

Hot science



Hongos comestibles: fuente de compuestos bioactivos

Hypatia Arano Varela
César Díaz Talamantes*

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Lerma,
Depto. Ciencias de la Salud.

*Autor para la correspondencia: c35ardt@hotmail.com

Resumen

Los hongos comestibles son considerados alimentos funcionales debido a su alto contenido nutricional y energético; además, producen compuestos químicos con actividades biológicas que ayudan a mejorar la calidad de vida de sus consumidores. Al ser ingredientes fundamentales en la actual tendencia por la ingesta de alimentos naturales, inocuos y nutritivos, su demanda va en aumento. En este sentido, la biotecnología provee técnicas que permiten la obtención masiva de cuerpos fructíferos mediante el cultivo *in vitro* para satisfacer la demanda comercial, y por otro lado, para proveer materia prima a los estudios enfocados en la identificación y producción de compuestos bioactivos.

Palabras clave: hongos comestibles, cultivo *in vitro*, compuestos bioactivos.

Hongos como alimentos funcionales

Los hongos comestibles son alimentos naturales, de buen sabor, inocuos, nutritivos, libres de agroquímicos, conservadores y otros productos químicos. Son considerados alimentos funcionales debido a que además de su alto valor nutritivo, tienen la capacidad de fabricar moléculas con propiedades biológicas (compuestos bioactivos) que ejercen efectos positivos sobre la salud humana al reducir el riesgo de padecer algunas enfermedades como cáncer, diabetes e hipertensión [1]. En México, su consumo, recolección y venta son una tradición arraigada [2].

La concentración de proteínas en los hongos comestibles es similar a la de la carne de cerdo, además de que contienen todos los aminoácidos esenciales. También, son ricos en carbohidratos, vitaminas, fibra, minerales y tienen un bajo contenido de grasas (Tabla 1). Por lo anterior, se recomienda incluir a los hongos en la dieta diaria [3].

Cultivo *in vitro* de hongos comestibles

Se estima que a nivel mundial existen cerca de 2000 especies comestibles, de las cuales solo se cultivan experimentalmente alrededor de 100; a pesar de que 50 poseen valor económico, sólo 30 son cultivadas con fines comerciales y únicamente seis lo son a nivel industrial [5]. En nuestro país, pese a que se cuenta con una variedad de aproximadamente 371 especies silvestres reportadas como comestibles, solo se cultivan menos de 10 a gran escala, entre las especies más conocidas están: *Pleurotus ostreatus* (seta), *Agaricus bisporus* (champiñón), *Lentinula edodes* (shiitake), *Ganoderma spp.* (reishi), *Ustilago maydis* (cuitlachoche), *Hericium erinaceus* (melena de león) y *Flammulina velutipes* (enoki) [2], algunas de ellas se pueden observar en la Figura 1.

Cultivo *in vitro* de hongos comestibles

Las técnicas biotecnológicas como el cultivo *in vitro*, permiten conocer y manipular en condiciones de esterilidad los requerimientos nutricionales y ambientales (incluyendo, fuente de carbono, relación carbono/nitrógeno, humedad, oxigenación, temperatura, intensidad lu-

Tabla 1. Parámetros nutricionales de variedades de hongos comestibles.

Parámetros nutricionales	<i>Agaricus bisporus</i> (champiñón)	<i>Pleurotus eous</i> (seta)	<i>Volvariella volvacea</i> (hongo del bagazo)	<i>Lentinula edodes</i> (shiitake)
Proteína (%)	29.14	19.59	38.1	18.85
Carbohidratos (%)	51.05	64.34	42.3	63.6
Grasas (%)	1.56	1.05	0.97	1.22
Vitamina D (UI/g)*	984	487	462.04	205
Sodio (mg/Kg)	500.8	208.87	345.34	82.49
Potasio (%)	4.21	2.7	4.16	2.1
K:Na	84:1	129:1	120:1	255:1
Hierro (mg/Kg)	85.86	183.07	72.51	37.55
Manganeso (mg/Kg)	7.97	6.47	--	17.48
Zinc (mg/Kg)	79.64	162.18	94.28	89.63
Selenio (mg/Kg)	1.34	ND	ND	ND

*1UI de vitamina D = 0.025 µg de colecalciferol/ergocalciferol



Figura 1. Especies de hongos comestibles cultivadas. De izquierda a derecha: *Hypsizygus marmoreus*, *Agaricus brunnescens*, *Hypsizygus marmoreus* y *Pleurotus eryngii*.

mínica y pH, entre otros) de los hongos comestibles para aumentar su tasa del crecimiento, la producción de biomasa, compuestos bioactivos y enzimas [1].

El cultivo *in vitro* es fundamental para aislar y conservar cepas de hongos comestibles, también, es posible obtener cuerpos fructíferos a mayor escala, lo que propiamente se conoce como cultivo de hongos comestibles (Figura 2). Actualmente, esta práctica emergente ha alcanzado una gran importancia social, económica y ecológica. Es una actividad con mucho potencial económico y sobre todo sustentable: utiliza como sustratos diversos residuos agroalimentarios, requiere poca inversión y una capacidad tecnológica relativamente baja, además de que puede implementarse en un amplio rango de temperaturas, desde climas templados hasta tropicales [6]. No obstante, aún falta

organización en el sector, mejorar los procesos de producción y su regulación como actividad productiva, a la par de desarrollar conocimiento científico y tecnológico para el desarrollo de técnicas y procedimientos biotecnológicos para su producción *in vitro*, además, de realizar más estudios en otras especies silvestres [2].

El cultivo *in vitro* de hongos es un proceso que difiere de acuerdo con los requerimientos de cada especie, aunado a que se deben aislar de la competencia del mundo natural e implantarlo en un ambiente artificial que le dé al hongo una ventaja sobre otros organismos competidores. Pero muchos pasos son universales en el cultivo de todos los hongos y estos se reflejan directamente en su ciclo de vida [6] que se puede resumir de manera muy general en tres pasos como su puede ver en la Figura 3.



Figura 2. Cultivo de *Agaricus bisporus* (champiñón).

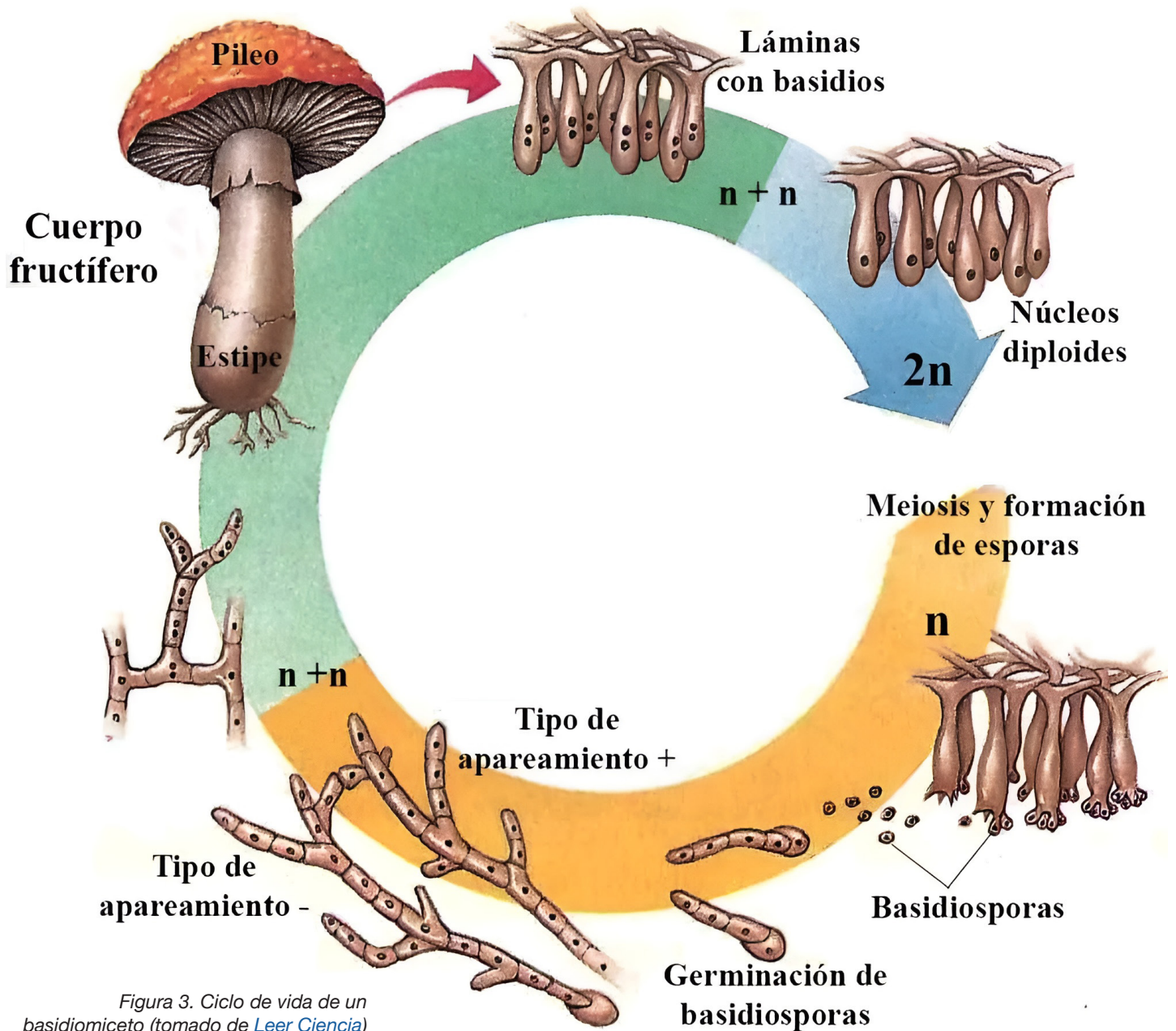


Figura 3. Ciclo de vida de un basidiomiceto (tomado de [Leer Ciencia](#))

1. Crecimiento vegetativo del micelio: las esporas germinan y se desarrollan dando origen a un micelio homocarión (n), el cual se une a hifas de otro micelio compatible mediante la plasmogamia y forman un micelio heterocariótico ($n+n$), el cual puede fructificar.
2. Formación de cuerpos fructíferos: el micelio heterocarión es capaz de crecer de forma indefinida y desarrollar cuerpos fructíferos cuando se expone a diversos factores como cambios de humedad y concentración de CO_2 .
3. Producción de esporas en los cuerpos fructíferos:

la cariogamia de los núcleos del micelio heterocarión ocurre en la punta de las hifas que forman la capa fértil del cuerpo fructífero (himenio). Posteriormente el núcleo $2n$ presenta meiosis y da origen a cuatro núcleos haploides (n) que migran hacia los esterigmas, para formar las esporas y repetir el ciclo.

En función al potencial biotecnológico que tienen los hongos para ser cultivados y obtener compuestos bioactivos, estos representan una alternativa para desarrollar nuevos tratamientos para la prevención y control de enfermedades prevalentes en la actualidad [3].

Propiedades biológicas de los hongos comestibles y compuestos bioactivos

En la literatura científica diversos trabajos sustentan que los hongos comestibles exhiben diversas propiedades benéficas para la salud humana, de hecho, en el acervo de la medicina tradicional mexicana se reconocen más de 70 especies de hongos medicinales (en su mayoría comestibles) para tratar alrededor de 40 enfermedades y padecimientos [2]. A la fecha se les han reportado diferentes actividades, por mencionar algunas [5]:

- Actividad inmunomoduladora, debido a que modifican la respuesta biológica, al activar receptores del sistema inmune innato como leucocitos, macrófagos, células asesinas naturales, entre otras.
- Efecto anticancerígeno y antitumoral, al desencadenar la actividad inmune y activar mensajeros químicos que inicializan la apoptosis de células tumorales, además de disminuir la expresión de la proteína E-selectina, que impide la adherencia de células tumorales.
- Tratamiento del síndrome metabólico (diabetes, obesidad, hiperlipidemia, hipercolesterolemia e hipertensión), ya que reducen los niveles de colesterol total, lipoproteínas de baja densidad, ayuda a la absorción de grasa en el tracto digestivo y regulan la glucemia (son considerados fibra soluble), aumentando la excreción de ácidos biliares y la exclusión de grasa fecal. Son una excelente alternativa para prevenir el desarrollo de enfermedades cardiovasculares.
- Efecto antimicrobiano (antibacteriano, antifúngico, antiviral y antiparasitario), se les atribuye esa propiedad debido a que ejercen diferentes mecanismos de acción sobre sus paredes celulares, conducen a la lisis celular y a la inhibición de nucleótidos y polimerasas involucradas en la replicación del ADN y en la transcripción de proteínas.
- Actividad antioxidante, debido a que ayudan a prevenir el daño al ADN eliminando

radicales libres, inhibiendo la peroxidación de lípidos y mejorado la actividad de las enzimas antioxidantes.

- Efecto curativo de heridas, puesto que al reunir macrófagos en el sitio de la herida y al aumentar la disponibilidad de colágeno, agilizan la cicatrización. Además, también desempeñan un papel clave en la inflamación al regular las plaquetas sanguíneas.

Las propiedades que brindan los hongos comestibles se deben sobre todo a los compuestos bioactivos presentes en sus estructuras, ya sea en cuerpos fructíferos y/o, micelio cultivado. Cabe mencionar que esos compuestos bioactivos reportan más de una actividad benéfica para la salud humana [7]. Algunos de estos compuestos incluyen:

- Polisacáridos como el lentinano (un β -glucano) con potencial anticancerígeno presente en el hongo Shiitake (*Lentinula edodes*).
- Glicoproteínas, por ejemplo, las lectinas presentes en especies como *Agaricus bisporus* y *Tricholoma mongolicum*, las cuales han demostrado inhibir la proliferación de células cancerígenas.
- Compuestos fenólicos como el ácido cafeico con actividad antioxidante y antiinflamatoria reportado en especies de alta demanda como *A. bisporus*, *Boletus edulis* y *Lactarius deliciosus*.
- Terpenos, los triterpenos presentes en *Ganoderma lucidum* reportan actividad antibacteriana antiinflamatoria y anticancerígena.
- Ácidos grasos (ácido linoleico, oleico y palmítico) que cumplen un rol importante en el metabolismo de lípidos y carbohidratos, y se encuentran presentes en la mayoría de las especies de hongos comestibles.
- Ergosterol que funge como precursor de la vitamina D utilizado para tratar el síndrome metabólico y como antiinflamatorio. Éste se encuentra presente en todos los hongos comestibles (es el equivalente al colesterol

en los humanos).


- Vitaminas C, E y carotenoides precursores de la vitamina A, con actividad antioxidante y que son esenciales para los hongos comestibles.
- Proteínas que funcionan como estructura en los hongos, y que tienen actividad antibacteriana al contener aminoácidos como leucina, isoleucina, tirosina y fenilalanina.

Cabe mencionar que cada especie de hongos comestibles tiene una composición diferente tanto en su estructura como en la concentración de compuestos bioactivos [5], por lo que las especies poco comunes y estudiadas son fuentes de interés para la investigación y desarrollo de nuevos tratamientos.

Obtención e identificación de compuestos bioactivos

Para la obtención de compuestos bioactivos es necesario realizar diversas técnicas que varían dependiendo de la naturaleza de cada compuesto, pero en general consisten inicialmente en un proceso de extracción y fraccionamiento, ya sea utilizando solventes orgánicos, o mediante degradaciones con ácidos o alcaloides; seguido por su purificación mediante filtraciones, precipitaciones o cromatografía. Finalmente, la identificación y caracterización de estructuras se realiza utilizando técnicas analíticas como espectroscopia ultravioleta-visible (UV-Vis), espectroscopia de Infrarrojo por Transformada de Fourier (FTIR) por sus siglas en inglés, Cromatografía Líquida de Alta Eficacia acoplado a Espectrometría de Masas (HPLC-MS) por sus siglas en inglés y Resonancia Magnética Nuclear (RMN) [7].

Existe una gran diversidad de compuestos bioactivos presentes en los hongos comestibles que han demostrado tener potencial para la elaboración de farmacéuticos, como la lovastatina presente en *Pleurotus ostreatus*, utilizada para disminuir el colesterol y prevenir enfermedades cardiovasculares. Estos compuestos bioactivos también presen-

tan potencial en la elaboración de nutraceuticos, como el lentinan un β - glucano presente en el *Lentinula edodes* utilizado en el tratamiento contra el cáncer. Así como la elaboración de productos de valor agregado a base de hongos en la industria alimentaria, como los potenciadores de sabor y suplementos alimenticios basados en hongos deshidratados [1]. 

Referencias

- [1] Kour, H., Kour, D., Kour, S., Singh, S., Hashmi, S. A. J., Yadav, A. N., Kumar, K., Sharma, Y. P. y Ahluwalia, A. S. (2022). Bioactive compounds from mushrooms: an emerging bioresources of food and nutraceuticals. *Food Bioscience*, 50 (2022), 102124. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.102124>
- [2] Alvarado-Castillo, G., Mata, G., y Benítez-Badillo, G. (2015). Importancia de la domesticación en la conservación de los hongos silvestres comestibles en México. *Bosque*, 36(2), 151-161. <http://dx.doi:10.4067/S0717-92002015000200001>
- [3] Lu, H., Lou, H., Hu, J., Liu, Z., y Chen, Q. (2020). Macrofungi: A review of cultivation strategies, bioactivity, and application of mushrooms. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(5), <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12602>
- [4] Ahlawat, O. P., Manikandan, K., y Singh, M. (2016). Proximate composition of different mushroom varieties and effect of UV light exposure on vitamin D content in *Agaricus bisporus* and *Volvariella volvacea*. *Mushroom Research*, 25(1), 1-8.
- [5] Assemie, A., y Abaya, G. (2022). The effect of edible mushroom on health and their biochemistry. *International journal of microbiology*, 2022, 1-7. <https://doi.org/10.1155/2022/8744788>
- [6] Kalenius, R. (2022). *Mushroom cultivation in Temperate Agroforestry: potential Agroforestry practices, growing methods, and native edible saprophytes to Sweden*. Dept. of Biosystems and Technology, Swedish University of Agricultural Sciences.
- [7] Cateni, F., Gargano, M. L., Procida, G., Venturella, G., Cirilincione, F., y Ferraro, V. (2021). Mycochemicals in wild and cultivated mushrooms: nutrition and health. *Phytochemistry Reviews*, 21, 339-383. <https://doi.org/10.1007/s11101-021-09748-2>