

LA VIDA SEXUAL DE UN HONGO EXTRAORDINARIO LLAMADO “PLEUROTUS”

Jorge Luis Cuamatzi Flores¹, Soley Berenice Nava Galicia¹, Ulises Esquivel Naranjo², Martha Dolores Bibbins Martínez^{1*}

¹Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada, Instituto Politécnico Nacional (CIBA-IPN, Tlaxcala), Carretera Estatal Sta. Inés Tecuexcomac – Tepetitla km 1.5, Tlaxcala, México

²Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro, Avenida de las Ciencias S/N Juriquilla, Querétaro, México

*mbibbinsm@ipn.mx, jorge_l.1@hotmail.com

RESUMEN

El género *Pleurotus* pertenece a la familia Pleurotaceae, orden Agaricales, y al filo de los basidiomicetos, además de ser clasificados como hongos de pudrición blanca por su capacidad de crecer sobre madera, degradando la lignina a través de un complejo multi-enzimático. Estos organismos constituyen un grupo de hongos cosmopolitas comestibles con un alto valor nutricional, con propiedades terapéuticas y varias aplicaciones biotecnológicas.

El hongo *Pleurotus ostreatus* conocido como la seta ostra, es la segunda especie comercial de hongos comestibles más cultivada a nivel mundial. Al igual que muchos hongos comestibles, *Pleurotus ostreatus*, posee un excelente valor nutricional y constituye una rica fuente de compuestos bioactivos cuyas propiedades funcionales han sido estudiadas.

Debido a su importancia biológica y biotecnológica, las características morfológicas, fisiológicas y genéticas de *Pleurotus* y otros hongos, han cautivado a los científicos desde hace varias décadas.

Un aspecto muy interesante de estos organismos, es su proceso reproductivo, que puede ser sexual o asexual, y se realiza a través de esporas. La reproducción sexual obedece a una serie de factores genéticos y químicos que determinan la compatibilidad reproductiva entre dos individuos de la misma especie.

Palabras clave

Hongos, *Pleurotus*, reproducción

ABSTRACT

The genus *Pleurotus* belongs to the family Pleurotaceae, order Agaricales, and the phylum of the Basidiomycota, in addition to being classified as white rot fungi for their ability to grow on wood, degrading lignin through a multi-enzymatic complex. These organisms are a group of cosmopolitan edible fungi with a high nutritional value, therapeutic and biotechnological applications.

The fungus *Pleurotus ostreatus* known as the oyster mushroom, is the second commercial species of edible fungi most widely cultivated worldwide. Like many edible mushrooms, *Pleurotus ostreatus*, has an excellent nutritional value and constitutes a rich source of bioactive compounds whose functional properties have been studied.

Because of their biological and biotechnological importance, morphological, physiological and genetic characteristics of *Pleurotus* and other fungi, have fascinated scientists for several decades. An aspect very interesting of these organisms, is their reproductive process, which may be sexual or asexual, both conducted via different kind of spores. Sexual reproduction is due to a number of genetic and chemical factors that determine the reproductive compatibility between two individuals of the same species.

Key words

Fungi, *Pleurotus*, reproduction



I INTRODUCCIÓN

Los hongos son organismos eucariontes ampliamente distribuidos en el mundo, los cuales, tienen un papel fundamental en el balance de los ecosistemas, y en el caso de los hongos de pudrición blanca, como los basidiomicetos, también impactan en el reciclado del carbono.

El género *Pleurotus* es uno de los más amplios y diversos en la clase de los *Basidiomicetos*.

De acuerdo a Zervakis & Polemis, 2013, el género comprende cerca de 30 especies y un taxo subespecífico de hongos comestibles con una amplia distribución en el mundo (Figura 1).

Varias especies son ampliamente consumidas debido a su alto valor nutricional y potencial valor medicinal (Khan & Tania, 2012). Tiene muchas propiedades terapéuticas como antimicrobiano, antiviral, antitumoral, antimutagénico, antioxidante, antilípido, antihiperlipémico, inmunomodulatorio (Patel et al., 2012). El cultivo de *Pleurotus* es de gran importancia económica en la industria de alimentos, la cual se ha expandido en pocos años y lo ha convertido en el segundo hongo cultivable más importante, tan sólo detrás de *Agaricus bisporus* comúnmente conocido como champiñón (Chang, 1999)

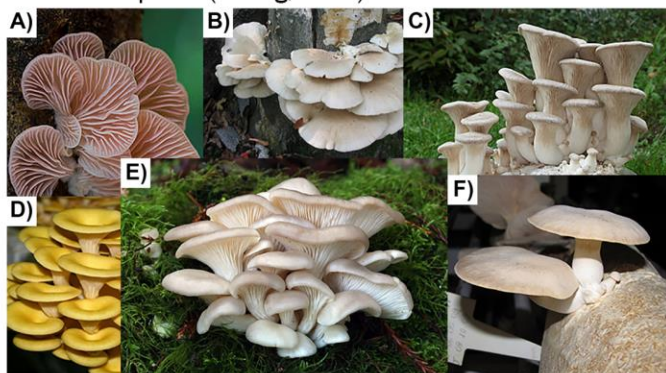


Figura 1. Especies del género *Pleurotus*, **A)** *Pleurotus djamor*, **B)** *Pleurotus pulmonaris* **C)** *Pleurotus eryngii*, **D)** *Pleurotus citrinopileatus*, **E)** *Pleurotus ostreatus*, **F)** *Pleurotus sapidus*.

2. MORFOLOGÍA Y SEXO DE PLEUROTUS

2.1 Morfología del cuerpo fructífero

Las fructificaciones de los hongos constituyen los cuerpos reproductores o fructíferos de los mismos, en estas estructuras los hongos forman las esporas, las cuales constituyen la semilla para su reproducción (Guzmán et al., 2002). El cuerpo fructífero de los basidiomicetos se forma como consecuencia de la diferenciación del micelio (un conjunto de filamentos denominadas hifas) (Herrera y

Ulloa, 1998). El micelio desempeña la función de adquirir y distribuir los nutrientes, así como de formar la estructura de soporte para el desarrollo de los cuerpos fructíferos (Klein, 1996). El crecimiento de éste se realiza solo en las puntas y se atribuye a un fenómeno complejo en el que participan vesículas (las cuales son agregados de enzimas hidrolíticas) que degradan y restauran fragmentos de la pared celular. Las vesículas se producen a lo largo del segmento subapical y se transportan por medio de un mecanismo hasta llegar al centro distribuidor de vesículas, conocido como *spitzenkörper*. Desde ahí son distribuidas en forma radial y aleatoria hacia la pared apical, dando lugar al crecimiento de las hifas.

El cuerpo fructífero de los hongos del género *Pleurotus* tienen forma de sombrilla o sombrero circular (píleo) y un eje o pie (estípote) que lo sostiene. En la cara inferior de la sombrilla abierta hay laminillas (himenio) que van desde el centro hasta el borde del sombrero; las laminillas son blancas decurrentes y espaciadas ampliamente. El píleo, donde se encuentran las laminillas, es excéntrico cuando crece en superficies verticales y es central cuando crece en camas; la superficie del píleo es lisa y brillante, un poco viscosa en tiempo húmedo. El estípote es corto y excéntrico. Las esporas que se encuentran en el basidiocarpo son de color blanco, crema o lila pálido, presenta una forma cilíndrica (raramente elipsoides) y son lisas. Los basidiocarpos pueden ser de 4-13 cm de diámetro, aunque pueden presentar tamaño mayor de acuerdo a las condiciones de fructificación (Milla, 2007) (Figura 2).

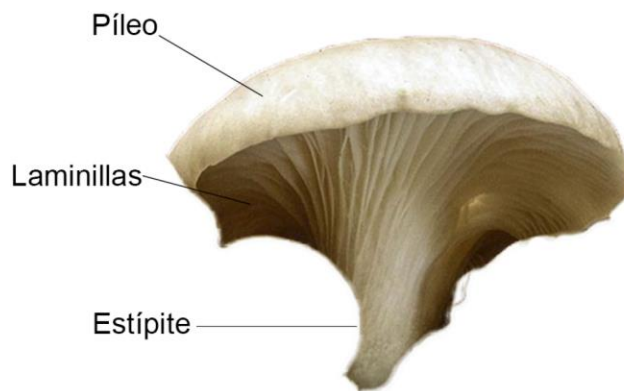


Figura 2. Morfología y estructuras del cuerpo fructífero de *Pleurotus*

2.2 Reproducción sexual

En los basidiomicetos existen dos modelos sexuales: 1) el heterotalismo, en el que son necesarios dos micelios para llevar a cabo la reproducción, con lo que se asegura que las células diploides (basidios) que son formadas en el cuerpo fructífero produzcan progenie meiótica recombinante (basidiosporas), y 2) el homotalismo, en el que los hongos son autocompatibles (es decir, la unión sexual puede efectuarse

entre elementos de un mismo micelio). Aproximadamente un 10% de los basidiomicetos pertenecen a este último modelo.

P. ostreatus se reproduce por heterotalismo, y alterna entre una fase monocariótica (haploide) y una dicariótica (diploide).

Dos hifas monocarióticas compatibles pueden fusionarse y dar origen a un micelio dicariótico (plasmogamia), en el cual permanecen dos núcleos parentales independientes (dicarion, heterocarion) durante todo el crecimiento vegetativo. Este estado puede fructificar bajo condiciones ambientales apropiadas.

El estado diploide se da en el basidio, donde la cariogamia (fusión binaria) se lleva a cabo antes de la meiosis, originando cuatro basidiosporas uninucleadas. Las basidiosporas pueden germinar y producir micelio monocariótico, reiniciando el ciclo de vida del hongo (Figura 3). La condición monocariótica y dicariótica del micelio puede ser distinguida por la presencia de fíbulas (estructuras especializadas que permiten la distribución de los núcleos de las células hijas en el dicarion y su ausencia en el monocarion).

El propósito del proceso meiótico es reducir a la mitad cualquier genoma diploide, tal como el material genético de los gametos

La meiosis ha sido estudiada en hongos modelos por mucho tiempo. En efecto, el desarrollo sexual en hongos es un proceso bastante rápido, pero más importante, a diferencia de plantas y animales (Peraza & Malagnac, 2016),

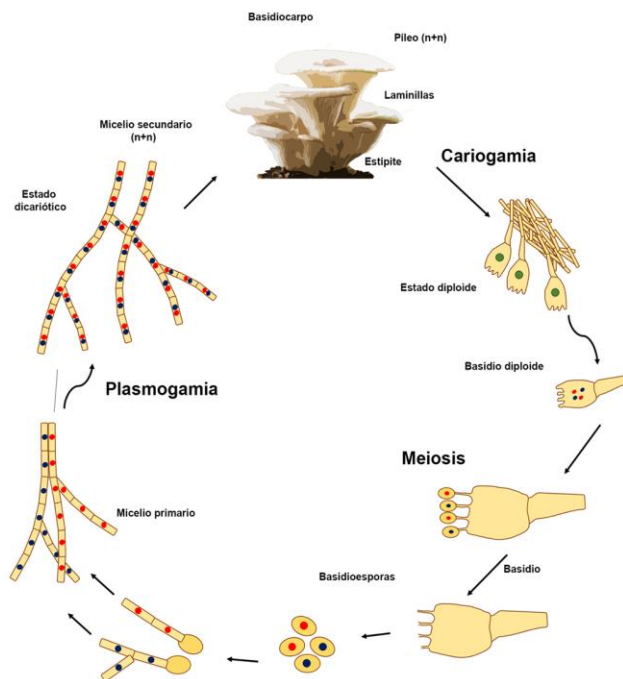


Figura 3. Ciclo sexual de *Pleurotus ostreatus* (Adaptado de Pérez-Martínez et al., 2015)

las esporas meióticas fúngicas están agrupadas en una sola estructura, los ascos de los Ascomicetos y los basidios de los basidiomicetos. La división meiótica ocurre una vez que las células diploides han sido formadas, es decir, después de la cariogamia.

El establecimiento del micelio dicariótico y la formación de cuerpos fructíferos implican programas de desarrollo altamente complejos los cuales se activan por una combinación de señales ambientales. Se asume que una gran variedad de proteínas regulen y coordinen dichos programas o lleven a cabo transformaciones enzimáticas, así como funciones estructurales.

El establecimiento del dicarionte y la aparición de cuerpos fructíferos en basidiomicetos son regulados por los genes MAT (MATING TYPE) o locus de apareamiento. Estos genes codifican para proteínas de unión a DNA y feromonas así como sus receptores. La regulación de la fructificación por los genes de apareamiento está mediada por factores de transcripción río abajo. Finalmente, circuitos de regulación, activarán genes que codifican para proteínas estructurales o para enzimas que participan en la formación del cuerpo fructífero (Figura 4) (Pelkmans, et al 2016).

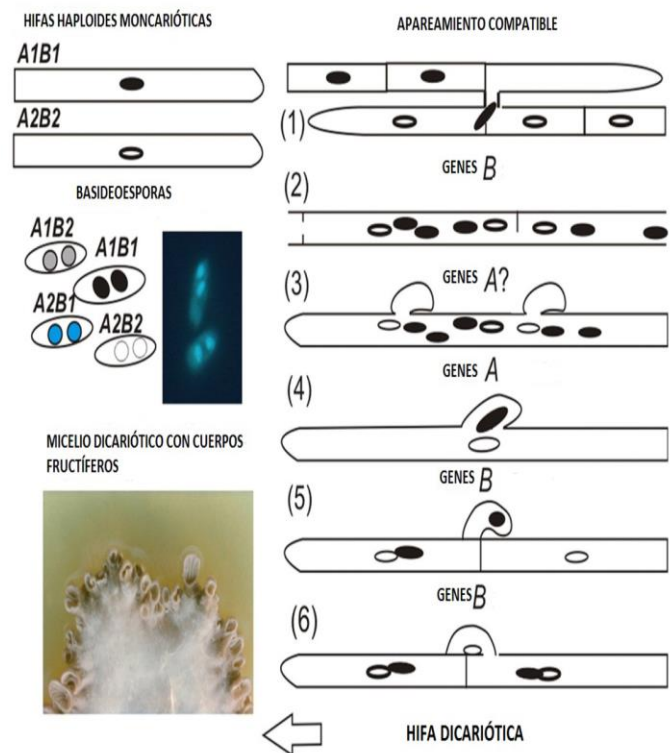


Figura 4. Los genes de apareamiento MAT y la formación de cuerpo fructífero en basidiomicetos (Adaptado de Raudaskoski y Kothe 2010)

REFERENCIAS

Chang S.T. (1999). Global impact of edible and medicinal mushroom on human welfare in the 21st century: non-green evolution. *International Journal of Medicinal Mushrooms* 1: 1-7.

Guzmán G, Mata G, Salmenes D, Soto-Velazco C y Guzmán-Dávalos L. (2002). El cultivo de los hongos comestibles. 1ra reimpresión. Ed. Instituto Politécnico Nacional. México. 218 p.

Khan MA, Tania M (2012) Nutritional and medicinal importance of Pleurotus mushrooms: an overview. *Food Rev Int* 28:313–329.

Klein K. (1996). Pattern formation and development of the fungal mycelium. *Patterns in fungal development* (Ed. Sui-Wai Chiu y David Moore). pp 70-82. Cambridge University Press. Great Britain.

Milla A. 2007. Introducción al cultivo del hongo Pleurotus ostreatus. Ed. Publicaciones INEA. Valladolid. España. 120p.

Patel Y, Naraian R, Singh VK (2012) Medicinal properties of Pleurotus species (oyster mushroom): a review. *World J Fungal Plant Biol* 3(1):01–12.

Pelkmans J.F, Lugones L.G., Wösten H.A.B. (2016) 15 Fruiting Body Formation in Basidiomycetes. In: Wendland J. (eds) *Growth, Differentiation and Sexuality. The Mycota (A Comprehensive Treatise on Fungi as Experimental Systems for Basic and Applied Research)*, vol I. Springer, Cham.

Peraza-Reyes, L., & Malagnac, F. (2016). 16 Sexual Development in Fungi. In *Growth, Differentiation and Sexuality*(pp. 407-455). Springer International Publishing.

Pérez-Martínez, A. S., Acevedo-Padilla, S. A., Bibbins-Martínez, M., Galván-Alonso, J., & Rosales-Mendoza, S. (2015). A perspective on the use of Pleurotus for the development of convenient fungi-made oral subunit vaccines. *Vaccine*, 33(1), 25–33.

Raudaskoski M, Kothe E (2010) Basidiomycete mating type genes and pheromone signaling. *Eukaryot Cell* 9(6):847–859.

Zervakis GI, Polemis E (2013) The genus Pleurotus (Fr.) P. Kumm. (Pleurotaceae) in Europe. In: Gargano ML, Zervakis GI, Venturella G (eds) *Pleurotus nebrodensis* a very special mushroom. Bentham Science Publishers, Sharjah, pp 31–56.

