



Generalidades sobre los hongos verdaderos (reino Fungi)

Apellidos, nombre	Ferriol Molina, María (mafermo@upvnet.upv.es)
Departamento	Dpto. Ecosistemas Agroforestales
Centro	Universitat Politècnica de València



1 Resumen de las ideas clave

Los hongos verdaderos forman el reino Fungi. Se originaron hace unos 600 a 1400 millones de años a partir de un ancestro común unicelular que también dio lugar a la línea evolutiva de los animales. Desde el punto de vista morfológico, son unicelulares y sobre todo filamentosos. Los filamentos, denominados hifas, forman micelios que maximizan el contacto del hongo con el sustrato en el que se desarrolla. Las hifas crecen únicamente por sus extremos, y poseen una pared celular compuesta por quitina. Los hongos verdaderos son heterótrofos. Se nutren de materia orgánica mediante digestión externa. La reproducción puede ser asexual o sexual. Predomina la esporulación, en la que el hongo forma esporas muy resistentes a factores ambientales limitantes, de manera externa o interna, y tras un proceso de mitosis o meiosis.

2 Introducción

Los hongos, considerados en su sentido más amplio, forman en realidad un conjunto de distintos grupos de seres vivos que no están emparentados entre sí. Tradicionalmente se ha pensado que formaban un único grupo evolutivo debido a sus características comunes: son organismos eucariotas talófitos, poseen un modo de alimentación heterótrofo mediante digestión externa y absorción, no tienen clorofila, crecen de manera indeterminada, se reproducen por esporas sexuales o asexuales, y son inmóviles. Sin embargo, hoy sabemos que estos seres vivos se distribuyen en cinco clados distintos del árbol de la vida que divergieron muy tempranamente.

Los llamados hongos verdaderos representan el reino Fungi. Pertenecen al clado de los opistocontos (Opisthokonta), que también incluye a los animales, pero no a las plantas. Los opistocontos tienen como característica común la presencia en su ciclo vital de células que se mueven gracias a un flagelo situado en su parte posterior. Los hongos verdaderos y los animales se separaron hace unos 600 a 1400 millones de años a partir de un ancestro común que probablemente fue unicelular, acuático, y capaz de formar en esporangios zoosporas con un único flagelo posterior. Desde entonces los hongos verdaderos se han diversificado y se estima que existen 1,5 millones de especies, aunque sólo se conocen alrededor de 95.000.

En este objeto docente se exponen los aspectos generales de la biología de los hongos verdaderos, sin entrar en su clasificación taxonómica: su origen, su morfología, su forma de nutrirse y su modo de reproducirse.

3 Objetivos

Una vez que el alumno se lea con detenimiento este documento, será capaz de:

- Explicar los aspectos distintivos de los hongos en cuanto a su morfología, crecimiento, nutrición y reproducción.
- Nombrar las principales similitudes y diferencias entre hongos, plantas y animales.

4 Desarrollo

4.1 Origen

El hongo más antiguo fue probablemente acuático. Hace alrededor de 550 millones de años, los primeros hongos terrestres existían ya y se habían diversificado, incluso antes de que surgieran las plantas terrestres. Posiblemente estos primeros hongos jugaron un papel esencial en el paso al hábitat terrestre de las plantas al establecer simbiosis micorrícicas con ellas.

4.2 Morfología y crecimiento

Las levaduras, pertenecientes al grupo de hongos ascomicetos, son unicelulares y a veces forman pequeños agregados. Sin embargo, la mayoría de los hongos verdaderos son pluricelulares talófitos y adoptan una forma filamentosa (Figura 1). Cada uno de los filamentos cilíndricos se denomina hifa, y la masa de hifas es el micelio. Esta morfología filamentosa permite a los hongos aumentar la relación superficie / volumen de su organismo, pudiendo así maximizar el contacto del hongo con el sustrato en busca de agua y alimento.

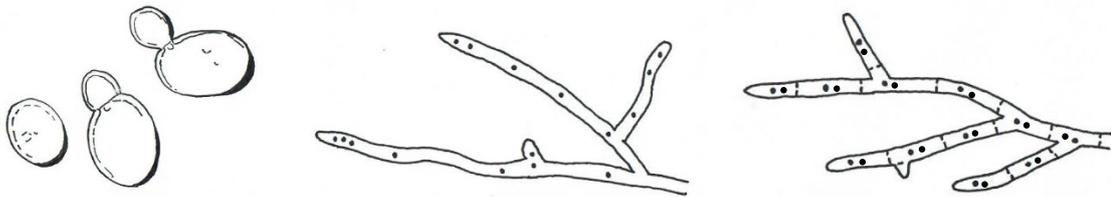


Figura 1. Morfología de los hongos verdaderos. A. Levaduras unicelulares. B. Hongo pluricelular con hifas no septadas. C. Hongo pluricelular con hifas septadas.

Las hifas poseen una pared celular compuesta por quitina, un polisacárido nitrogenado (o polímero de glucosamina) muy duro y resistente. Es el mismo compuesto químico que forma el exoesqueleto de los artrópodos. A diferencia de los hongos, la pared celular de las plantas consta del polisacárido celulosa (polímero de glucosa).

El micelio es sifonado cuando no tiene septos o paredes transversales, y es septado en los hongos más evolucionados (Figura 1). En ese caso, los septos refuerzan toda la estructura, pero nunca separan las células entre ellas por completo, sino que dejan un poro por donde pueden pasar corrientes con citoplasmas, incluyendo en ocasiones los núcleos, mitocondrias y otros orgánulos celulares.

Las hifas crecen únicamente por sus extremos (crecimiento apical) y nunca en grosor. Las hifas van ramificándose y a veces varias ramificaciones se sueldan, formando una red íntimamente ligada al sustrato. Las proteínas se sintetizan en todo el micelio, y ayudan al crecimiento activo de los extremos mediante las corrientes citoplasmáticas. Con el paso del tiempo el micelio central puede ir muriendo, aunque sigue creciendo y ramificándose por los bordes, formando en algunos hongos lo que se llama corro de brujas que cada año es más

amplio. Se han descrito individuos enormes y muy longevos, como uno de *Armillaria ostoyae* (Romagn.) Henrik que crece en Oregón, que ocupa casi 900 hectáreas y tiene 2400 años.

4.3 Nutrición

Los hongos, al igual que los animales, son heterótrofos. Obtienen su alimento como saprófitos, parásitos o simbiosntes.

Durante la digestión de los animales superiores, las moléculas grandes que forman los alimentos se transforman gracias a la acción de las enzimas en moléculas más pequeñas (nutrientes) que son capaces de atravesar las membranas celulares. Los animales superiores ingerimos el alimento y lo digerimos en el interior de nuestro organismo. Los nutrientes pasan así del estómago al torrente sanguíneo.

Los hongos lo hacen al revés, su nutrición es mediante digestión externa o lisotrofía. Secretan las enzimas necesarias a través de las paredes de las hifas para digerir externamente moléculas complejas y muy poco solubles, como carbohidratos, lípidos y proteínas. Las moléculas pequeñas y más simples que se generan tras la digestión son solubles, por lo que el hongo puede absorberlas a través de sus paredes y membranas hacia el interior de las hifas (Figura 2).

En los hongos, al igual que en los animales, el principal producto de almacenamiento de la glucosa es el glucógeno. Sin embargo, las plantas polimerizan la glucosa excedente de otra forma, formando moléculas de almidón.

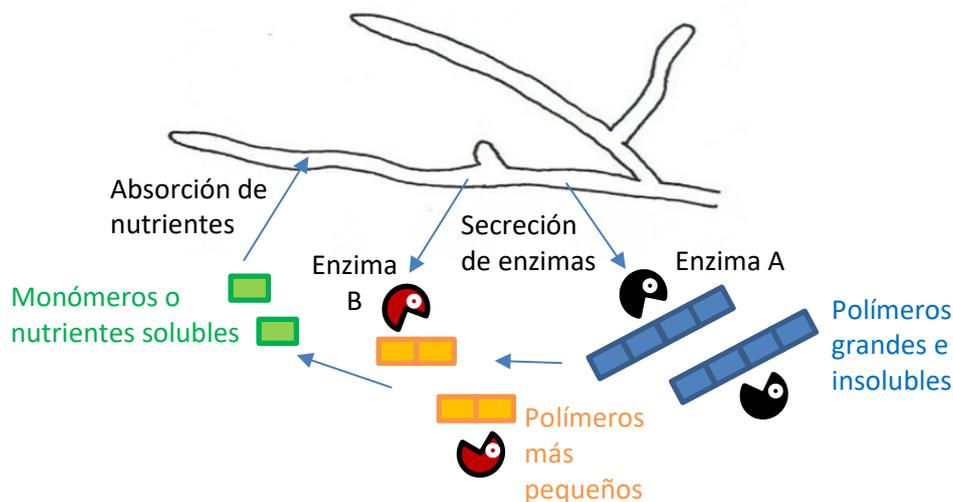


Figura 2. Esquema de la digestión externa o lisotrofía propia de los hongos verdaderos.

4.4 Reproducción

Las levaduras unicelulares se suelen reproducir asexualmente por gemación, en la que una pequeña parte de la célula con una copia del núcleo se separa de la misma y crece hasta formar una célula idéntica a la original. En los hongos pluricelulares, puede haber también reproducción asexual mediante fragmentación del micelio. Sin embargo, la forma más común de reproducción en los hongos pluricelulares es la esporulación.

Las esporas son células o propágulos muy resistentes a la deshidratación, calor y frío. Se denominan endosporas si se forman en el interior de un esporangio formado por la pared celular de la célula madre, y se liberan cuando esta pared se rasga. Por el contrario, se denominan exosporas si se van liberando a medida que se van formando.

Las esporas son asexuales si se forman mediante mitosis (mitosporas) y generan individuos clónicos, genéticamente idénticos a la madre. Son muy frecuentes las conidiósporas o conidios, que son exosporas asexuales que se generan en cantidades enormes (Figura 3).

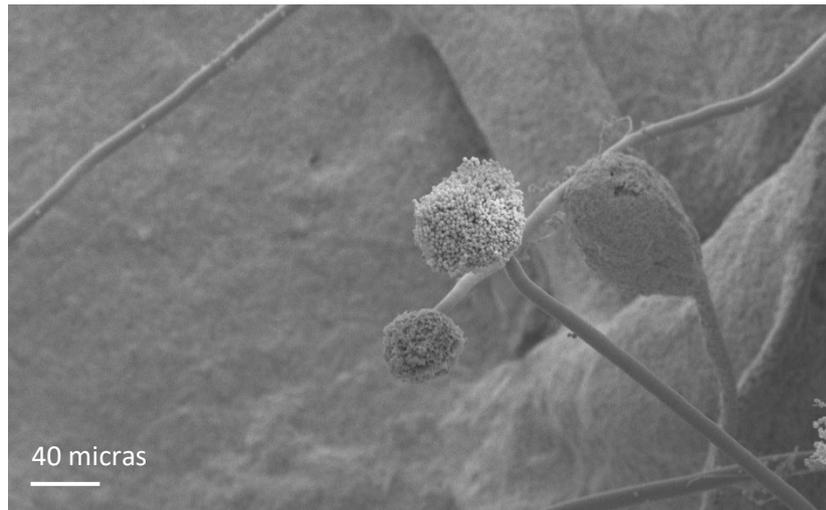


Figura 3. Hongo perteneciente al género Aspergillus visualizado a través de un microscopio con 235 aumentos. Se observan las hifas y los conidióforos produciendo miles de conidiósporas. Imagen de wikimedialimages en pixabay.

Las esporas son sexuales si se generan mediante meiosis (meiosporas) a partir de células diploides, dando como resultado esporas haploides. En los hongos más primitivos, las meiosporas se forman directamente sobre el micelio. En los más evolucionados, se forman en una capa fértil o himenio, sostenidos por falsos tejidos de hifas llamadas carpóforos (setas) en los que las hifas se empaquetan para ganar altura y poder dispersar mejor las esporas a través del aire (Figura 4).

A menudo, en el ciclo de vida de un mismo hongo se alternan una fase asexual con una fase sexual. La fase asexual suele ocurrir cuando las condiciones del medio son favorables y los hongos persiguen colonizar el medio con rapidez, mientras que la sexualidad suele desencadenarse cuando las condiciones empeoran y la prioridad es generar diversidad frente a un medio ambiente cambiante.

Las esporas se diseminan generalmente por el aire (aplanosoras) aunque en ocasiones se diseminan por el agua mediante flagelos (zoosporas).



Figura 4. Formación de esporas sexuales (meiosporas) en Basidiomycetes. Arriba: Carpóforos o setas saliendo de un trozo de madera colonizada por el micelio del hongo (las hifas son visibles en la parte inferior de la fotografía). Se puede observar que el hongo posee un himenio laminado. Abajo izquierda: sección transversal de un carpóforo. En el centro se observa un círculo que corresponde al pie o estípite, rodeado por las láminas del himenio del sombrerillo o píleo. Abajo derecha: detalle de la fotografía anterior, donde se pueden observar las meiosporas formadas en el himenio, como puntitos negros.

El hongo se desarrolla directamente a partir de las esporas sin formar un embrión. En el ciclo sexual, el hongo crece inicialmente mediante hifas haploides a partir de las meiosporas. En las hifas maduras, se forman gametangios. En los hongos acuáticos más primitivos puede darse una fecundación externa. Sin embargo, en los hongos adaptados al medio terrestre, los gametangios actúan como estructuras reproductivas destinadas a contactar o fusionarse directamente, sin separarse de las hifas que los sostienen. A veces, hay una diferenciación entre micelios y sólo los micelios compatibles pueden fusionarse. Esta fusión se llama gametangiogamia: las dos hifas se aproximan y los gametangios se unen. Primero se produce la fusión de citoplasmas (plasmogamia) y posteriormente se produce la fusión de los núcleos haploides (cariogamia). En ascomicetos y basidiomicetos, se suele dar una heterocariosis, en la que en la fusión de los gametangios hay una plasmogamia sin cariogamia, dando lugar a una célula con dos núcleos haploides llamada dicariótica. Esta célula se multiplica produciendo una hifa dicariótica. Finalmente, en las células de los extremos de las hifas se produce la cariogamia, produciendo una célula diploide o cigoto que sufre inmediatamente



una meiosis cuyo resultado es la generación de cuatro meiosporas haploides, cerrando así el ciclo sexual.

4.5 Cierre

Además de las peculiaridades propias de los hongos ya citadas, como la presencia de quitina, la nutrición mediante digestión externa o la esporulación como medio de reproducción en la mayoría de los casos, hay otras características menos evidentes que diferencian a los hongos de los animales y de las plantas. En sus células, los hongos acumulan ergosterol y no colesterol como en los animales. Estos esteroides permiten modificar la fluidez y permeabilidad de las membranas celulares y actúan como moduladores de algunas proteínas celulares. Por otra parte, algunos aspectos del metabolismo también difieren entre los tres grupos. Por ejemplo, los hongos sintetizan lisina por la vía del ácido alfa-aminoadípico a diferencia de las plantas que la sintetizan por la vía del ácido diaminopimélico, mientras que los animales no la pueden sintetizar. También existen diferencias desde el punto de vista genómico. El genoma de los hongos no contiene ninguna secuencia presente en el genoma de animales y plantas y que son claves en el control de su desarrollo pluricelular. Esto sugiere que hongos, animales y plantas divergieron cuando en los tres reinos sólo existía el nivel de organización unicelular.

5 Bibliografía

5.1 Libros:

Izco, J. (Coord.). "Botánica". 2ª edición. McGraw Hill-Interamericana, Madrid, 2010.

Margulis, L.; Chapman, M.J "Kingdom Fungi" En: "Kingdoms and Domains. An Illustrated Guide to the Phyla of Life on Earth" 4ª edición. Academic Press, 2009, pp. 279-409.

Moore, D.; Robson, G.D.; Trinci, A.P.J. "21st Century Guidebook to Fungi". 2ª edición. Cambridge, Cambridge University Press, 2020.

Tellería, M.T. "Los hongos. ¿Qué sabemos de?" CSIC, Ed. Catarata, Madrid, 2011.

5.2 Revistas:

Stajich, J.E.; Berbee, M.L.; Blackwell, M.; Hibbett, D.S.; James, T.Y.; Spatafora, J.W.; Taylor, J.W. The fungi. *Current Biology* 19: R840, 2009.