



## CAPÍTULO III HONGOS FITOPATÓGENOS

### MORFOLOGÍA DE LOS HONGOS

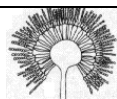
El estudio de los hongos está al cargo de la **micología**, que es una de las disciplinas más antiguas en microbiología. Los hongos están generalmente entre los organismos más estudiados en microbiología. El papel de los hongos en la degradación de la materia vegetal y animal es bastante reconocido. Los hongos han sido tan íntimamente unidos con la descomposición de la materia orgánica que han sido sinónimo de mohosidad y putrefacción. La denominación de hongos proviene de sus representantes más sobresalientes, los hongos que tienen sombrerillo.

El tamaño de los hongos varía desde los más desarrollados que crecen sobre la materia en descomposición tejiendo una amplia red de fibras en el suelo hasta las levaduras unicelulares que sólo pueden ser observadas al microscopio.

Son **organismos eucarióticos** y presentan en común con las plantas la posesión de una pared celular, la vacuolización de su citoplasma y la presencia de una corriente plasmática bien observable así como la incapacidad de moverse. No presentan sin embargo pigmentos fotosintéticos. Como todos los eucarióticos poseen una membrana alrededor del núcleo y del nucleolo, la respiración celular sucede en las mitocondrias presentes en el citoplasma, y las células de los hongos tienen una disposición elaborada del sistema interno de membranas. Crecen en condiciones aeróbicas y obtienen la energía por oxidación de la materia orgánica. Si se comparan con las plantas diferenciadas en raíz, tallo y hojas (**cormo**) los hongos presentan sólo un grado muy bajo de diferenciación y en ellos casi no se da la división del trabajo.

#### ***El cuerpo vegetativo de los hongos.***

El cuerpo vegetativo de los hongos es una estructura llamada **talo**. Los filamentos o **hifas** están formados por la pared celular y el citoplasma con sus inclusiones. Las hifas pueden estar separadas en células mediante paredes transversales o **septos** (hongos superiores) o carecer de paredes transversales (hongos inferiores). Incluso en las hifas septadas el citoplasma de una célula está en conexión con el de las vecinas por un poro central existente en el septo.





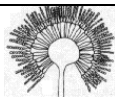
Al conjunto de hifas del talo de un hongo se le denomina **micelio**. En determinados estadios, a menudo en el paso a fases de multiplicación asexual a sexual, el micelio forma conjuntos de aspecto tisular denominados **plecténquimas**. La "carne" de las setas constituye un plecténquima típico. En los hongos superiores el micelio forma también gruesos filamentos, **rizomorfos**, algunos de los cuales participan en el transporte de sustancias.

### Los mohos y sus estructuras.

Los hongos presentan una sorprendente variedad de tamaños y formas, aunque pueden ser en general divididos en dos grupos: los mohos y las levaduras. Los **mohos** son hongos filamentosos o micelares, y están compuestos de unas redes de filamentos llamadas hifas que están entrelazados formando estructura llamada micelio. Los mohos se reproducen sexual o asexualmente, y el micelio y los **cuerpos fructíferos** de un moho se refieren colectivamente al talo fungal. Las esporas de los hongos son de importancia primordial en la identificación del hongo, y serán discutidas en detalle más abajo. El tejido micelar comprende una red de conexiones cruzadas de hifas. El crecimiento de la estructura micelar es por crecimiento desde los extremos de las hifas, con ramificación de los filamentos intermitentemente. El citoplasma de la hifa joven rellena el filamento, aunque más adelante, desde el extremo de crecimiento, el citoplasma es vacualizado, y las hifas viejas son estructuras huecas que pueden ser aisladas del resto del micelio.

En la mayoría de los mohos, las hifas están divididas en secciones por la aparición regular de paredes transversales o septos. Estas estructuras añaden rigidez al filamento, y ayuda a controlar el flujo de nutrientes a través de la red micelial. Los septos varían en complejidad; los septos sencillos tienen un único poro central, pero otros septos como los de los hongos superiores tienen una estructura denominada **doliporo**. Los compartimentos individuales en la hifa pueden contener un solo núcleo, y estas son denominadas hifas uninucleadas o pueden contener varios núcleos, y entonces son denominadas multinucleadas. En los hongos más primitivos como los Ficomicetos (Hongos inferiores), no tienen septos para dividir las hifas en secciones, y la hifa aseptada se denomina como **coenocítica**. Los septos se desarrollan ocasionalmente en Ficomicetos, pero su función es para separar las estructuras reproductivas desde el cuerpo vegetativo de los hongos, o separar las secciones viejas de los talos. A diferencia de otros hongos el septo es diferente, las estructuras elaboradas por los Ficomicetos son placas sólidas, y no hay un poro central.

En ciertos hongos superiores, las hifas adyacentes pueden fusionarse vegetativamente para tomar una estructura tridimensional en red. Que no es otra cosa que los cuerpos fructíferos reproductivos formados. Las hifas pueden además agregarse para tomar acceso a otras estructuras especiales que exhiben un alto grado de organización interna como resultado de un crecimiento





coordinado. Los **Rizomorfos**, literalmente recuerdan estructuras radicales, son parecidas a cuerdas filamentosas que tienen unas estructuras altamente diferenciadas. Estas estructuras aparecen como respuesta al estrés, y en la naturaleza se desarrollan en medios relativamente secos como se encuentran en suelos arenosos. Los **esclerosios** son estructuras endurecidas de las que disponen ciertos mohos para sobrevivir en un estado latente. En cultivo, los esclerosios están pigmentados y son suficientemente grandes para ser vistos a simple vista. Estos son generalmente redondeados, pero pueden mostrar una forma irregular. Las células de la pared exterior de un esclerosio poseen paredes gruesas, y de este modo la estructura tiene grosor, **lado protectivo**. Éste encierra un córtex central de hifas que contienen las reservas de alimento necesarias para la **latencia**. Los nutrientes son típicamente almacenados como gotas de aceite o como glucógeno.

La estructura más familiar generada por los hongos son las setas (callampas). Estas son estructuras reproductoras altamente complejas que demuestran un alto nivel de organización y diferenciación interna. Un tallo o **estipe** soporta la sombrilla o **pileo** bajo la que se desarrollan laminillas. En estas laminillas son producidas las esporas. El desarrollo de las láminas es un proceso altamente coordinado que responde a estímulos del medio ambiente. En orden a que las esporas sean producidas eficazmente, las laminillas se desarrollan verticalmente. Esto es alcanzado por **geotropismo**, como muestra la observación que si durante el desarrollo de la estructura es ladeada, entonces las laminillas aún tienden a la posición vertical.

### Levaduras y sus estructuras.

En las levaduras, el **talo fungal** es generalmente una sola célula. Las levaduras son predominantemente hongos unicelulares que son redondeados, ovals o en forma alargada. Estas varían desde 2 a 10 micrómetros de tamaño. Un número limitado de levaduras elaboran cápsulas extracelulares.

Las levaduras se reproducen generalmente por procesos **asexuales**. La célula parental desarrolla una protuberancia que engrosa y se alarga dentro de una **blastospora** que eventualmente se separa de la parental. Las levaduras raramente forman verdaderas estructuras multicelulares. Algunas levaduras forman cadenas o células alargadas que son llamadas **pseudomicelios** o **pseudohifas**. Los pseudomicelios son células de levadura alargadas que provienen de yemas adheridas juntas en cadenas ramificadas. Las células individuales con pseudomicelio son independientes unas de otras y, a diferencia de las unidades con hifas septadas de los mohos, estas no están conectadas por poros.





### ***La pared celular de los hongos.***

Los hongos fueron descritos en un principio como plantas, ya que no tienen generalmente movimiento y porque sus células están rodeadas por una bien definida y multiestratificada pared celular. Sin embargo, la estructura de la pared celular de las plantas y de los hongos difieren considerablemente, la pared celular de las plantas está hecha de celulosa y hemicelulosa, y las paredes celulares de los hongos están compuestas generalmente de otros polisacáridos incluyendo **quitina**, un polímero de N-acetilglucosamina. La quitina es una estructura polimérica que está también presente en el exoesqueleto de los artrópodos.

El principal componente de las paredes celulares tanto de los mohos como de las levaduras es polisacárido, con más del 80% del material de la pared celular comprendido **microfibrillas cristalinas** en una matriz de material amorfo. El restante 20% de los componentes de la pared celular, proteínas y lípidos están presentes en proporciones aproximadamente iguales. Los componentes de la pared celular polisacárida dependen del tipo de hongo. En los mohos, la quitina es componente fibrilar principal y los polímeros de glucosa conocidos como glucanos forman la matriz de material amorfo. En la levadura del pan, *Saccharomyces cerevisiae*, la pared celular contiene menos que el 1% de quitina, y este polímero está principalmente asociado con la cicatriz de la **yema**, en la que forma un tapón de material.

En un grupo especial de hongos (Oomycetes) junto con los Ficomycetes, la celulosa forma el componente estructural dominante del material de la pared celular.

### ***Reproducción y multiplicación.***

Las hifas de los hongos crecen por el extremo (**crecimiento apical**). En la mayoría de los hongos cualquier parte del micelio puede crecer; para sembrar resulta suficiente un pequeño trozo de micelio para que crezca un talo nuevo. Las formas y los mecanismos de multiplicación son extraordinariamente numerosos y constituyen la base de la clasificación de los hongos.

La reproducción en los hongos puede ser asexual o sexual y, en ambos casos, las **esporas** son las estructuras, responsables de dispersar la progenie para colonizar nuevas localizaciones. Algunas esporas están diseñadas para resistir condiciones adversas de crecimiento o para proporcionar un periodo de latencia. El micelio de los mohos puede también estar fragmentado, y los fragmentos resultantes pueden cada uno subsecuentemente desarrollarse en un talo individual por el proceso de **reproducción vegetativa**. El término reproducción vegetativa es usado para referirse a la reproducción asexual, donde las estructuras reproductoras especiales no son esporas. El estado vegetativo o





asexual de un hongo es conocido como **anamorfo** y el estado sexual como el **teleomorfo** (estado perfecto).

### Reproducción asexual en hongos.

La forma simple de la reproducción asexual es la producción de **esporas vegetativas**. Son dos estructuras principales, asociadas con la reproducción vegetativa. Son los artroconidios, y los clamidoconidios. Los **artroconidios** son producidos por las hifas que se separan y fragmentan. Estos pueden también ser denominados **talosporas**. Los **clamidoconidios** son usualmente mayores que los artroconidios, son redondeados y están inflados con alimentos de reserva. La formación de estas estructuras es usualmente como respuesta al estrés medioambiental. Bajo condiciones favorables, ambos, artroconidios y clamidoconidios germinan para producir un nuevo micelio.

Las verdaderas esporas asexuales de los hongos difieren de las esporas vegetativas en que son formadas en estructuras especializadas llamadas **esporóforos**. Los cuales son también producidos generalmente en gran número. Se producen porque las células se dividen mitóticamente, y la composición genética de las esporas es idéntica a la de la **célula parental**. Estas esporas son variables en tamaño, forma complejidad y color. Esto proporciona medios excelentes para la identificación de los hongos. Y también en parte forma la base de la clasificación micológica. Algunos hongos producen sólo un tipo de esporas asexuales, mientras otros pueden producir diferentes tipos de esporas.

La mayoría de las esporas son diseminadas por el viento, agua o los insectos. Las esporas asexuales proporcionan un medio de reproducción para los hongos y, a causa del gran número de esporas que son producidas, la diseminación extensa de las especies es posible. Algunas esporas asexuales tienen vida corta, y son sensibles al estrés externo como la radiación ultravioleta y la desecación. Sin embargo, este no es el caso siempre. Muchas esporas, particularmente aquellas que tienen pigmentación oscura o aquellas con pared gruesa, tienen resistencia a las presiones medioambientales. Las esporas resistentes pueden ser usadas como un estado de latencia en el ciclo de vida del hongo.

Las esporas asexuales pueden ser producidas bien **exógenamente** en los extremos o lados de las hifas, o endógenamente en estructuras especializadas semejantes a sacos llamadas **esporangios**. Los hongos inferiores producen esporas en esporangios que están formados típicamente en los extremos de hifas ordinarias o en hifas especializadas denominadas **esporangióforos**, aunque pueden ser formados a lo largo de la estructura hifal. Muchos hongos terrestres producen esporas no móviles llamadas **aplanosporas**, pero los acuáticos y algunos hongos habitantes del suelo que viven en suelos húmedos producen





esporas móviles, llamadas **zoosporas**, dentro de esporangios. La movilidad de las zoosporas es conferida por la posesión de flagelos. En los hongos que producen zoosporas, el esporangio es nombrado como el **zoosporangio**.

Las esporas producidas exógenamente están formadas muchas veces en hifas especializadas, y son denominadas **conidiosporas** o simplemente **conidias**. Las conidias varían en forma, color y complejidad y pueden ser grandes o pequeños. Estas están unidas en estructuras llamadas **conidióforos**. Los conidióforos algunas veces, pero no siempre, difieren de las hifas vegetativas, y pueden ser característicos de un género o especie de hongo particular. Ver figura 1, reproducción asexual en hongos deuteromycetes.

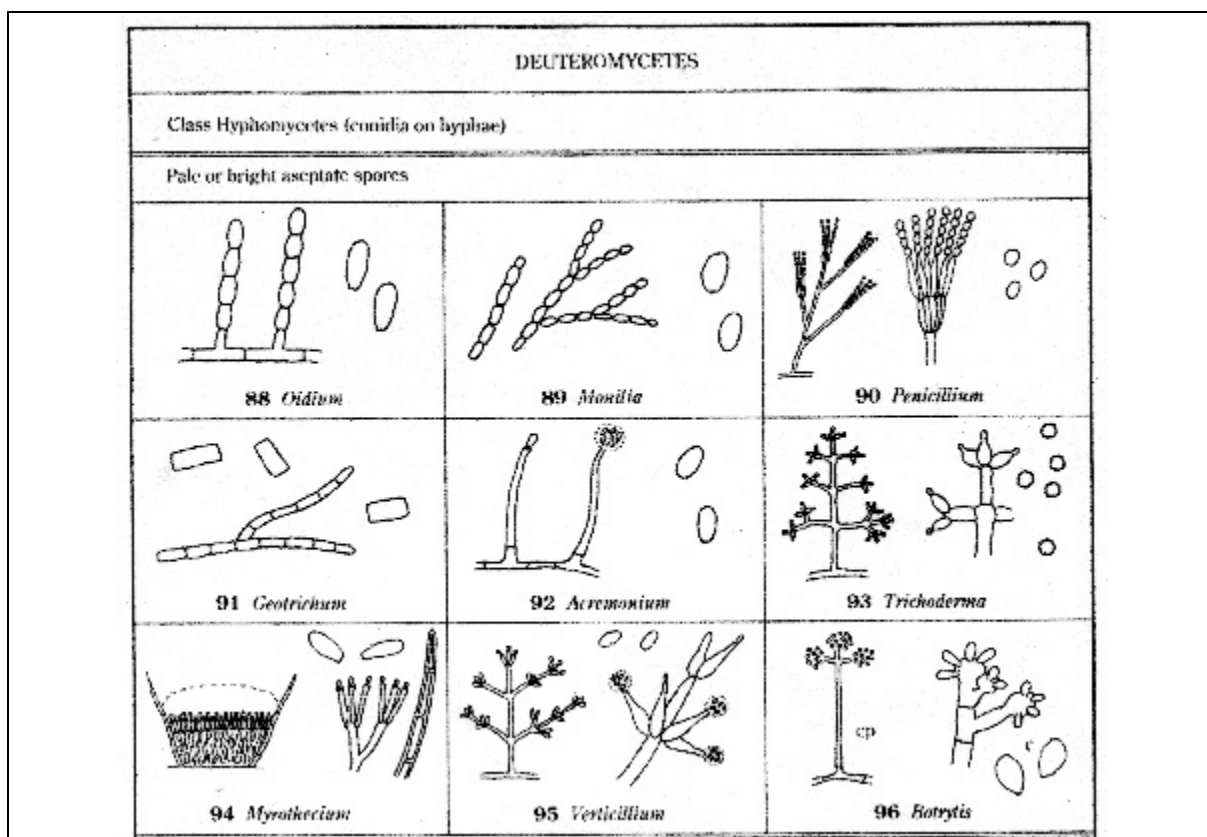


Figura 1. Morfología estructural de hongos deuteromycetes

### Reproducción sexual en los hongos.

Los hongos son clasificados de acuerdo a su método de reproducción sexual, pero hay un grupo de hongos en el que la reproducción sexual no ha sido observada y existen sólo en el estado anamórfico. Estos hongos son agrupados juntos en un grupo conocido los Hongos Imperfectos o **Deuteromycetes**. en





algunos casos, los Hongos Imperfectos pueden ser incapaces de reproducirse sexualmente, pero en otras instancias puede simplemente no haber sido observada. Algunos miembros de los Deuteromicetes son claramente referidos a especies cuyo patrón de reproducción sexual ha sido esclarecido. Tales similitudes son generalmente demostradas por similitud con las estructuras de reproducción asexual de los hongos.

La reproducción sexual en hongos es muchas veces en respuesta al estrés ambiental como cambios de temperatura, pH adverso o carencia de nutrientes. En el laboratorio, las condiciones pueden ser manipuladas para disparar la reproducción sexual por cultivos de crecimientos en medios que son deliberadamente bajos en nutrientes. El resultado de la reproducción sexual en hongos es la producción de esporas sexuales que son muchas veces estructuras resistentes, capaces de entrar en una fase de latencia.

Como en toda reproducción sexual, en los hongos básicamente implica la **fusión de dos núcleos compatibles**. Con la excepción de algunas especies de levaduras, los hongos están en un estado haploide. Esto consiste en que tienen un solo conjunto de cromosomas desapareados. La reproducción sexual de los hongos se produce un estado **diploide**, en el que los cromosomas están apareados, y la fusión celular es seguida por una **meiosis** del núcleo del cigoto (inmediatamente a menudo) así que la progenie puede regresar otra vez más al estado **haploide**.

Típicamente ellos tienen tres fases en la reproducción sexual de los hongos, nombrada plasmogamia, cariogamia y meiosis. La **plasmogamia** supone la fusión de dos protoplastos. Esto conduce a unir dos núcleos compatibles en células idénticas. El par de núcleos es llamado **dicarion** y la célula que los contiene se designa por dicariótica. En los hongos inferiores, la plasmogamia es casi inmediatamente seguida por la **cariogamia**, o la fusión de los dos núcleos, pero en los hongos superiores estos dos procesos pueden ser separados en el tiempo. Además, en los hongos superiores, las células dicarióticas pueden multiplicarse, con una división simultánea de los dos núcleos en cada célula. Este proceso puede producir numerosas células dicarióticas. Esto es lo que se refiere a la fase dicariótica. Cuando la fusión nuclear o la cariogamia sucede eventualmente, esta es seguida por la meiosis, volviendo las células fungales al estado haploide una vez más.

Los órganos sexuales de los hongos se denominan **gametangios**, estos son diferenciados desde las hifas vegetativas. En algunos hongos son indistinguibles unos de los otros, además otros gametangios machos y hembras son claramente diferentes.





**Reproducción sexual en los Ficomicetos.**

En todos los Ficomicetos, el resultado de la reproducción sexual es producir esporas que germinan bajo condiciones favorables para producir el estado reproductivo asexual directamente, o poco después de la germinación. Los Ficomicetos acuáticos generalmente forman gametos móviles llamados zoosporas. Se fusionan para formar un cigoto móvil que solamente le queda entrar en una última fase. Algunos Ficomicetos tienen gametangios morfológicamente dispares. Las estructuras masculinas son llamadas anteridios, y las estructuras femeninas son oogonias. El cigoto que es producido por un anteridio y una oogonia es llamado oospora. En los ficomicetos más avanzados, los gametangios son hifas modificadas, morfológicamente. Estas fusiones terminan con la producción de paredes gruesas, estructuras resistentes llamadas cigosporas u oosporas. Ver figura 2, morfología de los hongos inferiores (ficomicetes)

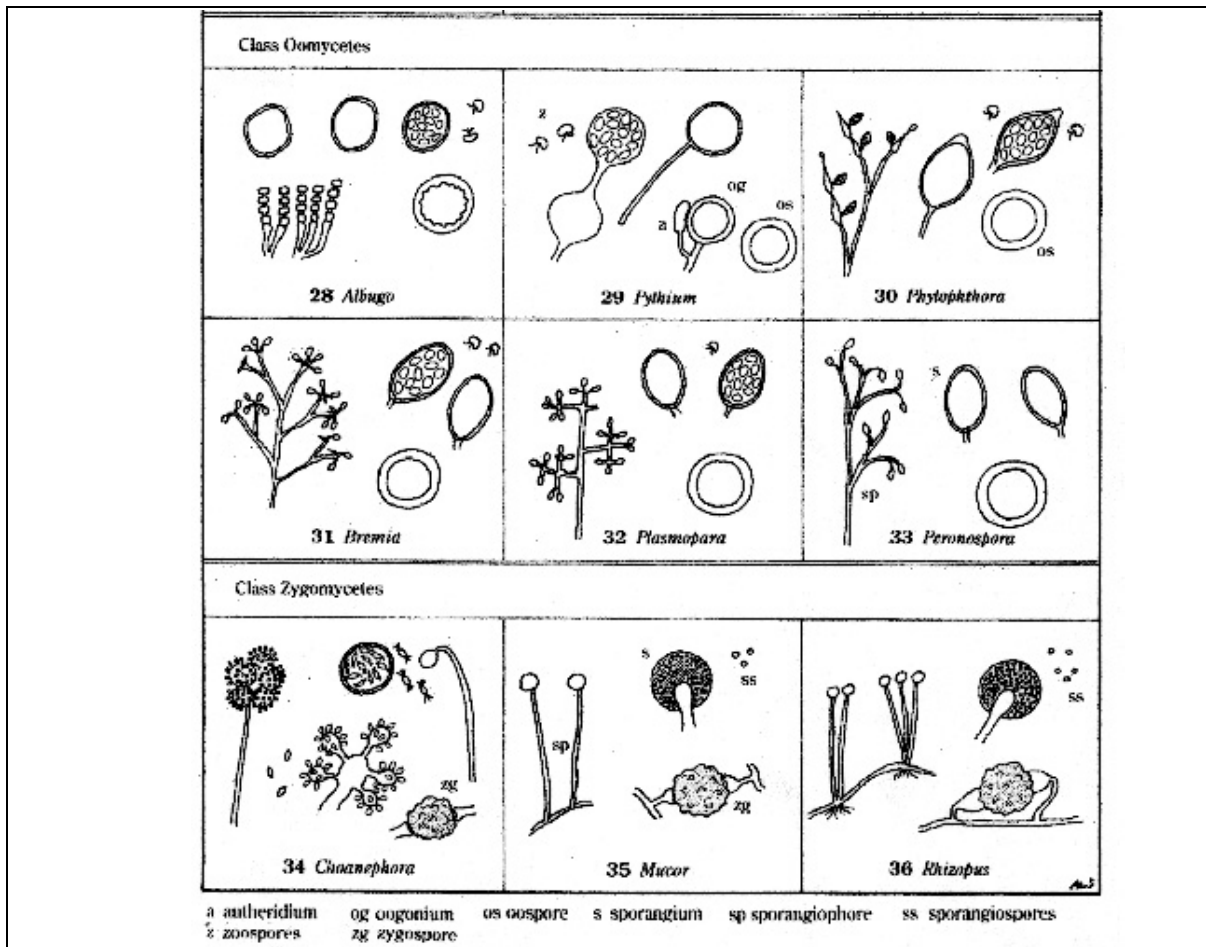
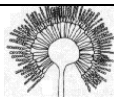


Figura 2. Morfología estructural de hongos inferiores (Oomicetes)







## Reproducción sexual en Ascomicetos (*Ascomycetes*).

La reproducción sexual en los Ascomicetos termina en la producción de ascosporas sexuales haploides en una estructura parecida a un saco llamada asca. La forma de las ascosporas y ascas varía con la especie particular de hongo. Típicamente hay 8 ascosporas en cada asca. En los Ascomicetos inferiores, incluyendo las levaduras, el proceso de reproducción sexual es simple. Las dos células vegetativas se fusionan, y esto es seguido inmediatamente por la fusión de los dos núcleos. La célula cigoto resultante favorece al asca en la cual sucede la meiosis para producir las ascosporas.

En los Ascomicetos superiores, la reproducción sexual es un proceso más complicado. Los núcleos compatibles han sido frecuentemente encontrados morfológicamente dispares en sus gametangios. El gametangio macho es llamado anteridio, y la hembra es ascogonio. La fusión nuclear, o cariogamia, no se hace inmediatamente a continuación de la plasmogamia, o fusión protoplástica, y las células dicarióticas son producidas. También son referidas como hifas ascógenas. Las ascas que contienen ascosporas son producidas desde las células binucleares terminales de las hifas ascógenas, y es aquí donde la cariogamia y la meiosis toman sitio eventualmente para producir las ascosporas. Son varios tipos de ascas. Algunos son globulares, en forma de porra, liberando sus ascosporas por ruptura de la pared, mientras otras son cilíndricas y tienen mecanismos de eyección de las esporas.

Los Ascomicetos superiores producen sus ascas en una estructura fructífera o ascocarpo (Ascoma). Hay tres tipos generales de ascocarpos, llamados cleistotecio, peritecio y apotecio. El cleistotecio tiene completamente cerrada su estructura donde encierra las ascas que dispone aleatoriamente dentro; las ascosporas pueden ser sólo liberadas por ruptura o desintegración de la pared. El peritecio tiene un estrato de ascas organizadas en sus paredes interiores, y un ostiolo a través del cual las ascosporas son liberadas. En muchas de Ascomicetos que producen peritecios, cada asca asciende al interior del ostiolo en sucesión., y allí descarga enérgicamente cada una de sus ascosporas. Un apotecio es una estructura abierta con ascas ordenadas en un estrato bien definido en su superficie superior. Cleistotecio y peritecio son producidos en cultivos, y son muchas veces visibles a simple vista. Ver fig. 3 morfología de ascomycetes.



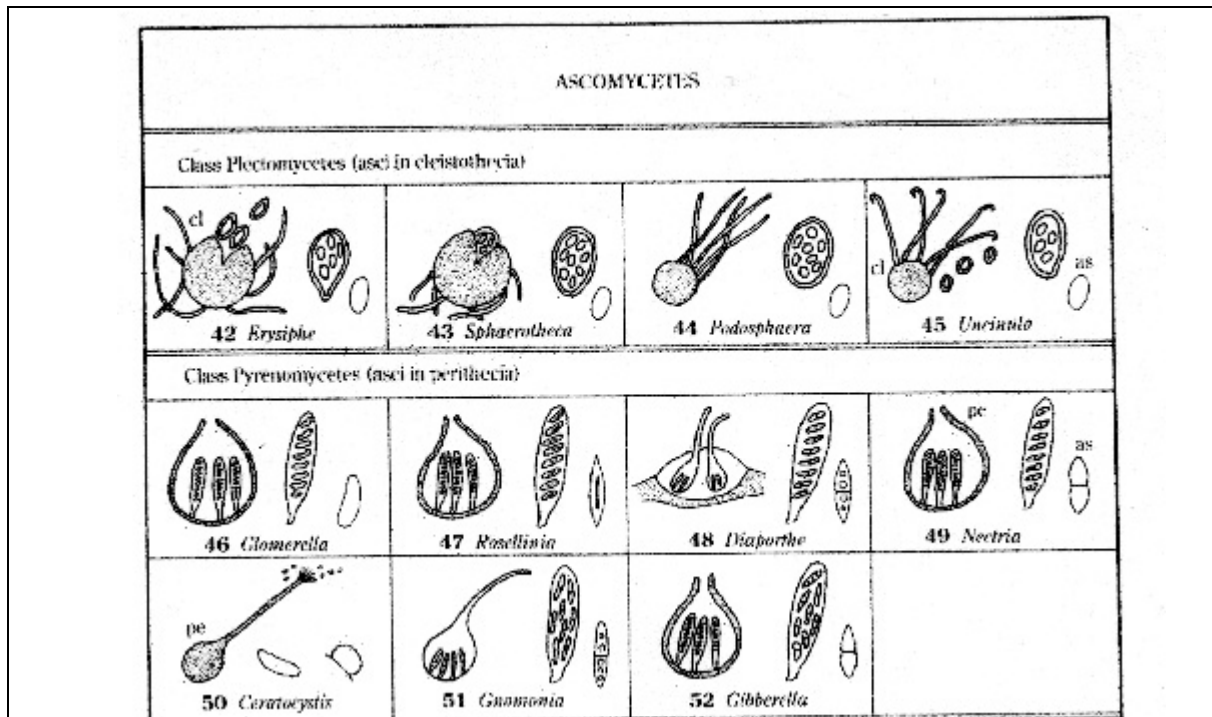
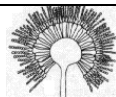


Figura 3. Morfología estructura de los hongos ascomycetes.

### Reproducción sexual en Basidiomicetos (*Basidiomycetes*).

La célula sexual característica en este grupo de hongos es el basidio. El basidio soporta las células sexuales haploides o basidiosporas, usualmente cuatro, externamente en estructuras llamadas esterigmas. En los Basidiomicetos inferiores el basidio está septado y produce desde una hifa o una pared engrosada la última espora llamada teliospora. En los Basidiomicetos superiores los basidios son unicelulares y con forma de porra y son producidos generalmente en estructuras fructíferas conspicuas llamadas basidiocarpos. Muchas veces están organizadas en capas bien definidas llamadas himenio.

Una fase micelial extensiva binucleada (dicariótica) es característica de estos grupos de hongos. Resulta de la fusión de hifas adyacentes, sin fusionar sus núcleos; éstas pueden ser de dos líneas sexuales compatibles si el hongo es heterotálico. Un proceso llamado formación abrazadera asegura que cuando estas células dicarióticas se multiplican, y sus dos núcleos se dividen simultáneamente, uno de cada par va dentro de cada célula hija. El micelio de muchos Basidiomicetos está siempre caracterizado por pequeñas protuberancias a lo largo





de la longitud del micelio, allí la conexión en abrazadera sucede a la unión de las células. Ver fig. 4 morfología de Basidiomycetes

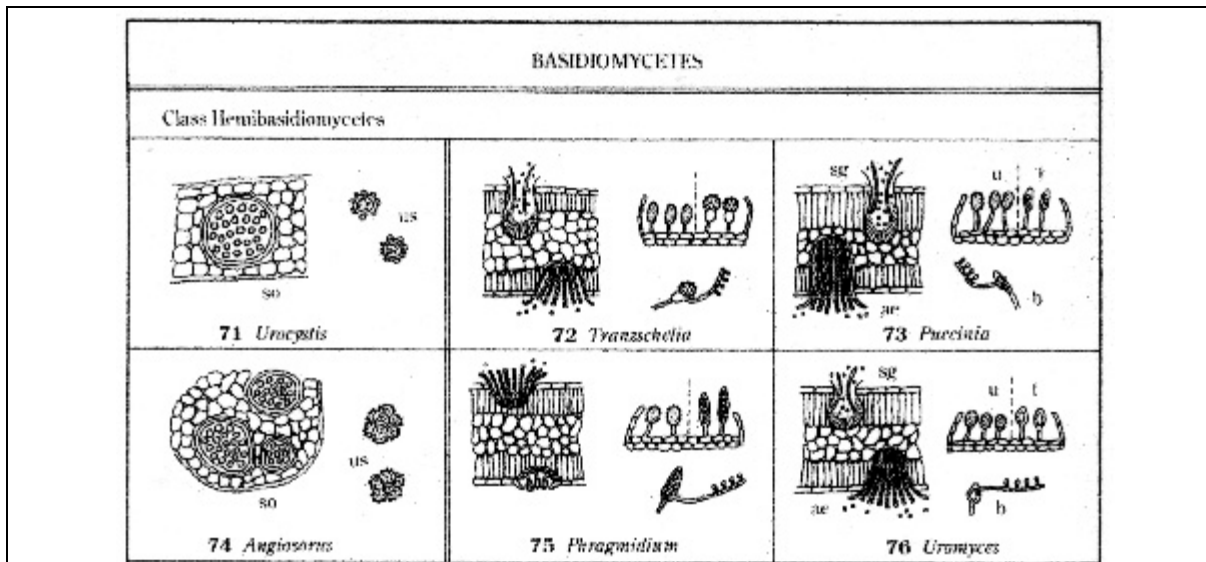


Figura 4. Morfología estructural de hongos basidiomycetes

### **Nutrición de los hongos.**

Los hongos son muchas veces erróneamente confundidos con las plantas. Sin embargo las plantas pueden elaborar compuestos orgánicos complejos desde moléculas inorgánicas simples como el agua y el dióxido de carbono por el proceso de la **fotosíntesis**. Los hongos, en contraste, todos requieren un suplemento de compuestos orgánicos preformados para su producción de energía y crecimiento. Son descritos como organismos **heterotróficos**, de aquí que los heterótrofos sean nutridos desde otra parte, es decir, no son capaces de alimentarse por si mismos como hacen las plantas autótrofas. Muchos hongos son encontrados en la oscuridad, hábitat húmedos, pero están universalmente presentes allí donde se encuentra la materia orgánica.

Los hongos pueden ser saprofiticos o parásitos. Los organismos **saprofiticos** son definidos como aquellos que viven en la materia orgánica en descomposición mediante la degradación de las plantas. Los **parásitos** obtienen sus nutrientes de animales y plantas vivos, y generalmente causan enfermedades en sus hospedadores. La mayoría de los hongos se encuentra como saprófitos en el suelo, viviendo en material vegetal en descomposición, donde estos juegan un papel vital en el reciclado de la materia orgánica. Los hongos se alimentan por **secreción de enzimas hidrolíticas** dentro de su medio local. Estas enzimas





digieren varios polímeros para producir productos solubles que los hongos entonces absorben.

En cultivos artificiales, muchos hongos pueden crecer en un medio de sales minerales conteniendo una fuente de sales nitrogenadas, que contiene glucosa presente como **fuentes de carbono** pueden manufacturar todas las moléculas orgánicas que requieren para crecer a partir del metabolismo de la glucosa. Otros hongos requieren un suplemento exógeno de vitaminas u otros **factores de crecimiento** que no pueden fabricar por ellos mismos en orden a crecer en cultivos artificiales. Los factores de crecimiento añadidos son de particular importancia si las células vegetativas en cultivo están por iniciar la esporulación. Los hongos tienen unos requerimientos específicos de **elementos traza** incluyendo calcio, magnesio, hierro, zinc, cobre y manganeso. No se han encontrado hongos que puedan fijar el nitrógeno atmosférico.

