozoa. Whittaker (1969) adoptó muchas de las proposiciones de Copeland, aceptando, con ciertas modificaciones, su cuarto reino y proponiendo uno nuevo para los hongos, en donde incluyó a los mycetozoa dentro del subreino Gymnomyxota. Olive (1970) dividió al grupo en cuatro subclases: Protostelia, Dictyostelia, Acracia y Myxogastria y en (1975) coloca a los mycetozoa dentro del phylum Gymnomyxa del reino protista. Ainsworth (1973), por su parte, divide a los hongos en dos grupos: Myxomycota y Mycota. Recientemente Herrera y Ulloa (1990) los incluye en:

- Reino Fungi
- División Myxomycota
- Clase Protosteliomycetes
- Orden Protosteliales
- Clase Acraciomycetes
- Orden Acrasiales
- Orden Dictiosteliales
- Clase Myxomycetes
- Orden Ceratiomyxales
- Orden Echinosteliales
- Orden Trichiales
- Orden Physarales
- Orden Liceales

Actualmente, Alexopoulos *et ál.* (1996) los clasificaron como: phylum Myxomycota, phylum Dictiosteliomycota y phylum Acrasiomycota.

## PHYLUM ACRACIOMYCOTA

Se distinguen porque tienen una fase asimiladora unicelular ameboide, pero comparten similitudes en el ciclo vital. La fase vegetativa asimiladora llamada mixameba es muy parecida a las amebas de los protozoos, se desplaza de la misma manera y se alimenta por fagocitosis. La estructura somática es un pseudoplasmodio formado por agregación de mixamebas que emigra para formar fructificaciones, pueden o no mostrar patrones de diferenciación, bajo ciertas condiciones, un gran número de ellas se reúne y producen una estructura común, llamada (seudoplasmodio).

Las fructificaciones llamadas sorocarpos varían de columnas ramificadas de células enquistadas en algunas especies a pediceladas de apoyo simple, compuestas generalmente de células un poco modificadas que originan esporas en cadenas o en soros definidos, la mayoría son ovoides o globosas de pared celular lisa de celulosa. Los procesos de agregación celular ocurren sin que haya formación de flujos y estímulos (Figura 1.1).

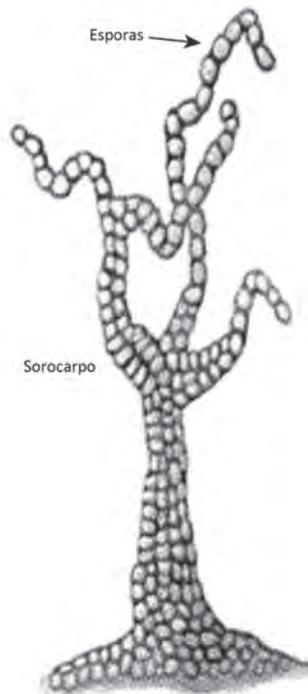


Figura 1.1. Sorocarpo cuerpo fructífero de *Acrasis rosea*.  
Tomado de (Herrera y Ulloa,1990).

Los Acraciomycota están ampliamente distribuidos y se presentan en una gran variedad de sustratos; algunos sólo se encuentran sobre estiércol de animales como los monos rumiantes, el perro, el caballo, el cerdo, las aves y los roedores. Sólo una especie ha sido reportada sobre corteza de árbol y sobre madera muerta. Tienen importancia en estudios morfológicos y biológicos, específicamente en estudios morfogenéticos y de biología molecular, ya que juegan un papel ecológico importante en la naturaleza.

## PHYLUM DICTIOSTELIOMYCOTA

La unidad estructural es una ameba uninucleada, desnuda y haploide. La fase vegetativa o asimiladora llamada mixameba es muy parecida a las amebas de los protozoos, se desplaza de igual manera y se alimenta por fagocitosis. Bajo ciertas condiciones, un gran número de mixamebas se reúnen y producen una estructura común: el seudoplasmodio, que es la unidad que migra y acaba formando un cuerpo fructífero en algunas especies.

### CICLO DE VIDA (GENERAL)

Las mixamebas uninucleadas se desplazan sobre el sustrato fagocitando células bacterianas, reproduciéndose por escisión y actuando cada una de manera independiente. Si las condiciones ambientales son favorables y no falta el alimento, esta fase vegetativa puede continuar indefinidamente. La reserva alimenticia, la humedad y la sobresaturación de amebas influyen en la duración de esta fase. Entre esta fase vegetativa y el inicio de la agregación de amebas (que sería la siguiente fase de desarrollo) existe un periodo de interfase que puede durar de cuatro a ocho horas; en esta interfase las amebas ya no se alimentan y experimentan algunos cambios: disminuye su tamaño, desaparecen las vacuolas digestivas y aparecen gránulos en el citoplasma. Al iniciarse la agregación, las amebas se desplazan acercándose entre sí, se concentran y forman grupos ramificados; el punto en el que todas convergen para concentrarse se llama “centro de agregación”, quedando únicamente un agrupamiento. El movimiento hacia este centro es respuesta quimiotáctica frente a sustancias llamadas acrasinas (esteroides), éstas son producidas por las amebas de todos los Acraciomycota pero su composición química varía de una a otra especie. El agrupamiento redondeado

se va alargando y adquiere la forma típica del pseudoplasmodio, el cual ya puede moverse en conjunto (figuras 1.2a y b). Aunque parece ser una sola unidad multicelular, en realidad, las amebas conservan su individualidad. La migración suele ser lenta, con un movimiento reptante que va dejando un rastro mucilaginoso y su duración depende de la humedad ambiental, si el ambiente es seco, se inicia pronto la fase siguiente: al cesar el movimiento de migración, el pseudoplasmodio se contrae un poco en su longitud y toma una posición erecta; en su interior se va formando un cilindro celulósico que formará el pedúnculo del cuerpo fructífero y las células del interior del cilindro sintetizan una pared resistente; conforme el pedúnculo se va alargando, el resto del pseudoplasmodio migra hacia arriba, apoyándose en su parte exterior; la parte superior del pedúnculo se llama soróforo y al llegar a esta parte, las mixamebas forman una masa globulosa; cada una de las amebas de esta masa produce una membrana a su alrededor, dando lugar a una espora que, por su origen, es diferente a las de los mixomicetes. A la masa esférica de esporas se le llama soro, el cual, junto con el soróforo, constituye el cuerpo fructífero llamado sorocarpo. Cuando germinan las esporas sólo originan una mixameba, por lo que no se produce ningún aumento potencial en el número de individuos.

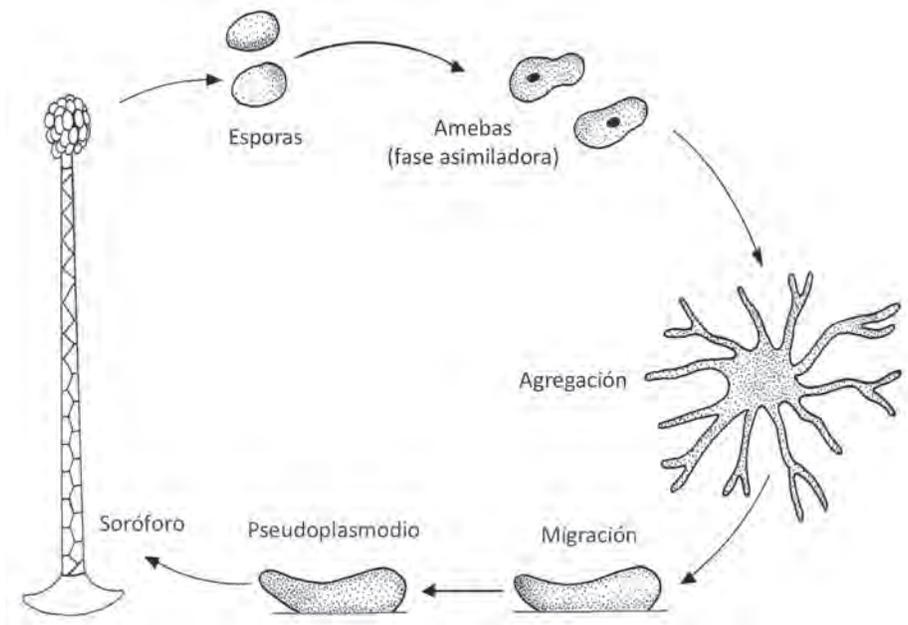


Figura 1.2a. Ciclo de vida de Dictyosteliales, *Dictyostelium discoideum*. (Scagel, 1980).

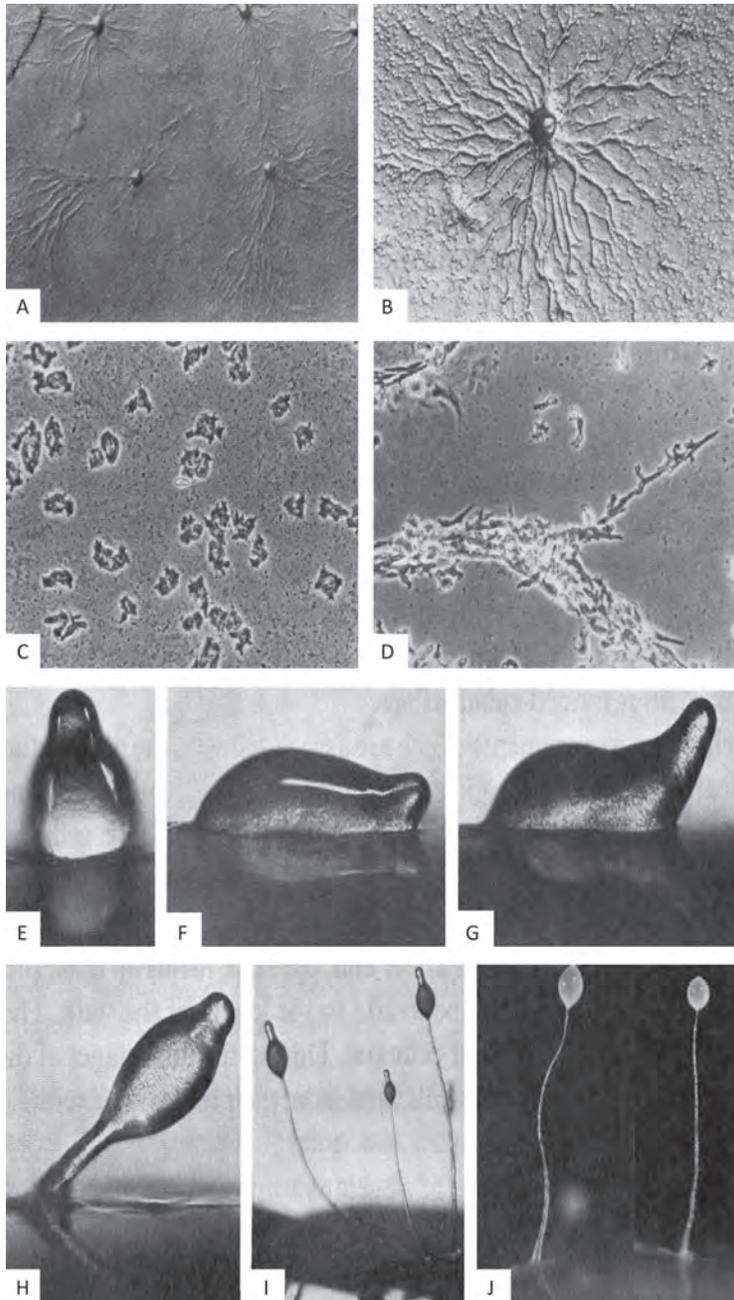


Figura 1.2b. Etapas del ciclo de vida de *Dictyostelium discoideum*: a) y b) Agregación de mixamebas, c) Mixamebas alimentándose con bacterias, d) Agregación de mixamebas, e) Seudoplasmodio, f) Migración delseudoplasmodio, g) Preculminación, h) e i) Culminación y j) Sorocarp.

## PHYLUM MIXOMYCOTA

Los Mixomycota conocidos también como hongos mucilaginosos acelulares, son organismos desnudos en sus fases vegetativas que carecen de pared celular y de clorofila, son aerobios, saprobios, su nutrición es heterótrofa y son parásitos de plantas superiores; las partículas alimenticias son englobadas por pseudópodos y absorben directamente las sustancias alimenticias.

El plasmodio es una masa citoplásmica viscosa incolora o pigmentada que puede ser desde blanca, amarillenta, roja, anaranjada o azul, aunque el color puede variar según el pH del medio; la forma y el tamaño son cambiantes y, con frecuencia, es ameboide; aparentemente, es desnudo porque carece de pared celular, está delimitado por una membrana y por una envoltura gelatinosa que presenta microfibrillas que pueden intervenir también en los movimientos migratorios del plasmodio, ya sea ameboide o por reptación.

El talo plasmodial está precedido por fases uninucleadas de movimiento ameboide, mixamebas o de movimiento flagelar mixozoosporas o mixoflagelados. Pueden presentarse en forma piriforme, ovoide o elíptica, de igual manera, cuentan con dos flagelos de tipo látigo, aparentando tener uno solo, sin embargo, el otro está adherido al cuerpo celular.

Según su origen existen tres tipos de plasmodio:

**Plasmodio típico o masa protoplasmática multinucleada.** Se origina de la división nuclear en células inicialmente uninucleadas sin que presente división del citoplasma, el cual puede aumentar su volumen considerablemente por asimilación de sustancias nutritivas, a esta etapa se le llama fase trófica.

**Plasmodio de fusión.** Se puede dar por la reunión total de células ameboides uninucleadas y por fusión de plasmodios con otras amebas.

**Seudoplasmodio.** Se forma por la agregación de mixamebas sin perder su individualidad.

Los plasmodios típicos y los de fusión pueden crecer por la unión de otros plasmodios, por la división de los núcleos que forman parte de ellos o por la unión de otras mixamebas. Las sustancias alimenticias pasan por ósmosis de una célula a otra. El citoplasma de los plasmodios puede estar diferenciado en dos partes:

1. Citoplasma externo, homogéneo y hialino.
2. Citoplasma interno, granuloso. En este se encuentran diversas inclusiones de sustancias de reserva como el glucógeno al que, junto al carbonato de sodio, se debe el aspecto granuloso.

Los movimientos del plasmodio pueden ser:

1. Ameboide por emisión de pseudópodos.
2. Reptación o deslizamiento. En ambos, el plasmodio puede cambiar de lugar, a veces se desplaza a una velocidad constante y, al paso, engloba partículas alimenticias como vegetales en descomposición, bacterias, algas y hongos.
3. Los movimientos intracitoplasmáticos. Son posibles por los cambios constantes de viscosidad del citoplasma que se dan a manera de corrientes internas del mismo en su parte gelatinosa y hacia la parte fluida, esto con movimiento rítmico reversible debido a una proteína contráctil de actina y miosina.

Los plasmodios pueden ser holocárpico si se convierten totalmente en estructuras reproductoras como esporangios, y eucárpico si forman estructuras reproductoras en ciertas porciones de los mismos y si pueden continuar sus funciones somáticas al mismo tiempo.

### **REPRODUCCIÓN ASEXUAL**

Se lleva a cabo mediante bipartición cariocinética de mixozoosporas y de mixamebas, se dividen varias veces hasta que unos u otros adquieren carácter sexual y se transforma en gametos, o bien, en formas de resistencia llamados microcistes provistos de pared celular capaces de soportar condiciones adversas. De igual manera, los plasmodios pueden fragmentarse y continuar su vida vegetativa o, en el último de los casos, transformarse en esclerocios.

### **REPRODUCCIÓN SEXUAL**

Se presenta con la copulación isogámica de zoogametos que, al fusionarse por pares, originan amebocigotos que forman plasmodios, mismos que aumentan en tamaño debido a la división sincrónica o fusión de otros plasmodios; estos, a su vez, forman fructificaciones que producen esporas inmóviles.

A pesar de su considerable diversidad en la apariencia en su fase trófica y de fructificación, los Mixomycota presentan un grado marcado de homogeneidad en su ciclo de vida que involucra una alternancia de fase haploide y diploide. La fase trófica o somática en forma de plasmodio multinucleado de vida libre con típico movimiento de su protoplasma alterna con una fase reproductora formada por una masa de esporas que desarrollan una estructura simple o compleja denominada esporóforo.

De acuerdo al lugar en el que se forman las esporas (externas o internas) esta clase se divide en dos subclases: Ceratiomycetidae y Mixogastromycetidae.

### Ceratiomyxomycetidae

La ultraestructura se ha estudiado principalmente en *Ceratiomyxa fructiculosa* (Mull.) Macbr (Figura 1.3) y se conoce poco de su plasmodio, ya que solo se ha observado en el sustrato en el momento que empieza a formar estructuras para esporular.

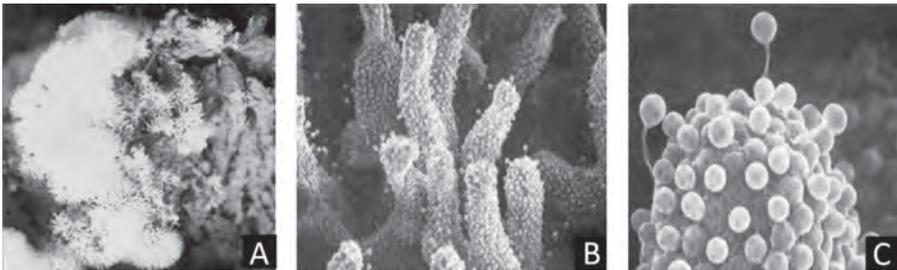


Figura 1.3. Esporangio de *Ceratiomyxa fructiculosa*: a) fructificaciones, b) esporangios columnares y c) esporas pediceladas.

El protoplasma está altamente vacuolizado, las vacuolas contienen un material fibroso que pareciera estar rodeado por microfibrillas; también se observan microtúbulos que probablemente contribuyen a la rigidez de las columnas, escasas mitocondrias y numerosos núcleos mostrando divisiones mitóticas sincrónicas; también se observan numerosas estructuras esféricas rodeadas por una membrana que parece ser retículo endoplásmico, la superficie de la columna es cubierta por el desarrollo de protoesporas en donde el protoplasma adquiere la forma de un plasmodio reticulado cubriendo la superficie de la columna. En este estado, las protoesporas tienen una forma

angular e irregular pero, a medida que maduran, se redondean uniformemente y todas parecen tener un núcleo simple; están rodeadas por una capa de material denso que parece estar formado por la superficie de la protoespora. La capa que rodea a cada espora es continua con el pedicelo; cuando la espora esta fisiológicamente madura, germina y surge un protoplasto globoso que forma después un filamento con cuatro núcleos, enseguida, el protoplasma se sitúa alrededor de cada núcleo formando así una tétrada que, por una división mitótica, dará lugar a ocho células flageladas, anteriormente con flagelos tipo látigo (heterocontas). En determinado momento, estas células flageladas funcionan como gametos uniéndose en pares para formar un cigoto en donde se desarrollará un plasmodio de características poco conocidas hasta ahora. Esta clase comprende un sólo orden Ceratiomyxales con una sola familia Ceratiomyxaceae y un solo género *Ceratiomyxa*, con cuerpo fructífero erecto, simple o ramificado de 1-10 mm de longitud, con volutos algunas veces, o presentando costras blancas o amarillentas, raramente rosas, chabacano o azul verdoso, surgiendo de un hipotalo efuso. La superficie está cubierta con esporas que son adheridas individualmente por pedicelos, esporas hialinas lisas, que van de formas globosas a elipsoides, con plasmodio acuoso, amarillo o con tintes rosas y de color chabacano o verdes. En lo referente a los diferentes hábitats en donde pueden encontrarse, se hallan en la madera muerta, hojas o restos de plantas.

Sólo se conocen tres especies diferenciales por el tamaño del cuerpo fructífero y tamaño de las esporas. Es una especie tipo *Ceratomyxa fructiculosa* (Mull.) Macbr.

### Mixogastromycetidae

Las esporas se forman internamente en fructificaciones de forma característica, rodeada por un peridio (Figura 1.4). Se caracterizan por ser unicelulares, usualmente globosas, con una pared celular bien definida y engrosada que puede ser liso u ornamentado; el número de capas que conforman la pared es variable entre las diferentes especies y, aunque la mayoría presenta dos, la composición de dicha pared de la espora es contradictoria. Algunos autores han reportado presencia de celulosa y ausencia de quitina en ciertas especies como *Comatricha*, otros indican la probable presencia de quitina y celulosa en *Didynium nigripes*; en *Physarum polycephalum* la composición de la pared es un polímero de galactosamina 51% fosfato, 1.4% aminoácidos, y 15.4% melanina.

La espora madura contiene un simple núcleo. Con un nucléolo, no obstante, existen reportes de dos a ocho núcleos en algunas especies, además de organelos como mitocondrias, vacuolas, vesículas, ribosomas y retículo endoplásmico.

Entre otras características, son muy resistentes a condiciones desfavorables ya que el grosor de su pared les ayuda a soportar prolongados períodos de desecación. Se ha obtenido germinación de esporas después de 32 a 61 años de estar preservadas, sin embargo, el porcentaje de germinación es muy variable aún dentro de una misma especie. Utilizando sustratos naturales, las esporas germinan más rápidamente que en medios de cultivos artificiales. Es necesario mencionar que el pH óptimo para la mayor parte de las especies es de 6.5-7.3 y que, además, los medios ácidos inhiben el proceso de germinación.

Para propiciar un proceso de esta naturaleza es necesario un medio con alto contenido de humedad, permitiendo así iniciarse a través de un poro diminuto o por una fractura de la pared en forma de V.

El protoplasma puede emerger de la cubierta de la espora como una mixameba o como célula flagelada dependiendo de las condiciones de humedad. Cuando una espora germina, origina una o más mixamebas o células flageladas, estas últimas tienen la condición típica biflagelada a partir de dos centriolos con flagelos desiguales (anisocontos) y anteriores, en donde el corto es difícil de observar, sin embargo, existen numerosos reportes de células uniflageladas, esto se debe a que el desarrollo de los flagelos no es simultáneo. En *Echinostelum minutus* han sido reportados dos pares de centriolos en cada célula que tienen de uno a cuatro flagelos cada uno. Los flagelos son de tipo látigo, sin embargo, algunos tienen una protuberancia redondeada en la punta que consiste de una expansión de la capa flagelar.

Cuando las células flageladas salen de la cubierta de la espora, nadan alrededor con movimientos rotatorios rápidos combinados con contracciones ameboides. La parte posterior de estas células es mucilaginoso, lo que parece tener importancia en la captura de alimentos y reproducción tanto en las flageladas como en las mixamebas, que son capaces de alimentarse por fagocitosis. Después de un periodo de movilidad, las células en enjambre reabsorben sus flagelos transformándose en una mixameba dependiendo de las condiciones; si estas son desfavorables, se enquistan (microquiste), en cambio, cuando son favorables, retornan el microquiste y germinan dando lugar a una mixameba o una célula flagelada. Si el alimento es abundante y las condiciones favorables, la mixameba se multiplica rápidamente, no obstante, las células flageladas aparentemente son incapaces de dividirse.

## REPRODUCCIÓN SEXUAL (PLASMOGAMIA)

Esta puede tener lugar entre células flageladas o entre mixamebas. Las especies pueden ser heterotálicas y aunque se cree que existe el homotalismo, éste no está plenamente comprobado al igual que la apogamia.

El cigoto se forma por dos planogametas o dos mixamebas. El contacto entre planogametas tiene lugar en su parte posterior nadan por un tiempo y después retraen sus flagelos, transformándose en una mixameba de mayor tamaño, la cual crece gracias a que sus núcleos sufren sucesivas divisiones mitóticas sincrónicas. El cigoto gradualmente se transforma en una estructura ameboide y multinucleada denominada plasmodio, que se encuentra delimitado por una delgada membrana plasmática y una cubierta gelatinosa. El plasmodio no tiene una forma o tamaño definido y la capa gelatinosa a menudo presenta microfibrillas. La naturaleza de la membrana es desconocida.

Existe un flujo protoplasmático que se debe a la presencia de proteínas contráctiles parecidas a las de los músculos de los vertebrados. Tanto la actina como la miosina y la actinmiosina han sido extraídas de varias especies. Dichas proteínas son sensitivas al ATP. Estudios con microscopio electrónico han revelado la presencia de microfibrillas en o cerca del protoplasma claro y que forman las paredes de las venas, lo que sugiere que las fibrillas pueden estar compuestas por actina y miosina.

Los plasmodios presentan corrientes protoplásmicas que les permiten desplazarse y eliminar los residuos de las sustancias empleadas como alimento (principalmente bacterias). En condiciones favorables, sufren una compleja transformación morfológica y originan los esporóforos que contienen las esporas. La meiosis suele ocurrir en esporas jóvenes (entre 15 y 30 horas); tres de los cuatro núcleos meióticos se desintegran y se origina una espora madura, haploide y uninucleada. En condiciones adversas, las fases móviles pueden transformarse en estructuras de resistencia a microcistes o esclerocios (Figura 1.4).

## CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

Estructuralmente se reconocen tres tipos de plasmodios:

**Faneroplasmodio.** Es el más común y mejor conocido. Aparece con más frecuencia y es característico del orden Physarales, formado por una red muy visible de venas que terminan en un margen bien definido donde se concentra el protoplasma. Presentan colores llamativos y corrientes reversibles (Figura 1.5 a).

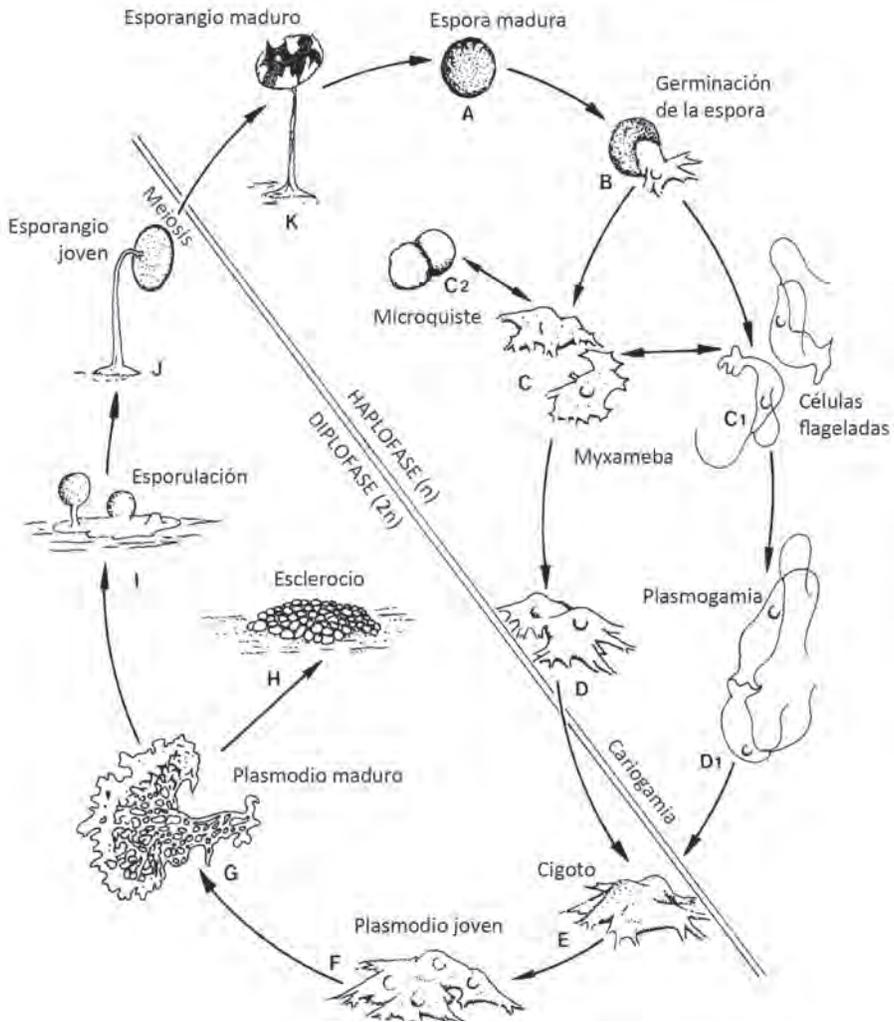


Figura 1.4. Ciclo de vida general de Mixomycota.

**Afanoplasmodio.** Se conocen sólo algunas especies del orden Stemonitales. Se caracteriza por ser hialino e inconspicuo, está formado por una red menos numerosa y muy fina de venas con protoplasma mucho más granular que en el faneroplasmodio. Resulta muy complicado visualizarlas debido a que sólo se concentra en el momento de la fructificación y porque, generalmente, se desarrolla en el interior del sustrato (Figura 1.5 b).

**Protoplasmodio.** Probablemente es el más primitivo de todos. Se conoce de especies pertenecientes al orden Liceales y Echinosteliales, mide aproximadamente 1 mm de diámetro, es hialino, no suele desarrollar venas y generalmente produce sólo un diminuto y simple esporóforo (Figura 1.5 c).

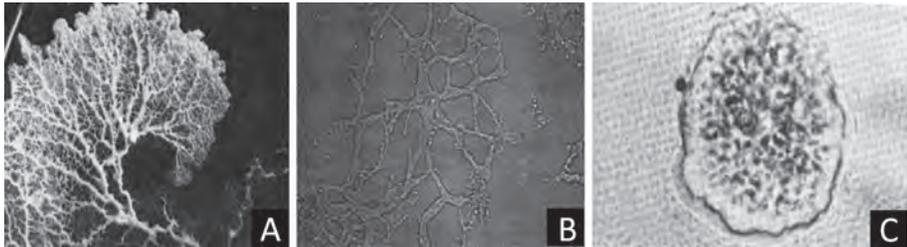


Figura 1.5. Tipos de plasmodios de Mixomycota: a) Faneroplasmodio, b) Afaneroplasmodio y c) Protoplasmodio.

## PIGMENTOS PLASMODIALES

Se puede presentar toda una gradación de colores desde los hialinos hasta los blancos, sin embargo, los más comunes son el amarillo y el blanco. Las condiciones medio ambientales tienen influencia sobre el color del plasmodio; éste puede variar de acuerdo a la concentración del ion hidrógeno y los pigmentos de partículas alimenticias. La naturaleza de los pigmentos es desconocida al igual que su función.

## CUERPOS FRUCTÍFEROS

### Esporóforo

Corresponde a la fase reproductora, se caracteriza por la formación de estructuras simples o complejas y estáticas que portan las esporas. Se reconocen tres tipos de esporóforos:

**Etalios.** Estructuras macroscópicas generalmente de gran tamaño (varios centímetros), subglobosas o hemisféricas que se originan cuando toda la masa de plasmodio se concentra en uno o en escasos cuerpos fructíferos (Figura 1.6).

**Plasmodiocarpo.** Estructuras macroscópicas vermiformes, reticulares, que mantienen la forma del plasmodio (Figura 1.7).



Figura 1.6. Etalios, cuerpos fructíferos globosos.

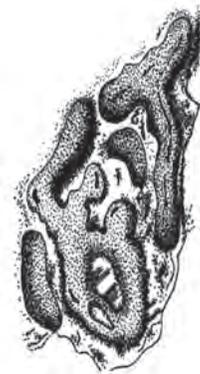


Figura 1.7. Plasmodiocarpos cuerpos fructíferos reticulados, conservan la forma del plasmodio.

**Esporocarpos.** Llamados también esporangios, pueden ser macroscópicos y microscópicos. Se originan por fragmentación y concentración del plasmodio y, por lo general, tienen formas subglobosas y alargadas. Se sitúan directamente sobre el sustrato (sésiles) o en finos pedúnculos (estípites) (Figura 1.8).

Algunos autores consideran el pseudoetalio, que se define como un grupo numeroso de esporocarpos, muy agregados que semejan a un etalio, pero que mantienen su individualidad.

Después de un periodo de lluvia es frecuente encontrar mixomicetos sobre materia vegetal en descomposición como troncos, ramas, hojas, en corteza de árboles vivos e incluso en estiércol de animales herbívoros. La fase plasmodial se encuentra a menudo sobre la corteza, leños o ramas

y generalmente aparecen en forma de abanicos planos, brillantes o masas reticuladas amarillas, blancas, anaranjadas, rojas, violetas o negras. Algunos esporóforos son tan pequeños que sólo se observan con la ayuda del microscopio, mientras que otros alcanzan algunos milímetros. Pueden tener una amplia variedad de formas y colores.

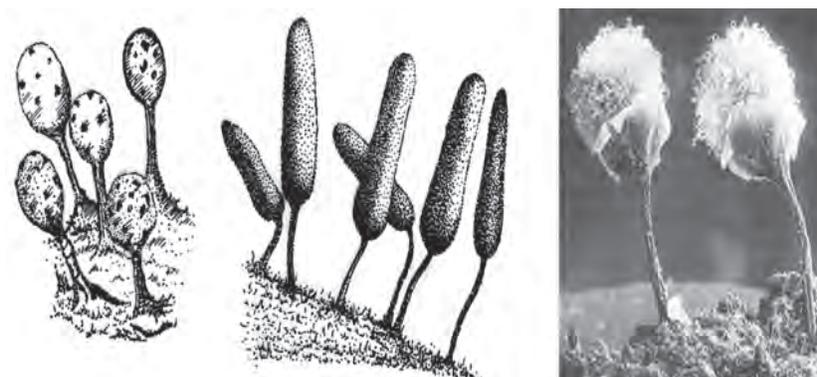


Figura 1.8. Diferentes Esporocarpos típicos.

La mayor parte tiene una distribución cosmopolita, sin embargo, algunas especies están relacionadas principalmente con los ambientes tropicales, desérticos o nivales.

### Estructuras de un esporangio

**Hipotalo.** Estructura basal que une el esporocarpo al sustrato, suele ser membranoso o coriáceo.

**Esporoteca.** Estructura que contiene a las esporas, tienen formas y colores muy variados.

**Estípite.** Estructura tubular o fibrosa, a veces calcárea, que soporta la esporoteca.

**Peridio.** Envoltura membranosa o coriácea que cubre la esporoteca. A menudo es evanescente y permite la dispersión de las esporas; cuando el resto del peridio de forma anular queda unido al estípite tras la dehiscencia se habla de un collar; si el resto es de mayor tamaño, generalmente en forma de copa, se habla de un cálculo. El peridio puede estar formado por una y hasta tres capas, su naturaleza puede ser membranosa, coriácea o calcárea. En ocasiones presenta depósitos calcáreos que pueden o no estar cristalizados.

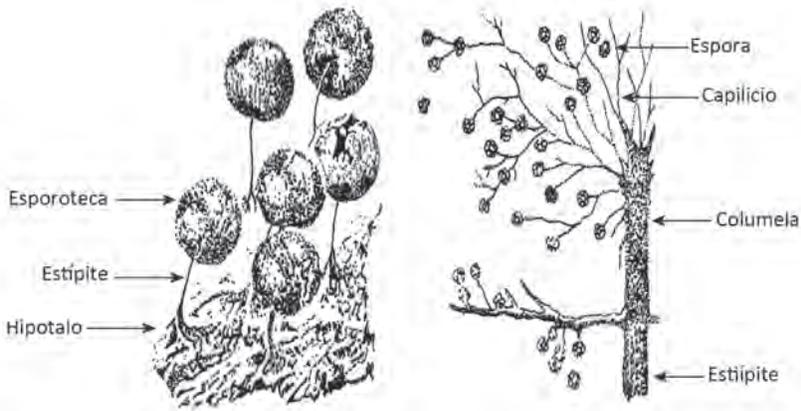


Figura 1.9. Estructuras de un esporangio de Mixomycota.  
Peridio y esporoteca.

**Columela.** Prolongación del estípite en el interior de la esporoteca. Generalmente presenta la misma naturaleza que el estípite.

**Seudocolumela.** Estructura parecida a una columela pero de origen peridial o que resulta de una concentración de los nódulos del capilicio.

**Capilicio.** Estructuras estériles de formas y colores distintos localizadas en el interior de las esporotecas y que contribuyen a la dispersión de las esporas. Generalmente son filiformes, tubulares o reticulares y a veces poseen depósitos calcáreos (Figura 1.10).

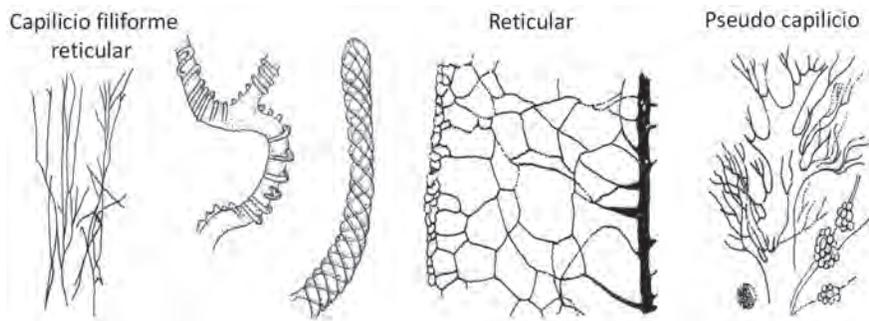


Figura 1.10. Diferentes tipos de capilicio.

**Seudocapilicio.** Restos del peridio que quedan en el interior de la esporoteca y que por su aspecto filiforme o laminar, recuerda al verdadero capilicio.

**Espora.** Elemento reproductor, generalmente de forma subglobosa que se localiza en el interior de las esporotecas y se entremezcla con el capilicio; diámetro entre 5 y 20 mm, sus tonos varían desde el amarillo muy pálido o casi hialino al pardo oscuro o negro. Sus ornamentaciones tienen un gran valor taxonómico y pueden ser puntos, gránulos, verrugas, espínulas, espinas, semi-retículos o retículos. La forma y distribución de las ornamentaciones también tiene valor taxonómico (Figura 1.11).

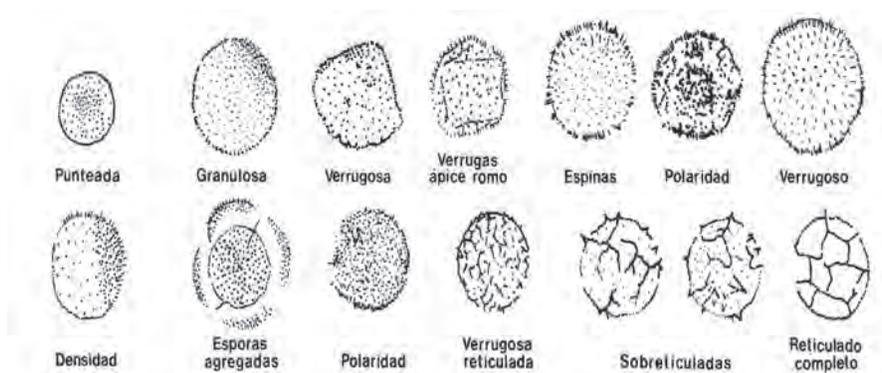


Figura 1.11. Diferentes tipos de esporas.

## DESARROLLO DEL ESPORÓFORO

Presentan dos tipos de desarrollo: el estemonitoide o epipotálico y el mixogastroide o subhipotálico.

**Estemonitoide.** El plasmodio, en un inicio, deposita un hipotalo sobre el sustrato y luego se concentra en una o más masas más o menos esférica dentro de los cuales empieza a depositar un pie; a medida que el pie se hace más largo el protoplasto se arrastra hacia arriba y continúa depositando material siempre por dentro hasta que el pie alcanza la altura total por la información genética; la esfera protoplasmática que ahora rodea el ápice del pie segrega una pared delgada (peridio) alrededor de él y deposita filamentos capiliciales intraprotoplasmáticamente, estos van creciendo desde la columela en dirección a la superficie del esporangio en desarrollo,

el protoplasto esporangial se transforma en esporas y los núcleos experimentan meiosis (Figura 1.12).

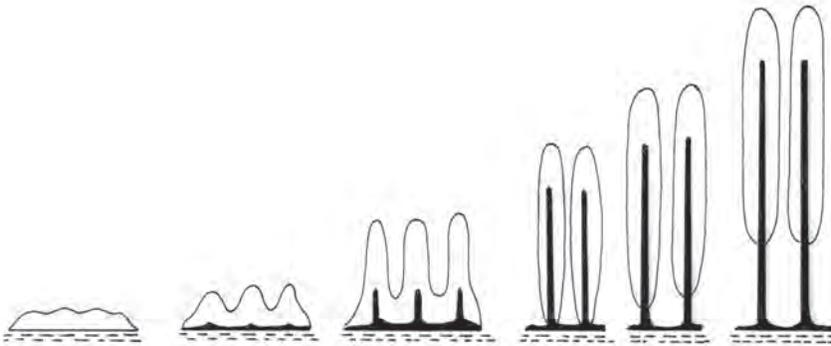


Figura 1.12. Desarrollo estemonitoide.

**Mixogastroide.** El plasmodio se encuentra en varios lugares formando montículos hemisféricos que se separan mediante reabsorción de los filamentos protoplasmáticos que interconectan la capa de mucus del plasmodio formando el hipotalo. Estos montículos se alargan en estructuras columnares llamadas papilas, a medida que se alargan se constriñen formando un pie del esporóforo (Figura 1.13).

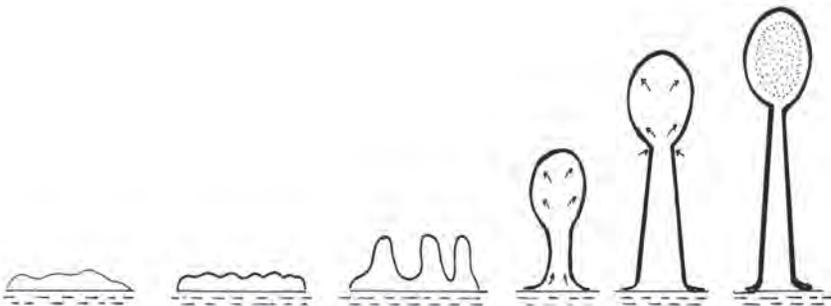


Figura 1.13. Desarrollo mixogastroide.

## NUTRICIÓN Y CULTIVO

Su alimentación es por medio de fagocitosis y se basa, principalmente, en bacterias, esporas de hongos microscópicos, esporas de plantas (criptógamas) posiblemente de protozoarios y fragmentos de materia orgánica muerta. Se conoce muy poco acerca de su proceso de nutrición, se ha observado

que algunos absorben alimentos en estado líquido, sin embargo, la digestión de partículas sólidas probablemente es el método más común, estas últimas son englobadas en vacuolas digestivas, son absorbidos por el protoplasma mediante la acción de enzimas y eliminan sus desechos por deposición de partículas en el sustrato. No ha resultado posible cultivar *in vitro* todas las especies.

### ESCLEROTIZACIÓN

Es generalmente considerado como una respuesta hacia condiciones desfavorables. Bajo ciertas condiciones de humedad y temperatura, el plasmodio (generalmente un faneroplasmodio) se convierte en una masa dura e irregular compuesta de pequeñas esférulas cada una con un número variable de núcleos.

### ESPORULACIÓN

En este proceso se pasa de una fase somática a una reproductiva. El plasmodio completo se convierte en una o más fructificaciones. Las condiciones favorables para la esporulación son: edad óptima del cultivo, un periodo de incubación en la oscuridad y un subsecuente periodo de iluminación; los tiempos para cada uno son variables dependiendo de la especie (en laboratorio).

### DISPERSIÓN DE LAS ESPORAS

Los detalles no son conocidos, no obstante, en la mayoría de las especies su sistema es bastante eficiente presentando una distribución cosmopolita; al parecer el aire es el método más común, sin embargo, se ha reportado un número considerable de animales asociados, ya que en algunas instancias los utilizan como alimento. Algunos escarabajos depositan sus huevecillos en el plasmodio o primordios y al crecer dispersan esporas, ya sean adheridas al cuerpo o por ingestión, sin embargo, no se ha comprobado si las esporas que ingieren son capaces de germinar o les afectan las enzimas digestivas.

### ASPECTOS ECOLÓGICOS DE LOS MYXOMYCOTA

Se conocen unas 750 especies en todo el mundo (Lado, 1995). Debido al tamaño de las especies, y desde el punto de vista ecológico, su forma de vida y el hábitat en el que se desarrollan han sido poco estudiados.

Los mixomicetos utilizan bacterias, esporas de otros hongos y levaduras en su alimentación. Se sabe que ellos sirven de alimento a hongos filamentosos, ascomicetos y a insectos como escarabajos y moscas, pero su papel exacto en las cadenas tróficas es aún desconocido. Los aspectos más estudiados se refieren a la relación que guardan con determinados tipos de sustratos, por lo que se clasifican en: lignícolas, cortícolas (corteza de árboles vivos), herbícolas, humícolas, fimícolas (excremento de animales herbívoros), fungícolas, liquenícolas y muscícolas.

Los factores ambientales que más influyen en su biología son: temperatura (debajo de 7 °C no se desarrollan), humedad (alta), pH (con tendencia a pH ácido) y luz (sólo fructifican en presencia de luz). Otros factores que se relacionan con la distribución de los mixomicetos y el sustrato son: la textura (lisa o rugosa, es importante en cortezas), la capacidad de retención de agua del sustrato, la concentración de nutrimentos (se encuentran más especies en maderas con degradación avanzada) y la presencia de otros organismos como líquenes, briofitas o algas.

En los últimos años los micólogos e inclusive los citólogos, especialistas en genética, los bioquímicos y los biofísicos se han interesado por su estudio debido a que constituyen un material ideal para estudios experimentales. Algunas especies son comestibles en estado de plasmodio como la especie de *Fuligo*.

También tienen importancia porque concuerdan con los protozoarios en sus fases reproductoras y con los vegetales porque forman esporas con pared bien definida que contiene celulosa constituida por un polímero de galactosamina.

Aunque se parecen a los protozoarios y a los hongos verdaderos, sus relaciones filogenéticas no son bien conocidas ya que no cuentan con parentesco directo con otros organismos y sólo concuerda a una evolución convergente, entre ellos y los Eumicota (Plasmodiophoromycetes).