



Diversidad de los hongos

Apellidos, nombre	Ferriol Molina, María ¹ (mafermo@upvnet.upv.es) López del Rincón, Carmelo ² (clopez@upvnet.upv.es)
Departamento	¹ Dpto. Ecosistemas Agroforestales ² Dpto. Biotecnología
Centro	Universitat Politècnica de València



1 Resumen de las ideas clave

En este artículo se presentan las características generales, que incluyen rasgos anatómicos, morfológicos y fisiológicos, de los hongos. Los hongos constituyen un grupo muy heterogéneo de organismos eucariotas y sin clorofila. Tradicionalmente, los hongos se han distribuido en clados que ahora se sabe que no tienen cercanía filogenética. Estos clados se denominan Ophisthokonta, grupo que incluye a los hongos verdaderos; Amoebozoa, que engloba a los hongos mucilaginosos; Rhizaria, que incluye a los endoparásitos plasmodioforomicetes; Stramenopila que comprenden a los pseudohongos, llamados así porque derivaron de algas que perdieron su capacidad de fotosintetizar; y por último Excavata, que integra un pequeño grupo de hongos, los acrásidos.

2 Introducción

La vida surgió en la Tierra hace unos 4000 millones de años, cuando nuestro planeta era muy joven, de unos 500 millones de años de edad. El ancestro común a todos los seres vivos que existen actualmente en la Tierra se denomina LUCA (Last Universal Common Ancestor). LUCA fue un procarionte, con células sin membrana nuclear, cloroplastos ni mitocondrias. Actualmente, los procariontes están representados por dos superreinos o dominios: las bacterias y las arqueas. Parece ser que hace unos 2.000 millones de años, una célula arquea fagocitó a otra célula bacteria, que no desapareció, sino que se transformó en mitocondria (teoría de la endosimbiosis), formando la primera célula eucariota. Las células eucariotas se caracterizan por tener membrana nuclear y orgánulos como las mitocondrias y los cloroplastos. Las eucariotas se diversificaron en multitud de formas, constituyendo un nuevo superreino en el árbol de la vida, integrado, hasta lo que se sabe a día de hoy, por siete grandes grupos: Opisthokonta, Amoebozoa, Archaeplastida, Rhizaria, Alveolata, Stramenopila y Excavata.

Tradicionalmente, los hongos se han considerado como organismos eucariotas talófitos, con un modo de alimentación heterótrofo mediante digestión externa y absorción, sin clorofila, con crecimiento indeterminado, reproducción por esporas sexuales o asexuales, y sin movimiento. Lo que se ha considerado tradicionalmente como hongos se sabe hoy que no deriva de un ancestro común cercano en el tiempo. Por el contrario, se distribuyen por cinco de los siete grupos (todos menos Archaeplastida y Alveolata), teniendo más en común con plantas o animales que con otros grupos de hongos. El grupo Archaeplastida incluye únicamente plantas fotosintetizadoras con clorofila, mientras que el grupo Alveolata está integrado por organismos unicelulares autótrofos o heterótrofos cuya membrana plasmática está asociada a una capa de vesículas.

En este artículo docente se presenta la diversidad de los organismos tradicionalmente considerados como hongos, incidiendo en sus características diferenciales.

3 Objetivos

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

- Nombrar los principales grupos taxonómicos que tradicionalmente engloban a los hongos.



- Enumerar las principales características de cada grupo de hongos, desde el punto de vista morfológico, anatómico y fisiológico (nutrición, movimiento, etc).
- Discutir y entender por qué los diferentes grupos de hongos no deberían unirse en un mismo grupo taxonómico, a pesar de su denominación tradicional común.

4 Desarrollo

4.1 Ophisthokonta (opistocontos)

Los opistocontos incluyen a los animales y a los hongos verdaderos (Figura 1). A pesar de estudiarse dentro de la rama de la botánica, los hongos verdaderos están más cercanos evolutivamente de los animales que de las plantas, de los que se separaron hace unos 1400 millones de años. Los opistocontos tienen como característica común la presencia en su ciclo vital de células que se mueven gracias a un flagelo que se sitúa en su parte posterior.

Los hongos verdaderos son fundamentalmente filamentosos. Se alimentan por lisotrofia en presencia de agua: tienen una digestión externa, en la cual los hongos liberan enzimas sobre las moléculas orgánicas grandes, las degradan en moléculas solubles más pequeñas, y las absorben. Poseen pared celular de quitina.

4.2 Amoebozoa

Los amebozoos son organismos ameboides, que poseen pseudópodos o prolongaciones del citoplasma de las células en forma de tubo. Este grupo incluye a las 750 especies conocidas de hongos mucilaginosos (Mycetozoa o Mixomicotas) (Figura 1). Las células de los hongos mucilaginosos carecen de pared celular, salvo cuando forman las estructuras reproductoras. Los pseudópodos les permiten alimentarse por fagocitosis, ya que engullen granos de polen, bacterias, levaduras, esporas y microorganismos y los digieren en vacuolas intracelulares. Además, son capaces de desplazarse. Estos dos caracteres, alimentación por fagocitosis y capacidad de desplazamiento, acercan a los hongos mucilaginosos a los animales. Sin embargo, se reproducen por esporas formadas en estructuras reproductoras aéreas, lo que es propio de los hongos.

Las células desnudas ameboides son haploides. Cuando el alimento escasea, dos células se funden (actúan como gametos) para dar lugar a un cigoto diploide que por mitosis y fusión con otros cigotos, forman plasmodios. En la formación del plasmodio, las células se fusionan perdiendo su membrana celular, pero conservan sus núcleos intactos. El resultado es un plasmodio verdadero plurinucleado. En condiciones ambientales desfavorables, las células ameboides son capaces de enquistarse.

En el ciclo de vida de los amebozoos, algunas células de los plasmodios forman una pared celular de celulosa y galactosamina para encaramarse y tomar altura. Se forman entonces esporangios, en los que se forman esporas mediante meiosis que se dispersan por el aire y que germinan dando de nuevo lugar a células ameboides.

Los hongos mucilaginosos suelen vivir sobre superficies orgánicas húmedas, como troncos, hojarasca, estiércol, etc.



Figura 1. De izquierda a derecha y de arriba abajo. Hongo verdadero basidiomicete, perteneciente al gran grupo de los opistoconos: *Amanita muscaria*. Hongo mucilaginoso del grupo de los amebozoos: *Fuligo septica*. Esporas de *Plasmidiophora diplantherae*, del grupo Rhizaria, dentro de una célula parasitada (Sigrid Neuhauser, Martin Kirchmair, Simon Bulman and David Bass DOI:10.1186/1471-2148-14-33. CC BY 2.0). Organismos unicelulares de *Aplanochytrium*, del grupo Stramenopila (*Labyrinthulomycota*). Se pueden observar dos flagelos en cada célula (Celeste Leander). Organismo filamentosos de *Pythium*, del grupo Stramenopila (*Oomycota*) (Josef Reischig). Organismo plasmidial de *Acrasis rosea*, en el que se pueden observar las cadenas de esporas. Perteneciente al grupo Excavata (*Acrasiomycota*) (Shirley Chio). Las fotos de Celeste Leander, Josef Reischig y Shirley Chio tienen la licencia CC-BY-3.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/deed.en>).

4.3 Rhizaria

Los organismos pertenecientes al grupo Rhizaria son unicelulares, sin pared celular, y con pseudópodos con los que atrapan los alimentos. Incluye a los hongos plasmodioforomicetes, como los del género *Plasmodiophora* (Figura 1). Parasitan a las plantas introduciéndose y creciendo dentro de sus células. Forman plasmodios plurinucleados en momentos determinados de su ciclo de vida, siempre dentro de las células de la planta parasitada. Éstas pueden aumentar su volumen o dividirse más rápidamente, formando bultos y alteraciones del crecimiento de la parte vegetal afectada. Los plasmodioforomicetes son también capaces de formar células de resistencia o quistes.

4.4 Stramenopila (estramenopilos) o Heterokonta (pseudohongos)

Los estramenopilos tienen como carácter común la presencia de células que se mueven gracias a dos flagelos (Figura 1). Uno es largo, con pelos, y se localiza en la parte anterior de la célula y la propulsa. El otro, en la parte posterior, es liso y actúa como un timón. Aparte de este carácter común, son organismos muy diversos, unicelulares o pluricelulares, autótrofos con clorofila o heterótrofos. Entre estos últimos se encuentran los oomicetes, hifocitridios y labirintúlidos, que se alimentan por absorción y se han incluido tradicionalmente en el grupo de los hongos. Parece que los oomicetes derivaron de organismos fotosintéticos (algas) que perdieron los cloroplastos, y existen algunas evidencias de que lo mismo ocurrió con los labirintúlidos. De hecho, los organismos de este grupo conservan aún algunos caracteres propios de las algas. Los más primitivos viven en hábitats acuáticos, con un modo de vida saprófito o parásito (de hongos, y plantas y animales acuáticos), mientras que los más evolucionados son parásitos de plantas terrestres. Son unicelulares o filamentosos sifonados (las hifas no presentan septos).

Los oomicetes (Oomycota) incluyen 500 a 800 especies de organismos unicelulares o pluricelulares, en cuyo caso forman filamentos muy ramificados sin septos (sifonados). Habitan ecosistemas terrestres y acuáticos por todo el mundo. En los ecosistemas acuáticos, se denominan mohos de agua, y las especies saprobias tienen una gran importancia ecológica al reciclar los nutrientes derivados de plantas y animales acuáticos. Hay también especies parásitas que afectan a los nematodos, larvas de mosquito, cangrejos y peces. En los ecosistemas terrestres, los oomicetes son fundamentalmente parásitos de plantas, denominándose royas blancas o mildius. Las hifas penetran en estos casos dentro de los tejidos vegetales de la planta huésped, se extienden entre sus células, atraviesan la pared celular gracias a la formación de haustorios, y toman el alimento de las células. Como ejemplo, *Phytophthora ramorum* provocó a finales del siglo XX la muerte súbita de los robles de *Lithocarpus* de los bosques del oeste de Estados Unidos.

Los labirintúlidos (Labyrinthulomycota) son organismos unicelulares que forman colonias mucilaginosas en forma de red. El mucílago gelatinoso forma túneles por los que se desplazan las células fusiformes de forma individual. Estas células van migrando hacia las fuentes de alimento, como bacterias o levaduras a las que digieren de forma externa excretando enzimas y absorbiendo las moléculas digeridas. Poseen un modo de vida saprófito o parásito.

En los hifocitridios (Hyphochytridiomycota) falta el gameto posterior. Son hongos acuáticos

Los grupos Stramenopila, Alveolata y Rhizaria forman un clado monofilético, llamado SAR.

4.5 Excavata (excavados)

Los excavados integran organismos unicelulares cuyo carácter común es la presencia de una boca y de un flagelo que empuja el alimento hacia ella.

Los acrásidos es un grupo de excavados que no posee mitocondrias y que se han incluido tradicionalmente en los hongos. Sus células son ameboides y poseen pseudópodos, responsables del movimiento. Las células reptan en busca de alimento, como bacterias y otras sustancias, a los que fagocitan.

Forman plasmodios celulares laxos, por agregación de células que no se funden, formando así pseudoplasmodios capaces de reptar (Figura 1). No poseen pared celular en su fase vegetativa, aunque cuando forman estructuras reproductoras las células se recubren de una pared de celulosa y glucógeno. Las estructuras reproductoras forman esporas asexuales que se dispersan por el aire.

5 Cierre

A lo largo de este objeto de aprendizaje hemos visto qué caracteres poseen los grupos de organismos que tradicionalmente se consideran hongos. La Tabla 1 muestra un resumen de éstos caracteres. Puede observarse que éstos son tan variados que, en realidad, en sentido estricto, sólo pueden considerarse hongos verdaderos los del grupo Ophisthokonta. Numerosos estudios filogenéticos empleando multitud de caracteres, entre ellos los moleculares y genéticos, así lo demuestran, aunque posiblemente la agrupación taxonómica propuesta en este artículo cambie en un futuro cuando nuevos datos sean revelados.

Clado	Tipo de organización	Nutrición	Pared celular
Ophisthokonta	Fundamentalmente filamentosos (sifonado o septado)	Digestión externa	Quitina
Amoebozoa	Unicelular y plasmodial	Fagocitosis	Sin pared en la fase vegetativa. Galactosamina y celulosa
Rhizaria	Unicelular y plasmodial	Endoparásito	Quitina
Stramenopila (Oomycota)	Filamentosos (sifonado)	Digestión externa	Celulosa
Excavata	Unicelular y plasmodial	Fagocitosis	Sin pared en la fase vegetativa. Celulosa

Tabla 1. Tipo de organización, nutrición, y compuestos de la pared celular en los grupos de organismos considerados tradicionalmente como hongos.



6 Bibliografía

6.1 Artículos:

Baldauf, S. L. 2008. An overview of the phylogeny and diversity of eukaryotes. *Journal of Systematics and Evolution*. 46(1): 263-273.

Grattepanche, J. D.; Walker, L. M.; Ott, B. M.; Paim Pinto, D. L.; Delwiche, C. F.; Lane, C. E., Katz L. A. 2018. Microbial diversity in the eukaryotic SAR clade: illuminating the darkness between morphology and molecular data. *Bioessays* 40: 1700198.

6.2 Libros:

Izco J. (Coord.). "Botánica". 2ª edición. Mc Graw-Hill, Madrid, 2004.

Sitte, P.; Weiler, E.W.; Kadereit, J.W.; Bresinsky, A.; Körner, C. "Strasburger. Tratado de Botánica". Omega, Barcelona. 2004.

Tellería T. "Los hongos". CSIC. Catarata, Madrid, 2011.