

Adición de alfalfa deshidratada como suplemento nutricional de los sustratos paja de avena y rastrojo de maíz en la producción de *Pleurotus ostreatus*

Norma Daniela García Calderón,¹ Miguel Ángel Ramos López,² Israel Rubalcava Alejo,¹ Iván Levi Caratachea Aguirre¹ y Antonio Flores Macías^{1*}

Resumen. El consumo de proteína a partir de hongos es una alternativa para reemplazar parcialmente las fuentes de proteína de origen animal. Con la finalidad de incrementar la productividad del hongo *Pleurotus ostreatus*, se evaluó el efecto de adicionar alfalfa deshidratada (*Medicago sativa* L.) como suplemento nutritivo a los sustratos vegetales: paja de avena y rastrojo de maíz. En un arreglo experimental de bloques al azar, se evaluaron las variables tiempo promedio en la aparición de los primeros cuerpos fructíferos, número de esporomas, biomasa fresca, biomasa seca y eficiencia biológica (EB), durante un periodo promedio de 120 días. Los resultados muestran que cuando el sustrato fue únicamente alfalfa deshidratada, no se produjeron cuerpos fructíferos. Con respecto a la variable número de días de aparición de cuerpos fructíferos, no hubo diferencia estadística. Los sustratos adicionados con el suplemento presentaron un mayor número de esporomas y los valores más altos de biomasa fresca. La adición del suplemento ocasionó una disminución de la EB en el sustrato de rastrojo de maíz y paja de avena. Los resultados obtenidos indican que la alfalfa deshidratada, utilizada como sustrato único, no favorece el crecimiento de *P. ostreatus*, y que su adición como suplemento para los sustratos estudiados incrementa la producción de biomasa fresca, pero afecta negativamente la EB.

Palabras clave: Biomasa fresca, Biomasa seca, Eficiencia biológica, Esporoma.

Abstract. Protein from mushrooms is an alternative to partially replace protein sources of animal origin. In order to increase the productivity of *Pleurotus ostreatus* fungus, it was evaluated the

¹ Departamento de Producción Agrícola y Animal. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco.

² Facultad de Química. Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, Mexico.

* Autor de contacto: afloresm@correo.xoc.uam.mx.

effect of adding dehydrated alfalfa (*Medicago sativa* L.) as a nutritional supplement to the substrates oat straw and corn stubble. In an experimental arrangement of random blocks, the variables average time in the appearance of the first fruiting bodies, number of sporomes, fresh biomass, dry biomass and biological efficiency (BE) were evaluated, during an average period of 120 days. The results show that when the substrate was dehydrated alfalfa, no fruiting bodies were produced. There was no statistical difference regarding the variable number of days of appearance of fruiting bodies. The supplemented substrates presented a greater number of sporomes and the highest values of fresh biomass. The addition of the supplement caused a decrease in EB in the corn stubble and oat straw substrate. The results obtained indicate that dehydrated alfalfa, used as the sole substrate, does not favor the growth of *P.ostreatus* and that its addition as a supplement to the studied substrates increases the production of fresh biomass, but negatively affects EB.

Keywords: Fresh biomass, Dry biomass, Biological efficiency, Sporome.

INTRODUCCIÓN

El consumo de hongos representa una fuente alimenticia con un alto contenido de proteína digerible, aminoácidos esenciales, fuente de fibra, vitaminas y minerales (Stephan *et al.*, 2018; Buglione *et al.*, 2019). La producción de hongos comestibles ha aumentado más de 30 veces desde 1978, alcanzando una producción mundial de 34 millones de toneladas, con un valor cercano a los 63,000 millones de dólares estadounidenses (Royse y Sánchez, 2017). China es el principal productor y consumidor de hongos comestibles a nivel mundial; produjo 87 % de esa producción (Grimm y Wösten, 2018). De entre las diferentes especies de hongos, *Lentinula edodes* (shiitake) es ahora el más ampliamente cultivado, con 22 % de la producción mundial en 2013. Le siguen muy de cerca *Pleurotus* spp. y *Auricularia* spp., que cuentan con 19 % y 18 %, respectivamente (Royse *et al.*, 2017). México es el primer productor de champiñón y *Pleurotus* spp. en América Latina, generando alrededor de 80.8 % de la producción total, con 62,374 toneladas, seguido por Brasil con 7.7 % y Colombia con 5.2 %, a nivel mundial ocupa el 13o puesto (Martínez-Carrera y Ramírez, 2016; Romero *et al.*, 2018).

La siembra del hongo *Pleurotus* spp., comunmente llamado seta, permite la utilización y reciclaje acelerado de millones de toneladas de subproductos agrícolas, agroindustriales y forestales utilizados como sustrato de este cultivo, de aquí la importancia ecológica de esta actividad.

Los sustratos para la producción de *Pleurotus* spp. deben ser ricos en celulosa, lignina y hemicelulosa, de los que el hongo toma los nutrientes necesarios para crecer y desarrollarse. Entre estos se encuentran la paja de avena, trigo, cascarilla de arroz, rastrojo de maíz y algunos pastos, cuyo contenido de nitrógeno suele ser inferior a 1% (Chang y Miles, 2004; Melo de Carvalho *et al.*, 2010). Estos sustratos se consideran completos cuando se les añaden materiales o suplementos que tienen la finalidad de proporcionar una mejor nutrición al hongo, aumentando la eficiencia biológica (g de hongo fresco/100 g de sustrato seco), la productividad y la tasa de biodegradación de la cepa (Romero-Arenas *et al.*, 2010). Uno de los principales nutrientes que requiere un sustrato ideal para la producción de *P. ostreatus* es el nitrógeno (Ogundele *et al.*, 2014), el cual debe estar presente en concentraciones de 0.6 a 1.2% (Muez y Pardo, 2002; Pardo, 2008). La alfalfa deshidratada es un suplemento nutricional de los sustratos, que puede aportar cerca de 2.69% de nitrógeno, además contiene 90.9% de materia seca, 11.8% de hemicelulosa, 24.7% de celulosa y 8.5% de lignina (López, 2000; Sánchez y Royse, 2001).

Con la finalidad de estudiar la posibilidad de incrementar la producción de *P. ostreatus*, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar los indicadores de crecimiento y rendimiento de ese hongo cultivado sobre dos sustratos (paja de avena y rastrojo de maíz), con alfalfa deshidratada como suplemento nutricional.

METODOLOGÍA

La investigación se desarrolló en el área de producción de hongos del Centro de Investigaciones Biológicas y Acuícolas de Cuemanco (CIBAC), de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, Ciudad de México.

La zona de trabajo fue desinfectada previo a la siembra, aplicando, mediante aspersión, hipoclorito de sodio al 10%. Durante el periodo de incubación del hongo se mantuvo una temperatura promedio de 19.5 ± 2 °C, una humedad relativa del 85-90% y en ausencia de luz. En el periodo de desarrollo del hongo, las condiciones de temperatura y humedad fueron iguales a la anteriormente indicadas, la luminosidad fue de 200 luxes, pero con una ventilación natural que permitió que no se presentarían síntomas de exceso de CO₂ (Kab-Yeul *et al.*, 2003). Para mantener la humedad relativa se realizaron dos riegos diarios (300 mL) mediante micronebulizadores.

Se evaluaron cinco tratamientos (Cuadro 1), que fueron distribuidos en un arreglo experimental de bloques al azar. Cada tratamiento contó con cinco repeticiones.

Cuadro 1. Sustratos utilizados en cada tratamiento

Tratamiento	Sustratos (g)
Pa	600 paja de avena
Rm	600 rastrojo de maíz
A	600 alfalfa
Pa+A	600 paja de avena + 300 g alfalfa
Rm+A	600 rastrojo de maíz + 300 g alfalfa

Preparación de sustratos y siembra

Los sustratos fueron adquiridos de proveedores de forrajes de la Alcaldía de Xochimilco, Ciudad de México. Estos sustratos deshidratados a temperatura ambiente fueron triturados en un molino de tracción mecánica de la marca Caravagio®, a una longitud de entre 3 y 5 cm. Los materiales, por separado, fueron colocados en arpillas plásticas para ser hidratados durante 24 h en un volumen de agua (pH 6.8) de 200 L, al que previamente se le habían adicionado 400 g de hidróxido de calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$. El sustrato se dejó escurrir por 30 min, hasta alcanzar una humedad promedio de 80% v/v (Flores *et al.*, 2013).

El material hidratado fue colocado en canastillas metálicas, que se introdujeron en tambores metálicos de acero inoxidable con capacidad de 200 L, a los que se les agregaron 10 L de agua, que se calentaron como parte del tratamiento térmico. El tambor fue cubierto mediante un plástico y se le aplicó calor mediante fuego, hasta alcanzar una temperatura de 80°C dentro del contenedor. Después de una hora bajo esta condición, el material se dejó escurrir durante 30 min (Romero-Arenas *et al.*, 2010), hasta alcanzar una humedad promedio de 75%; posteriormente se colocó sobre una superficie y se le dejó enfriar hasta una temperatura de 22°C.

La siembra se realizó colocando el sustrato en capas de cinco centímetros, dentro de bolsas de plástico transparentes de 40 x 60 cm, calibre 250 (0.0025"). Entre cada capa, se depositaron 400 g de inóculo de *P.s ostreatus*. El peso total por bolsa fue de 1000 g en los tratamientos Rm y Pa; mientras que para los tratamientos Rm + A y Pa + A fue de 1300 g. El inóculo utilizado fue de la cepa CP-50 "seta blanca", con el código BPR-246 obtenido de la distribuidora Prodiset (www.prodiset.mx).

Las bolsas selladas fueron colocadas en el área de incubación. El promedio de peso final registrado por bolsa sembrada fue de 1000 g de peso húmedo para los sustratos sin suplemento y de 1300 g de peso húmedo para las bolsas con suplemento de alfalfa (incluidos los 400 g de semilla). A los cuatro días de incubación, se hicieron 35 cortes verticales de 1 cm sobre las paredes de las bolsas para favorecer el intercambio de gases.

Cosecha y medición de variables

Los cuerpos fructíferos se cosecharon cuando alcanzaron su desarrollo máximo, mostrando el himenio y las láminas visibles. Se cuantificó el número de cuerpos fructíferos, además de la biomasa fresca y biomasa seca. Esta última se determinó mediante deshidratación de las muestras durante 72 h a 60°C en una estufa de secado modelo Hirose HSCF-62.

Finalmente, se calculó la eficiencia biológica mediante la siguiente ecuación (Royse *et al.*, 2004):

$$EB = (\text{Peso fresco de los hongos cosechados} / \text{Peso seco del sustrato}) \times 100$$

Análisis estadístico

Se determinó la normalidad de los datos (Shapiro-Wilk W test) y su homocedasticidad (Levene). En caso de no cumplirse esta premisa, se utilizó el análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis y la comparación de medias (Steel-Dwass). Los datos fueron analizados a través de un Análisis de Varianza (ANOVA) de medidas repetidas (MR-ANOVA) y la prueba de Tukey ($p < 0.05$) para determinar posibles diferencias entre tratamientos. El procesamiento de los datos se llevó a cabo con el paquete estadístico JMP® versión 11 (SAS, 2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aparición de los cuerpos fructíferos en los tratamientos inició a los 23 días después de la siembra, y tuvo una duración promedio de 25.5 ± 1.3 días. Este tiempo es inferior a los 38 días reportado por Romero-Arenas *et al.* (2018) en una investigación con *P. ostreatus*

con la misma cepa (CP-50), cultivada en paja de trigo, paja de avena, rastrojo de maíz y pajilla de frijol, todos ellos adicionados con alfalfa deshidratada. En esa investigación, la temperatura ambiente promedio fue 26 ± 2 °C, superior a los 19.5 ± 2 °C, en las que se desarrolló el presente experimento. Sin embargo, la humedad relativa fue inferior en 5%. Al parecer, la combinación de una menor temperatura y una mayor humedad aceleraron la aparición de los primeros cuerpos fructíferos, aunque variables como la concentración de CO₂ y los diferentes sustratos utilizados limitan el hacer una comparación directa.

De los tratamientos evaluados, se observó que la alfalfa como sustrato único, no produjo esporomas. En el trabajo de Romero-Arenas *et al.* (2018), el tratamiento con alfalfa sí presentó cuerpos fructíferos, pero su productividad fue la menor de entre los sustratos estudiados (3.68 kg), mientras el sustrato de paja de avena alcanzó la máxima producción (12.68 kg). La ausencia de crecimiento en el sustrato de alfalfa pudo estar asociada a su bajo contenido de compuestos lignocelulósicos. Al no tener suficiente materia prima lignocelulósica, el hongo *P. ostreatus* no se desarrolló. López (2000) reporta que la alfalfa contiene porcentajes bajos de celulosa (11.8%) y lignina (8.5%), menores a los contenidos en el Rm, que presenta un contenido de celulosa de 37.69% y de lignina 18.59%, y a los que reporta Ortiz (2013) para la Pa, de 35.8% de celulosa y 16.85% de lignina.

El análisis comparativo entre los tratamientos muestra que no se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) en el de tiempo de aparición de los cuerpos fructíferos (Cuadro 2), por lo que se puede suponer que la adición de alfalfa en los diferentes sustratos no tuvo ningún efecto sobre esta variable. Sin embargo, se observó que los tratamientos con rastrojo de maíz presentaron la aparición de cuerpos fructíferos en tiempos ligeramente más cortos.

Cuadro 2. Promedio de días de aparición de cuerpos fructíferos dede la siembra

Tratamiento	Días \pm DS
Pa	26.5 \pm 0.53 a
Pa+A	26.8 \pm 2.28 a
A	ND
Rm	24.1 \pm 1.24 a
Rm+A	24.5 \pm 3.38 a

Pa paja de avena; Pa + A paja de avena + alfalfa deshidratada;

Rm rastrojo de maíz, Rm + A rastrojo de maíz + alfalfa deshidratada.

Valores promedio \pm D.S. con la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes ($p < 0.05$ Tukey).

La cantidad promedio de esporomas emergidos fue estadísticamente diferente ($p < 0.05$) en los tratamientos en los que se adicionó alfalfa (39.1 y 31.0) con respecto a los mismos sustratos en los que no se adicionó (17.6 y 19.3).

Para la variable biomasa fresca, los tratamientos adicionados con alfalfa presentaron valores superiores (349.7 y 332.7 g) con respecto a los demás tratamientos (Cuadro 3), lo que hace suponer que la alfalfa como suplemento incrementó el redimiento de *P. oatreatus*. Sin embargo, esto pudiera no estar relacionado con la aportación de nitrógeno, ya que Mleczek *et al.* (2021) no encontraron un incremento en la productividad de este hongo cuando adicionaron fuentes fertilizantes ricas en amonio y nitratos.

Los valores de la variable biomasa seca mostraron una respuesta diferente, en donde los tratamientos suplementados con alfalfa no se diferenciaron estadísticamente de los no suplementados. Sólo se observó una diferencia estadística entre el tratamiento Pa y el tratamiento Rm + A, siendo este último el que mayor valor de biomasa seca produjo.

Cuadro 3. Valores promedio del número de esporomas, biomasa fresca y seca

Tratamiento	Esporomas \pm D.S	Biomasa fresca \pm D.S (g)	Biomasa seca \pm D.S (g)	EB %
Pa	17.6 \pm 1.2 c	258.1 \pm 11.5 b	14.2 \pm 5.3 b	129.1 \pm 36.4 a
Pa + A	39.1 \pm 2.4 a	332.7 \pm 15.7 a	21.1 \pm 0.72 ab	110.9 \pm 24.0 b
A	ND	ND	ND	ND
Rm	19.3 \pm 1.4 bc	238.9 \pm 12.5 b	19.4 \pm 1.09 ab	119.5 \pm 26.4 a
Rm + A	31.0 \pm 1.7 ab	349.7 \pm 21.1 a	24.3 \pm 1.08 a	116.6 \pm 29.6 b

Pa paja de avena; Pa + A paja de avena + alfalfa deshidratada; Rm rastrojo de maíz, Rm + A rastrojo de maíz + alfalfa deshidratada. Valores promedio \pm D.S. con la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes ($p < 0.05$ Tukey).

Con respecto a la EB, los tratamientos Pa y Rm presentaron un valor estadísticamente superior a los obtenidos en los tratamientos restantes (Cuadro 3). Estos sustratos al ser suplementados con alfalfa deshidratada redujeron su EB (18.2% y 2.9%, respectivamente). Lo anterior, no coincide con lo reportado por Romero-Arenas *et al.* (2018), quienes utilizaron rastrojo de maíz adicionado con alfalfa, con un incremento de casi 27% de EB, por efecto del suplemento. Sin embargo, Zireva *et al.* (2010) encontraron que la adición de

salvado de maíz, que tiene un contenido de nitrógeno similar al de la alfalfa (2.0%), al rastrojo de maíz, redujo la EB en 72%. Sumado a lo anterior, Rózsa *et al.* (2016) obtuvieron resultados negativos al adicionar harina de soya como fuente de nitrógeno al sustrato de *P. ostreatus*, ya que encontraron una reducción en el crecimiento del micelio y un retraso en la producción del hongo. Los resultados del presente experimento y lo reportado por Zireva *et al.* (2010) y por Rózsa *et al.* (2016) hace suponer que la adición de suplementos con niveles altos de nitrógeno, al menos en el sustrato de maíz, tiene un efecto adverso sobre la EB. Se ha observado que un contenido elevado de nitrógeno favorece el crecimiento de hongos mitospóricos y de *Coprinus*, e incrementa el riesgo de contaminación, anaerobiosis y posterior reducción de la producción (Oei, 2003; Sanchez y Royse, 2017).

Los datos de EB en Rm + A fueron superiores a los obtenidos (91.85%) en la misma investigación de Romero-Arenas *et al.* (2018), con el mismo sustrato y con la misma cepa. Sin embargo, la temperatura fue superior en 5 °C y la humedad relativa fue inferior en 5%, con respecto a las condiciones del presente experimento. Al parecer, esta combinación de una menor temperatura y una mayor humedad promovió un incremento en la producción de biomasa fresca.

La EB para el tratamiento Pa sin suplementar con alfalfa deshidratada fue de 86.04%, que es un valor inferior al 112% reportado por Gaitán-Hernández *et al.* (2016), mientras que Mata *et al.* (2019) obtuvieron valores menores (22.6 a 46.4%), aunque al experimentar con cepas diferentes, existen limitaciones en realizar comparaciones directas. Lo anterior, permite suponer que la especie de *P. ostreatus*, en sus variantes de cepas y sometidas a distintas condiciones de temperatura y humedad, muestran valores de rendimiento y EB muy distintas. A diferencia del sustrato de Rm, la adición de alfalfa deshidratada a la paja de avena no tuvo un efecto negativo sobre la EB, ya que su valor fue mayor.

CONCLUSIONES

La adición de alfalfa deshidratada como suplemento de paja de avena y rastrojo de maíz no modifica el tiempo de aparición de los cuerpos fructíferos. Sin embargo, sí incrementa el número de esporomas y la biomasa fresca producida por *P. ostreatus*, por lo que es una práctica que, al realizarse, puede incrementar la productividad del cultivo. La adición de este suplemento mejora la EB cuando es añadido al sustrato de paja de avena, pero ésta disminuye cuando se adiciona al rastrojo de maíz, lo que indica que su aplicación sólo debe realizarse cuando la experimentación ha mostrado su efecto positivo sobre esta variable.

BIBLIOGRAFÍA

- Buglione, B. *et al.* (2019). Valor nutricional de las gírgolas de *Pleurotus ostreatus* cultivado en orujo de manzana. XVII Congreso argentino de ciencia y tecnología de alimentos. Argentina.
- Chang, S. y G. Miles. (2004). *Mushrooms: cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact*, 2ª ed., Florida (USA): CRC Press.
- Flores, A. *et al.* (2013). *Producción de setas del género Pleurotus*. Manual 37. México: Universidad Autónoma Metropolitana, Xochimilco.
- Gaitán, R. y H. Silvia. (2016). "Aprovechamiento de residuos agrícolas locales para la producción de *Pleurotus* spp., en una comunidad rural de Veracruz, México", en *Revista Mexicana de Micología*, 43: 43-47.
- Grimm D. & H. Wösten. (2018). "Mushroom cultivation in the circular economy", en *Applied Microbiology and Biotechnology*, 102(4). <https://doi.org/10.1007/s00253-018-9226-8>
- Kab, J. *et al.* (2003). "Characterization of fruitbody morphology on various environmental conditions in *Pleurotus ostreatus*", en *Mycobiology*, 31: 3, 145-150, DOI: 10.4489/MYCO.2003.31.3.145
- López, V. (2000). *Ingestión y digestibilidad aparente de forrajes por la llama (Lama glama). I.- Heno de alfalfa (Medicago sativa) y paja de trigo (Triticum aestivum) en diferentes proporciones*. Chile: Universidad de Chile. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-732X2000000200007
- Martínez, D. y J. Ramírez (eds.) (2016). *Ciencia, tecnología e innovación en el sistema agroalimentario de México*. Texcoco, México: Editorial del Colegio de Posgraduados, AMCCONACYT, UPAEP- IMANAP.
- Mata, J. *et al.* (2019). "Cultivo de *Pleurotus ostreatus* en viruta de pino: obtención de cepas y evaluación de su productividad", en *Madera y Bosques*. 25 (2): 1-13 <https://doi.org/10.21829/myb.2019.2521715>
- Melo de Carvalho, S. *et al.* (2010). "Mushrooms of the *Pleurotus* genus: A review of cultivation techniques", en *Interciencia*, 35(3): 177-182.
- Mleczek, M. *et al.* (2021). "Changes in mineral composition of six strains of *Pleurotus* after substrate modifications with different share of nitrogen forms", en *European Food Research & Technology*, 247(1): 245-257. <https://doi.org/10.1007/s00217-020-03622-9>
- Muez, A. y J. Pardo. (2002). "La preparación del sustrato", en Sánchez, E y D. Royse (Eds.). *La Biología y el Cultivo de Pleurotus spp.* Ecosur (157-186). México: Limusa.
- Oei, P. (2003). *Mushroom Cultivation-Appropriate Technology for Mushroom Growers*. Third Edition. The Netherlands: Backhuys Publishers, Leiden.

- Ogundele, F. *et al.* (2014). "Effect of pure and mixed substrate on oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) cultivation", en *Journal of Experimental Biology and Agricultural Science*, 2(2S): 215-219.
- Ortiz, B. (2013). *Cultivo de Pleurotus ostreatus sobre paja de cereales*. España: Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera.
- Pardo, A. (2008). "Reutilización del sustrato agotado en la producción de hongos comestibles cultivados", en *ITEA Producción Vegetal*, 104: 360-368.
- Romero, O. *et al.* (2018). "Capacidad productiva de *Pleurotus ostreatus* utilizando alfalfa deshidratada como suplemento en diferentes sustratos agrícolas", en *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 15(2): 145-160. <https://doi.org/10.22231/asyd.v15i2.788>
- Romero, O. *et al.* (2010). "Evaluación de la capacidad productiva de *Pleurotus ostreatus* con el uso de hoja de plátano (*Musa paradisiaca* L., cv. Roatan) deshidratada, en relación con otros sustratos agrícolas", en *Agronomía Costarricense* 34(1): 53-63. <https://doi.org/10.15517/rac.v34i1.6699>
- Royse, J., *et al.* (2004). "Yield, mushroom size and time to production of *Pleurotus cornucopiae* (oyster mushroom) grown on switch grass substrate spawned and supplemented at various rates", en *Bioresource Technology*, 91(1): 85-91.
- Royse, D. y J. Sánchez. (2017). *Producción mundial de setas Pleurotus spp. con énfasis en países iberoamericanos*. Chiapas, México: Ecosur, Colegio de la Frontera Sur.
- Rózsa, S. *et al.* (2016). "The influence of pH and the source of nitrogen on the mycelial growth of the *Pleurotus ostreatus* mushrooms", en *Agronomy Series of Scientific Research / Lucrari Stiintifice Seria Agronomie*, 59(2): 243-246.
- Sánchez, J. y D. Royse. (2001). *La biología, el cultivo y las propiedades nutricionales y medicinales de las setas Pleurotus spp.* México: El Colegio de la Frontera Sur.
- Stephan, A. *et al.* (2018). "Edible mushroom mycelia of *Pleurotus sapidus* as novel protein sources in a vegan boiled sausage analog system: functionality and sensory tests in comparison to commercial proteins and meat sausages", en *European Food Research and Technology*, 244(5): 913-924.
- Zireva, T. (2010). "Evaluation of various substrates and supplements for biological efficiency of *Pleurotus sajor-caju* and *Pleurotus ostreatus*", en *African Journal of Biotechnology*, 19: 2756-2761 <https://doi.org/10.3923/pjbs.2007.3458.3461>