

**REVISIÓN SOBRE EL
APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS
AGROINDUSTRIALES COMO SUSTRATO
EN LA PRODUCCIÓN
DE PLEUTORUS OSTREATUS EN MÉXICO**

**REVIEW ON THE USE
OF AGROINDUSTRIAL WASTE
AS SUBSTRATE IN THE PRODUCTION
OF PLEUTORUS OSTREATUS IN MEXICO**

ARTÍCULO DE REVISIÓN

Bonilla-Toscano, Luis Roberto

UVP, Universidad del Valle de Puebla

coord.investigacion@uvp.mx

ORCID: 0009-0005-5760-5873

Recibido el 4 de abril de 2024, aceptado el 1 de junio de 2024, publicado el 31 de agosto de 2024.

Reseña del Autor

Maestro en Ciencias Biológicas por la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Investigador con un enfoque multidisciplinario en el estudio de sistemas biológicos, la biodiversidad y la conservación ambiental. Actualmente desarrolla la integración de conocimientos y la colaboración interinstitucional en beneficio de la conservación de la diversidad biológica en Puebla.

Resumen

Uno de los hongos comestibles más estudiado y cultivado durante los últimos años son las setas (*Pleurotus ostreatus*), esto debido a la facilidad de cultivo y al alto contenido nutricional. Esta revisión pretende identificar mediante un proceso metodológico de dos momentos: heurístico y hermeneúutico, el uso de diversos residuos agroindustriales como sustratos para su producción, su eficiencia biológica y su viabilidad económica. La primera etapa posibilitó la indagación rigurosa en fuentes confiables; la segunda consistió en el análisis, clasificación e interpretación de la información, al precisar el aporte teórico en metodología, selección de sustratos, recolección de datos y su análisis. Los resultados mostraron indicios de una degradación parcial del sustrato lo que indica el aprovechamiento del sustrato lo cual es un factor determinante de la Eficiencia Biológica (EB). Este valor, el cual fue el criterio en común de los trabajos analizados, permite determinar que, con base en la revisión realizada, la mezcla de paja de trigo con alfalfa deshidratada es el tratamiento más eficaz en la producción de esta especie. Esta exploración permitió visualizar que la selección de residuos depende de las actividades agrícolas de cada región, así como la cantidad generada, sin embargo, no todos los residuos utilizados favorecen la producción de hongos, al volver esta actividad inviable económicamente en algunos casos.

Palabras clave: Agronomía, Desechos, Eficiencia Biológica, Hongos, Setas.

Abstract

One of the most studied and cultivated edible mushrooms in recent years is mushrooms (*Pleurotus ostreatus*), this due to the ease of cultivation and the high nutritional content. This review aims to identify by means of a methodological process of two moments: heuristic and hermeneutic, the use of various agro-industrial waste as substrates for its production, its biological efficiency and its economic viability. The first stage enabled rigorous investigation in reliable sources. The second consisted of the analysis, classification and interpretation of the information, specifying the theoretical contribution in methodology, substrate selection, data collection and analysis. The results showed evidence of partial degradation of the substrate, which indicates the use of the substrate, which is a determinant of Biological Efficiency (BE). This value allows us to determine that, based on the review carried out, the mixture of wheat straw with dehydrated alfalfa is the most effective treatment in the production of this species. This review showed that the selection of waste depends on the agricultural activities of each region, as well as the amount generated. However, not all waste used favors the production of fungi making this activity economically unfeasible in some cases.

Keywords: Agronomy, Waste, Biological Efficiency, Mushrooms, Setas.

Introducción

Los hongos representan a uno de los grupos biológicos con mayor diversidad en el mundo, con una gran variabilidad en morfología y ciclos de vida, por lo que son componentes primordiales en actividades ecológicas en una gran variedad de ecosistemas (Aguirre-Acosta et al., 2014). Kirk et al. (2008) mencionan que hay

97 861 especies descritas de hongos en el mundo; Blackwell (2011), considerando esta cifra y los datos registrados en la primera edición del diccionario de los hongos (Ainsworth y Bisby, 1943), estimó que en los últimos 65 años se han descrito alrededor de 60,000 especies.

México es el segundo país en el mundo con mayor diversidad de hongos silvestres, solo por detrás de China. Se estima que alrededor de 400 especies son comestibles, sin embargo, el conocimiento de la diversidad de hongos en México es aún incipiente y las cifras que han mencionado diversos autores no reflejan con exactitud el número real de especies que se conocen (Aguirre-Acosta et al., 2014).

Los hongos comestibles silvestres constituyen un elemento fundamental de la cultura alimentaria y un recurso estratégico de subsistencia. Además, representan una fuente de ingresos para la producción local (Gómez-Vázquez et al., 2019). El término “seta” es aplicado para referirse a los hongos del género *Pleurotus*, el cual agrupa diversas especies comestibles que son cultivadas en diferentes partes del mundo (Aguilar-Pumahuilca et al., 2019). De las especies válidas para el género, por lo menos 12 son cultivadas, incluyendo a *P. ostreatus* y *P. djamor* entre las de mayor importancia comercial (Salmones y Mata, 2012).

Uno de los hongos comestibles más estudiado y cultivado durante los últimos años ha sido las setas *Pleurotus ostreatus*, esto debido a la facilidad de su cultivo y al alto contenido nutricional. Su producción permite la utilización y reciclaje acelerado de millones de toneladas de subproductos agrícolas, agroindustriales y forestales, utilizados como sustrato para su cultivo, de aquí la importancia ecológica de esta actividad (García et al., 2021).

En el mundo, se produce esta variedad de hongo en diferentes sustratos, por lo que se han diversificado las técnicas de su cultivo, para esto se han utilizado una serie de residuos agroindustriales como el rastrojo de maíz, plantas y desperdicios de café, bagazo de caña, así como paja de diferentes cereales, virutas de madera

y cortezas, subproductos del algodón, hojas de plátano, fibra de coco, entre otros (Díaz et al., 2019). El uso de estos productos para el cultivo y producción de hongos comestibles proveen las fuentes de carbono, nitrógeno, azufre y fósforo necesarias para el desarrollo adecuado de la biomasa fúngica (Rodríguez et al. 2018).

Diversos grupos de investigadores han demostrado la habilidad de estos hongos para prosperar en una amplia gama de desechos lignocelulósicos utilizando residuos agrícolas, agroindustriales y forestales, ya sea de manera individual o combinados con otros sustratos (Rodríguez et al. 2018). Estos sustratos se pueden clasificar en seis categorías (Puig-Fernández et al., 2020):

1. Pajas (de ajonjolí, arroz, cártamo, cebada, sorgo, trigo, avena y zacate en general).
2. Rastrojos (de maíz, mijo, garbanzo, frijol, etc.)
3. Pulpas (de café, de limón, de cardamomo)
4. Bagazos (de caña de azúcar, citronela, maguey, henequén, uva, etc.)
5. Residuos forestales (como aserrín, viruta, troncos y ramas)
6. Otros (papel, olote, tamo de maíz, hojas de piña, fibra de coco, lirio acuático, hojas y tallos de plátano, desechos de la industria textil, etc.)

La selección del sustrato agroindustrial adecuado para la producción de setas influye directamente en la eficiencia y la calidad de cultivo, así como en su rentabilidad, por lo que, este trabajo está soportado en una revisión de investigaciones publicadas sobre el uso de diversos residuos agroindustriales como sustrato, para la producción de *Pleurotus ostreatus* únicamente en México, así como y una comparación de la Eficiencia Bilógica (EB) obtenida en cada uno de

los casos, esto con el objetivo de poder determinar cuál es el residuo agroindustrial con el mayor potencial y viabilidad financiera para la producción de hongos seta.

Método y Metodología

Se llevó a cabo un proceso metodológico de dos momentos: heurístico y hermenéutico. El primero posibilitó la indagación rigurosa en fuentes confiables. El segundo consistió en el análisis, clasificación e interpretación de la información, al lograr precisar el aporte en la selección de sustratos y análisis de resultados (Londoño et al., 2016).

La búsqueda de literatura se realizó en la base de datos de sistemas de información científica. La revisión se hizo en documentos escritos en español y comprendió exclusivamente artículos de revistas científicas publicados en México entre el año 2013 al 2023. Se realizó un análisis de contenido en las aportaciones de investigaciones relacionadas con el uso de residuos agroindustriales para la producción del *Pleurotus* sp. y que reportarán la EB obtenida en el proceso, estos son los criterios considerados para la selección de la información.

Uno de los parámetros comúnmente analizados para medir el rendimiento en la manufactura de hongos es el análisis de la EB, el cual se define como el potencial biológico de los sustratos para la producción de hongos (Díaz y Carvajal, 2014). El concepto generalmente aceptado es la eficiencia biológica la cual representa la relación en porcentaje, entre el peso fresco de hongos producidos y el peso seco del sustrato empleado. Este indicador relaciona la naturaleza biológica del hongo respecto a su metabolismo y aprovechamiento del sustrato donde crece (López, 1995).

El análisis de contenido se efectuó en 12 artículos de revistas como Revista Mexicana de Agroecosistema, Revista Mexicana de Micología, Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, Scientia Fungorum, Revista Mexicana de Agronegocios, Revista Agricultura, Sociedad y Desarrollo; Revista Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente y la Revista Agrociencia.

Resultados

Dentro de las publicaciones revisadas se pudo determinar una variedad de 33 tipos de sustratos diferentes de los cuales, 11 son una mezcla de dos o más residuos. En la Tabla 1 se muestran los desechos utilizados como base para la producción del hongo y su EB alcanzada en cada uno de los tratamientos.

Tabla 1

Valores obtenidos en el cálculo de la EB de acuerdo a cada autor

Se puede observar de los sustratos evaluados en los diferentes tratamientos y sus eficiencias biológicas correspondientes.

Autor	Residuos utilizados para la preparación de los sustratos	Eficiencia Biológica %
Romero-Arenas et al. (2013)	Paja de trigo	119.24
	Bagazo de café deshidratado	55.41
	Paja de cebada	53.27
	Paja de frijol	51.54
	Rastrojo de maíz	41.15
Chairez-Aquino et al. (2019)	Bagazo de maguey	65.4
	Hojas de maíz	131.6
Gaitán-Hernández & Silva (2016)	Rastrojo de maíz	107.3
	Rastrojo de maíz / Paja de avena	121.8
	Paja de avena	112
Romero-Arenas et al. (2018)	Paja de trigo	128.7
	Paja de cebada	102.2
	Rastrojo de maíz	64.3
	Pajilla de frijol	46.84
	Paja de trigo/Alfalfa deshidratada	163.5
	Paja de cebada/Alfalfa deshidratada	130.6
	Rastrojo de maíz/Alfalfa deshidratada	109

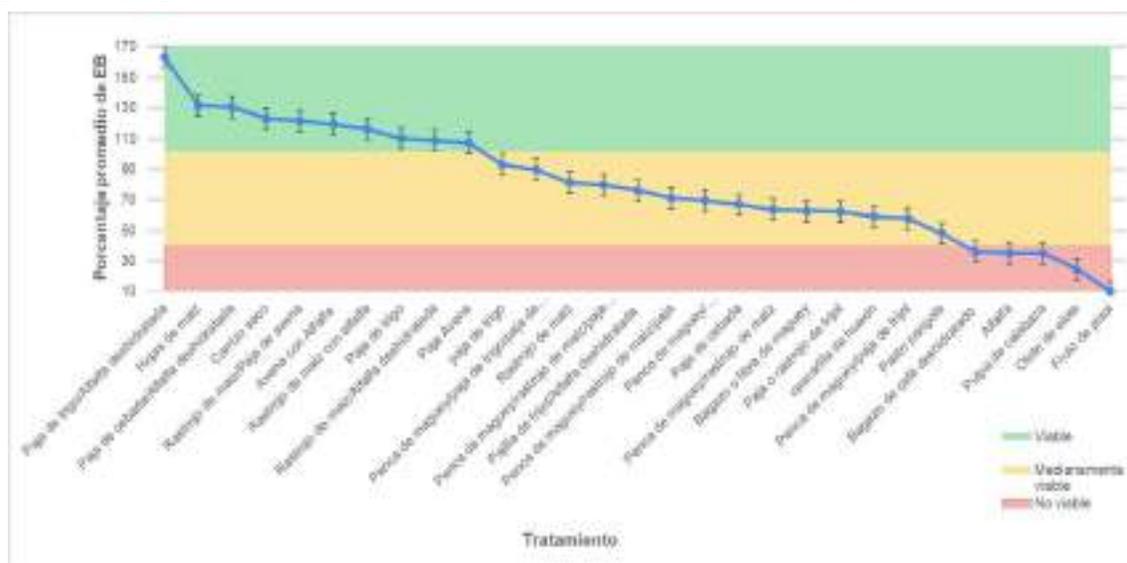
	Pajilla de frijol/Alfalfa deshidratada	76.1
	Alfalfa deshidratada	35.13
Valencia de Ita et al. (2018)	Paja de avena	80.47
	Paja de cebada	59.95
	Rastrojo de maíz	64.68
	Carrizo seco	123.21
Jaramillo & Albertó (2019)	Paja de trigo	82.6
Portilla et al. (2019)	Rastrojo de maíz	59.61
	Pajilla de frijol	47.92
	Bagazo de maguey	74.41
	Penca de maguey/ paja de trigo	69.59
	Penca de maguey/rastrojo de maíz	63.68
	Penca de maguey/paja de frijol	57.89
	Penca de maguey/paja de trigo/paja de Frijol	89.81
	Penca de maguey/rastrojo de maíz/ paja de trigo	80.01
	Penca de maguey/rastrojo de maíz/paja	71.2
Morán et al. (2020)	Rastrojo de frijol	102.75
	Cascarilla de huaxin	59.12
	Paja de trigo	93
	Pulpa de calabaza	35
	Fruto de pixoi	10

García Calderón et al. (2021)	Paja de avena	129.1
	Rastrojo de maíz	110.9
	Alfalfa	ND
	Avena con Alfalfa	119.5
	Rastrojo de maíz con alfalfa	116.6
España- Rodríguez et al. (2020)	Paja de cebada	52.3
	Fibra de maguey	48.61
Roblero-Mejía et al. (2021)	Pasto pángola	48.8
	Pulpa de café	16.9
	Olote de elote	24.6
<p>Nota. Como se observa en la figura 1, el principal resultado productivo fue la EB obtenida con el sustrato elaborado con una mezcla de paja de trigo y alfalfa deshidratada. Por otro lado, el sustrato con menor productividad en relación a los resultados reportados de acuerdo a la EB, fue el elaborado a base de fruto de pixoi.</p>		

sea económicamente viable, los rendimientos deben ser superiores al 10% y la eficiencia biológica debe alcanzar valores como mínimo del 40%, por tanto, los valores respecto a la EB promedio de cada sustrato son presentados en la Figura 2, lo cual permite observar la viabilidad de cada uno de los tratamientos (Puig-Fernández et al., 2020).

Figura 2

Viabilidad económica de cada uno de los sustratos evaluados de acuerdo al porcentaje promedio en cuanto a la EB obtenida en los trabajos revisados



Conclusiones y discusión

Se logró determinar la eficiencia en la producción de hongo *Pleurotus ostreatus* mediante el uso de diferentes residuos principalmente de origen agroindustrial, al obtener como tratamiento más eficaz la mezcla de paja de trigo con alfalfa deshidratada. La revisión de los proyectos permitió determinar que solo 10 de los 29 tratamientos son viables económicamente, 14 medianamente viables y cinco

son inviables debido al bajo potencial biológico de los sustratos para la producción de hongos.

La conformación de los sustratos, ya sean de manera individual o combinados dependen de los desechos agrícolas disponibles localmente. Esto permitiría, además de aprovechar los residuos agroindustriales locales, impulsar el desarrollo tecnológico en la producción de setas en distintas regiones del país.

Referencias

- Aguilar-Pumahuilca, F., Huamán-Huamán, H., & Holgado-Rojas, M. (2019). Caracterización de *Pleurotus* sp. Aislado de la comunidad nativa de korimani, centro poblado de kiteni-echarate, la Convención, Cusco, Perú. *Ecología Aplicada*, 18(1), 45-50. <https://doi.org/10.21704/rea.v18i1.1305>
- Aguirre-Acosta, E., M. Ulloa, S., Aguilar, J., Cifuentes, J. & Valenzuela, R. (2014). Biodiversidad de hongos en México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85 (Supl. ene), S76-S81. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-34532014000200009
- Ainsworth, G. C. y Bisby, G.R. (1943). *Dictionary of the Fungi*. Imperial Mycological Institute, Kew.
- Blackwell, M. (2011). The Fungi: 1, 2, 3 ... 5.1 million species? *American Journal of Botany*, 98(3), 426-438. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21613136/>
- Chairez-Aquino, J., Enríquez del Valle, J. R., Ruíz-Luna, J., Campos-Ángeles, G. V. & Martínez-García, R. (2015). Uso del bagazo de *Agave* spp y hojas de maíz para cultivar el hongo *Pleurotus ostreatus*. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 2(1), 23-28. [chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglefindmkaj/https://](https://efaidnbnmnnibpcajpcglefindmkaj/)

rmae.voaxaca.tecnm.mx/wp-content/uploads/2020/11/3-RMAE_2015-09_Hongos.pdf

- Díaz C. C & Carvajal R. E. (2014). Eficiencia biológica de *Pleurotus ostreatus* cultivado en fibra de palma de aceite. @limentech Ciencia y Tecnología Alimentaria, 12, 63-70. <https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/alimen/article/view/1590>
- Díaz, K., Casanova, M., León, C., Bardales, C. & Cabos, J. (2019). Producción de *Pleurotus ostreatus* (Pleurotaceae) ICFC 153/99 cultivado sobre diferentes residuos lignocelulósicos. Arnaldoa, 26(3): 1177-1184. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2413-32992019000300022
- España-Rodríguez, M., Hernández-Domínguez, E. M., Velázquez-De Lucio, B. S., Villa-García, M., & Álvarez-Cervantes, J. (2020). Productividad y análisis químico proximal de *Pleurotus* spp. crecidos sobre bagazo de *Agave salmiana* como sustrato alternativo. Agrociencia, 55(7), 569-581. <https://www.agrociencia-colpos.org/index.php/agrociencia/article/view/2604>
- Gaitán-Hernández, R. & Silva, A. (2016). Aprovechamiento de residuos agrícolas locales para la producción de *Pleurotus* spp., en una comunidad rural de Veracruz, México. Revista Mexicana de Micología, 43, 43-47. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-31802016000100007
- García Calderón, N. D., Ramos López, M. A., Rubalcava Alejo, I., Caratachea Aguirre, I. L., & Flores Macías, A. (2021). Adición de alfalfa deshidratada como suplemento nutricional de los sustratos paja de avena y rastrojo de maíz en la producción de *Pleurotus ostreatus*. Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente, 21(41), 43-47. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-31802016000100007

- Gómez-Vázquez, R., Thomé-Ortiz, H., Pérez-Ramírez, C, A. y Martínez-García, C. G. (2019). La perspectiva como marco de análisis para el aprovechamiento turístico de los hongos comestibles silvestres (HCS) en el centro de México. *CIENCIA ergo-sum*, 26(1). chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpegglefindmkaj/
<https://www.redalyc.org/journal/104/10456899012/10456899012.pdf>
- Jaramillo, S., & Albertó, E. (2019). Incremento de la productividad de *Pleurotus ostreatus* mediante el uso de inóculo como suplemento. *Scientia Fungorum*, 49(e1243), 1-8. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2594-13212019000100205
- Kirk, P. M., Cannon, P. F., Minter, D. W. y Stalpers, J. A. (2008). *Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi*. (10 ed.) International Mycological Institute, CAB International.
- Londoño, O. L., Maldonado, L. F. y Calderón, L. C. (2016). *Guía para construir estados del arte*. Iconk.
- López R. A. (1995). *Cultivo de Setas: alternativa alimenticia de la economía familiar*. Universidad Veracruzana, Centro de Genética Forestal.
- Morán, T., Bautista, J., Sobal, M., Rosales, V., Candelaria, B., & Huicab, Z. G. (2020). Potencial biotecnológico de residuos vegetales para producir *Pleurotus ostreatus* en zonas rurales de Campeche. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(3), 685-693. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342020000300685
- Portilla, A., Romero-Arenas, O., Valencia de Ita, M. de los Á., Hernández, M. Á., Lanteta, G., & Rivera-Tapia, J. A. (2019). Determinación de los parámetros de productividad de cepas de *Pleurotus ostreatus* y *P. opuntiae* cultivadas en paja de trigo y pencas de maguey combinadas con sustratos agrícolas. *Scientia Fun-*

- gorum, 49(e1216), 1-9. <https://scientiafungorum.org.mx/index.php/micologia/article/view/1216>
- Puig-Fernández, Y., Crespo-Zafra, L. M., Cardona-Soberao, Y. R., Matos-Mosqueda, L., & Serrano-Alberni, M. (2020). Evaluación de tres residuos agroindustriales como sustratos para cultivo del *Pleurotus ostreatus* var. Florida: artículo de investigación. Revista científica multidisciplinaria arbitrada Vachasun, 4(7), 164–176. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=685875880009>
- Roblero-Mejía, D. O., Aguilar-Marcelino, L., & Sánchez, J. E. (2021). Efecto de la variación del sustrato en la productividad de dos cepas de *Pleurotus* spp. *Scientia Fungorum*, 52(e1377), 1-11. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2594-13212021000200105
- Rodríguez, G. E., Martínez, D. A., Buglione, M. B., Filippi, M. V. & Agüero, M. S. (2018). Cultivo de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kummer sobre orujo de pera: Evaluación de la productividad y composición química del sustrato biodegradado. *Anales de Biología*, 40, 21-30. https://www.um.es/analesdebiologia/numeros/40/PDF/40_2018_03.pdf
- Romero-Arenas, O., Hernández Treviño, I., Conrado Parraguirre Lezama, J. F., Márquez Specia, M. N., & Amaro Leal, J. L. (2013). Evaluación de bagazo de café (*Coffea arabica*) como sustrato en la producción de *Pleurotus ostreatus*. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 33, 472-481. <https://biblat.unam.mx/es/revista/revista-mexicana-de-agronegocios/articulo/evaluacion-de-bagazo-de-cafe-coffee-arabica-como-sustrato-en-la-produccion-de-pleurotusostreatus>
- Romero-Arenas, O., Valencia-De Ita, M. Á., Rivera-Tapia, J. A., Tello-Salgado, I., Villarreal Espino-Barros, O. A., & Damián-Huato, M. Á. (2018). Capacidad productiva de *Pleurotus Ostreatus* utilizando alfalfa deshidratada como suplemento en diferentes sustratos agrícolas. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*,

15(2), 145-160. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722018000200145

Salmones, D. & Mata, G. (2012). Ceparios de hongos de México. En Sánchez J. E. & Mata G. (eds). Hongos comestibles y medicinales en Iberoamérica: investigación y desarrollo en un entorno multicultural. El Colegio de la Frontera Sur. INECOL.

Valencia de Ita, M. A., Castañeda, M. D., Huerta, M., & Romero-Arenas, O. (2018). Carrizo silvestre (*Arundo donax*) como sustrato alternativo en la producción de *Pleurotus ostreatus*. *Scientia Fungorum*, 48, 15-22. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2594-13212018000200015