

III. Los hongos

Fungi es uno de los grupos de organismos más diversos que existen dentro del dominio Eucaria; gracias a los avances se ha podido realizar comparaciones en los genomas de diversos grupos se ha podido establecer un parentesco entre los grupos. Debido al desarrollo de diversos análisis del genoma se ha podido establecer que tanto plantae y animalia, como fungi “los hongos verdaderos”, asimismo miembros protistas más cercano o emparentados como lo son quitridios y coanoflagelados, se encuentran agrupados dentro de uno de los grupos eucarióticos más grandes llamado Opisthokonta (Patterson, 1999). Han surgido diversas hipótesis de las características que pueden y/o deben compartir individuos pertenecientes a este gran grupo, que comprende alrededor de un millón de especies; algunas de las características que se suelen tomar en cuenta pueden ser, la presencia de una etapa móvil unicelular (espermatozoide en el caso de animales) donde únicamente se presenta un solo flagelo posterior, lo cuales van a ser similares a la raíz flagelar que se puede encontrar

tanto en quitridios y en coanoflagelados tanto como la presencia de crestas mitocondriales aplanadas (Cavalier-Smith, 1987; Cavalier-Smith & Chao, 1995).

Dentro Fungi, y como se mencionó anteriormente, existe un grupos denominado “hongos verdaderos”, donde se van a englobar cuatro phylum Chytridiomycota, Zygomycota, Ascomycota y Basidiomycota (Stephenson, 2010; pp 20). Es de suma importancia hacer mención que gracias a la gran diversidad que existe actualmente se han agrupado los phylum anteriores en subreinos (Leeder et al., 2011). En la clasificación se agrupado al phylum Ascomycota y Basidiomycota, dentro de un subreino llamado Dykaria (Leeder et al., 2011). El nombre que se le asignó a este grupo, se debe a que tanto Basidiomycota como Ascomycota, van a presentar una condición reproductiva dicariótica, se define como la fusión de dos hifas que va a generar un intercambio de núcleos más no de citoplasma que resultara en un micelio con células dinucleadas, la cual se va a encontrar a una limitada a una hifa ascógena en caso de algunas especies pertenecientes a de Ascomycota, sin embargo en el caso de Basidiomycota va a ser diferente, ya que cuando germina una basidiospora, el micelio que progresivamente se desarrollara posera únicamente un tipo de núcleo en cada uno de los compartimentos (celdas) de la hifa individual (citado por Stephenson, 2010, pp 102; Hintz et al., 1988; May & Taylor, 1988; Nieuwnhuis et al., 2010).

Dentro del phylum Basidiomycota, se han descrito alrededor de 30,000 especies (Kirk et al., 2001), de los cuales un 37% se han considerado como hongos verdaderos, se han incluido diversos ejemplos que individuos pertenecen a este phylum además de hongos y setas, entre los cuales se pueden encontrar también levaduras, patógenos que afectan a las plantas además de patógenos que pueden afectar seriamente a los seres humanos (Kirk et al., 2001). Lo que caracteriza principalmente es el basidio donde se va a llevar acabo la meiosis, lo que

posteriormente dará lugar a las basidioesporas (esporas sexuales), que se producirán en los esterigma (Deacon, 2006, pp 31). De un mismo modo es posible encontrar otras características que se pueden encontrar en los miembros de este phylum, se pueden apreciar que las hifas pueden llegar a presentar un septo doliporo, el cual va a contribuir en evitar que el núcleo se traslade a otros compartimentos presentes en la hifas (Deacon, 2006, pp 31). En cuanto a las paredes celulares, se suelen caracterizar en encontrarse compuesta por quitina (en el caso de las levaduras) y glucanos (Deacon, 2006, pp 31). En el caso del núcleo este llega a presentarse en forma haploide, aunque durante su ciclo de vida dentro de una colonia, habitan con dos núcleos que generar el “apareamiento” de dos grupos compatibles, este micelio binucleado se conoce como dicarion (Deacon, 2006, pp 31).

Durante su ciclo de vida las basidioesporas suelen germinar y crecer para formar colonias de hifas los cuales, mencionado anteriormente, posera un solo núcleo dentro de cada uno de los compartimentos, siendo a esta fases a la que se le llamara monocarionte; se van a generar oidias a partir de dichos monocariontes, que podrá germinar para producir monocarionte y/o actuar como elemento fertilizador (Deacon, 2006, pp 31). Siguiendo el desarrollo, en el siguiente estado se va a generar cuando dos hifas con dos distintos monocariontes de distintos “apareamientos” compatibles se fusionan o un oídium va a realizar un ataque a otra; esto va a genera un tipo de respuesta “hormonal” (Deacon, 2006, pp 31). Plasmogámia va a ser el proceso por el cual se van a fusionar y lo que dará lugar al estado dicariótico de las hifas (Deacon, 2006, pp 31). El tiempo en que se van a desarrollar los hongos puede variar, de durar semanas incluso meses o años, ya que se produce una gran red de hifas, las cuales van a responder a distintas señales del ambiente (Deacon, 2006, pp 31; Stephenson, 2010, pp 102). Durante la vida de esos hongos todos los tejidos por los que se encuentran formados

los cuerpos fructíferos van a estar constituidos por hifas dicarióticas, siendo durante su último estado de su desarrollo cuando se alinean las lámelas con los basidios; seguido el proceso por el cual cada basidio de dos núcleos se van a fusionar mediante un proceso llamado Cariogamia donde se formaran núcleos diploides que posteriormente va a pasar por meiosis (Deacon, 2006, pp 31). Así se desarrollara sobre cada basidio un esterigma, donde migraran cada uno de los cuatro núcleos, donde finalmente se desarrollaran las siguientes basidioesporas, aunque se han presentado casos donde en lugar de desarrollarse cuatro basidioesporas, se desarrolla únicamente dos basidioesporas se desarrollaran (Deacon, 2006, pp 31).

El phylum Basidiomycota se ha descrito como un grupo monofiletico (mismo ancestro en común) además que es clasificado, de la misma forma como se mencionó anteriormente, es un grupo hermano de Ascomycota (Deacon, 2006, pp 31). Se ha clasificado Basidiomycota y se ha subdividido en tres subfilos conocidos como Agaricomycotina, Pucciniomycota y Ustilaginomycota (Stephenson, 2010, pp 102). Siendo Agaricomycotina el grupo más diverso, con 20,000 especies descritas, siendo el 68% de todas las especies pertenecientes a este phylum y que se estima que puede tener alrededor de 380 000 000 y 960 000 000 de antigüedad (Kirk et al., 2001; Taylor et al., 2004; Stephenson, 2010, pp 103). Dentro de este gran grupo de hongos se encuentran agrupadas múltiples especies, micro y macromycetes, que poseen diversos roles en el ambiente. Se encuentra agrupados un gran número de degradadores de madera, descomponedores pequeños y hongos ectomicorrizicos, las cuales se caracterizan dado que la hifa del hongo se va a encontrar asociada intercelularmente a las raíces de las plantas y nunca dentro de esta, a su vez que patógenos que afectan la madera como *Phellinus weirii*, que afectan cultivos como *Thanatephorus cucumeris* y otros que

afectan a los seres humanos como *Filobasidiella neoformans* (Hibbett, 2006; Herrera et al., 1990). Por otro lado se han agrupado hongos que se caracterizan por ser altamente tóxicos como *Amanita phalloides*, además de alucinógenos como los pertenecientes al género *Psilocybe* e inclusive comestibles; y finalmente se agrupan también saprotrofos cultivables como *Agaricus bisporus*, encontradas en el campo como *Cantharellus cibarius*; de igual manera no todas las especies se van a desarrollar igual, dado que algunos podrán generar cuerpos fructíferos mientras que otros únicamente podrán generar extensas redes de micelios (Hibbett, 2006).

Dentro de la clase Agaricomycetes y la subclase Agaricomycetidae, que se encuentran agrupados en un clado llamado Agaricomycotina, se encuentra el orden Agaricales (citado por Stephenson, 2010, pp 104). En este orden se encuentran agrupados macrofungi mejor conocidos como hongos, los cuales desarrollan un cuerpo fructífero con lamelas por debajo del sombrero (Stephenson, 2010, pp 104). Morfológicamente, el orden Agaricales se caracteriza por la presencia de un sombrero que puede ser aplanado o redondeado, el cual se encuentra sujeto al final de un tipo de estipe, el cual puede encontrarse en el centro del “gorrito” o en una posición asimétrica además que puede variar su tamaño ya que puede llegar a ser largo o corto e inclusive se puede encontrar ausente (Stephenson, 2010, pp 104). Los cuerpos fructíferos generalmente se pueden encontrar en sustratos elevados (Stephenson, 2010, pp 105). Debajo del gorrito se encuentran localizadas las lamelas, las cuales se van a estar distribuidas radialmente conforme al estipe; las lamelas pueden estar sujetas al tope del tallo, se pueden extender cierta distancia debajo del estipe o encontrarse libres del estipe (Stephenson, 2010, pp 105). El himenio se presenta en capas distintas de las lamelas, las cuales en la mayoría de los agaricales se van a encontrar poco separados y donde

frecuentemente se van a encontrar hifas estériles (Stephenson, 2010, pp 105). Una vez que las basidioesporas han madurado son liberadas en los espacios entre las lamelas y son liberadas en el aire debajo del sombrero (Stephenson, 2010, pp 105).

Para la identificación de los miembros del orden Agaricales, la coloración de las basidioesporas es muy importante; se ha identificado un número de grupos de colores con los cuales se puede identificar Agárlicos (Miller, 1973; Stephenson, 2010, pp 105). Las coloraciones se obtienen mediante una impresión de las esporas, que un vez finalizadas nos demostrara el color de cada una de ellas (Miller, 1973; Stephenson, 2010, pp 105). La primera categoría es si las esporas presenta una coloración blanca; esta se va a encontrar presente si las esporas son pertenecientes a las familias Amanitaceae (*Amanita muscaria*), Lepiotaceae (*Cholorophyllum molybdites*), Russulaceae (*Lactarius sp.*), Hygrophoraceae (*Hygrophorus sp.*), Tricholomataceae (*Armillaria mellea*), Marasmiaceae (*Marasmius siccus*) y Mycenaceae (*Mycena haematopus*) (Miller, 1973; Stephenson, 2010, pp 107- 111). Hay que mencionar que en este grupo al igual que en los siguientes, no depende de la coloración cuan emparentados de encuentre una especie de otra (Miller, 1973; Stephenson, 2010, pp 107). El segundo tipo de coloración que se puede identificar esporas que presenten una tonalidad salmón a rosa; la cual se va a presentar en miembros de las familias Pluteaceae y Entolomataceae (Miller, 1973; Stephenson, 2010, pp 111). El tercer tipo de coloración de esporas va de una tonalidad negra a una gris ahumado, que se van a presentar en familias como Coprinaceae donde podemos encontrar especies como *Coprinus atramentarius*, el cual es una especie comestible únicamente cuando dentro de la comida no se encuentre ningún tipo de bebida alcohólica, además de no haberse consumido ni antes ni después de dicha comida, ya que si este hongo de mezcla con alcohol puede causar síntomas como nauseas e

inclusive vómito (Miller, 1973; Stephenson, 2010, pp 112). La siguiente coloración que se puede llegar a presentar varía entre café-morado, y chocolate-café; esta coloración va a ser característica de dos familias, Strophariaceae* y Agaricaceae (Miller, 1973; Stephenson, 2010, pp 112). La familia Strophariaceae es un tipo de hongo que es posible encontrarlos en el piso, en estiércol y/o en madera; un género importante perteneciente a esta familia es *Psilocybe*, reconocida como uno de los géneros empleados durante los rituales sagrados, al que es muy bien conocido por contener diversas especies alucinógenas; son conocidas también como “pequeños hongos cafés” (Miller, 1973; Stephenson, 2010, pp 112). En el caso de Agaricaceae su género más importante *Agaricus*, producen cuerpos fructuosos un poco largos y un cuerpo fructuoso carnoso; estos cuerpos fructuosos generalmente crecen en áreas urbanas, lo que es bien conocido que es capaz de forzar su crecimiento a través del suelo duro e incluso el asfalto (Miller, 1973; Stephenson, 2010, pp 113). Otra coloración que se llega a presentar una coloración de arcilla, se presenta únicamente en miembros de la familia Paxillaceae, donde su género *Paxillus*, que es fácil encontrarlo y se pueden apreciar claramente las lamelas; los miembros de esta familia no se encuentran emparentados cercanamente con otras familias (Miller, 1973; Stephenson, 2010, pp 113). El último tipo de coloración que se puede presentar va a variar entre un café-amarillo brillante a un café-arcilloso en las esporas; en cuanto a este tipo de tonalidad se puede encontrar en varias familias, pero se encuentra presente en la familia Cortinariaceae, que posee varios grupos que han sido difíciles de estudiar (Miller, 1973; Stephenson, 2010, pp 113). Entre los géneros *Carex*, *Senecio*, *Eleutherodactylus* y *Cortinarius* (Miller, 1973; Stephenson, 2010, pp 113).

La familia Strophariaceae, es un grupo de hongos en lo que se las lamelas (Fig 1.), placas donde se encontrarán sobre el himenio donde se producirán los basidios y las basidiosporas,

que se encuentran presentes se van a encontrar adheridas o subadheridas al estipe (Fig 1.), estructura caracterizada por ser el pie de un basidiocarpo, que puede presentar un anillo o no dentro de los cuerpos fructíferos maduros; las esporas como se mencionó antes, posee una color que varía entre café y morado, además que van a presentar un poro germinal apical (Herrera et al., 1990). En caso de especies *Stropharia coronilla* es un hongo el cual llega a presentar un sombrero liso y plano de una tonalidad amarilla, con un anillo estriado que se encuentra dispuesto como un tipo de corona y que puede consumirse (Herrera et al., 1990). Pero es el género *Psilocybe* el que posee mayor importancia dentro de esta familia, ya que es el género de hongos alucinógenos sagrados en México y que poseen un significado místico dentro de diversas etnias indígenas, que han sido practicadas desde tiempos antiguos hasta la actualidad (citado por Herrera et al., 1990). Algunas de las especies que han sido identificadas para este fin son *Psilocybe cubensis*, *P. caerulescens*, *P. mexicana*, *P. zapotecorum*, *P. muliercula* y *P. aztecorum* (Herrera et al., 1990). En los miembros de género *Psilocybe*, los cuerpos fructuosos, suelen adquirir una tonalidad azul o verdosa cuando son cortadas o maltratadas; una característica de especies pertenecientes a este género es la falta de un anillo en el estipe (Herrera et al., 1990). Por otro lado cada una de las especies se van a desarrollar en diferentes tipos de sustratos como en laderas erosionadas, en suelos arcillosos, en derrumbes, en bagazos de caña de azúcar o en las orillas de camino en el caso de *P. caerulescens*; por otro lado se pueden dar en praderas o en bosques como *P. mexicana*; también se pueden desarrollar en suelos pantanosos de bosques subtropicales (*P. zapotecorum*); se pueden dar en barrancas de bosques de coníferas (*P. muliercula*); y finalmente en suelos de partes altas de coníferas en caso de *P. aztecorum* (Herrera et al., 1990). Otros miembros de esta familia son los géneros *Naematoloma* y *Pholiota*, los cuales se llegan a desarrollar en troncos podridos en bosques de coníferas (Herrera et al., 1990).

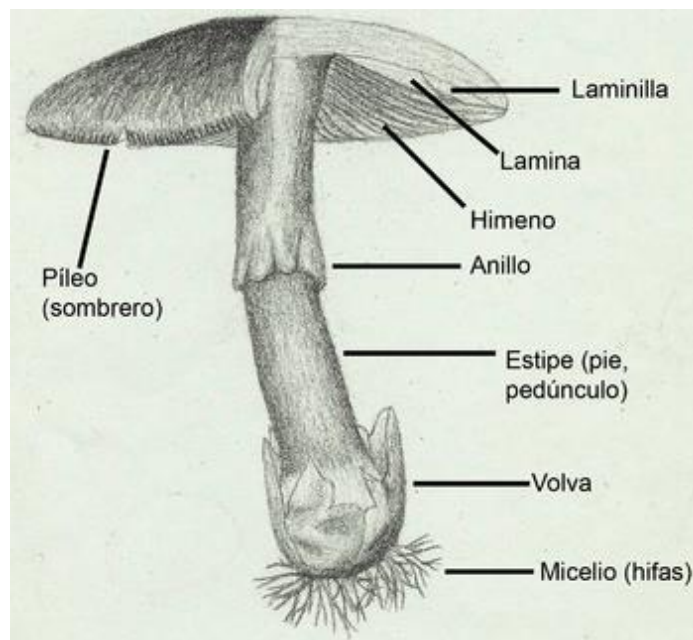


Fig 1. Anatomía de un cuerpo fructífero

([https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/9a/Amanita_Cesarea_\(diagrama\).png/350px-Amanita_Cesarea_\(diagrama\).png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/9a/Amanita_Cesarea_(diagrama).png/350px-Amanita_Cesarea_(diagrama).png))

El género *Psilocybe* se encuentra constituido por cerca de 300 especies, los cuales suelen ser sapotróficos en excremento de distintas especies de herbívoros (Stephenson, 2010, pp 222). Ejemplo de lo anterior es la especie *P. cubensis*, que se desarrolla comúnmente en estiércol de ganado bovino, ovino e inclusive de equinos, en zonas calientes del hemisferio norte ya que se encuentra limitado por el clima (Stephenson, 2010, pp 222; Stamets, 1996). El cuerpo fructífero de *P. cubensis* se ha descrito como largo en comparación de otras especies del género que puede llegar a medir entre 10 a 15 cm (Stephenson, 2010, pp 222).

Pero a pesar de que el género *Psilocybe* es uno de los mayores conocidos como hongos sagrados, existen otras especies que también se consideran como sagrados y a su vez poseen psilocibina, de la cual se hablara más adelante, la cual es la causante de los efectos alucinógenos de los hongos (Stephenson, 2010, pp 222). *Panaeolus foenisecii* es un ejemplo de los anterior, que al igual que *P. cubensis*, se desarrollan en el hemisferio norte como

también en otras zonas del mundo (Stephenson, 2010, pp 113). *P. foenisecii* suele desarrollarse en pastizales, donde desarrollan pequeños cuerpos fructíferos, los cuales se caracterizan por el sombrero con forma acampanada en largos estipes, que se van a encontrar en pequeños grupos; a pesar que esta especie no es muy usada, a pesar de poseer propiedades alucinógenas, debido al tamaño pequeño del cuerpo fructífero (citado por Stephenson, 2010, pp 222).