

Parámetros de producción de *Pleurotus ostreatus* cultivado en sustratos adicionados con vermicompost

Osiris Guadalupe Ríos-García, Miguel Salvador-Figueroa, Isidro Ovando-Medina, María de Lourdes Adriano Anaya, Miguel Salvador-Adriano*

Instituto de Biociencias. Universidad Autónoma de Chiapas. Tapachula, Chiapas, México.

Resumen

La producción de hongos comestibles es una alternativa para cubrir las necesidades alimentarias de la población humana. El desarrollo de los hongos comestibles generalmente se realiza sobre sustratos constituidos por residuos de la producción agroindustrial, pajas primordialmente. Para mejorar la relación carbono/nitrógeno de los sustratos mencionados se han empleado diferentes materiales, lo que trae como consecuencia mejora en los parámetros productivos. Por lo anterior, el objetivo del trabajo fue determinar los parámetros de producción de *Pleurotus ostreatus* cultivado en sustratos adicionados con vermicompost. Se encontró que *P. ostreatus* no se desarrolla en sustrato constituido exclusivamente con vermicompost. La reducción de los parámetros de producción, número de cuerpos fructíferos, peso húmedo y seco de los hongos cosechados y eficiencia biológica del uso del sustrato, está directamente relacionada con la cantidad de vermicompost presente en el sustrato de crecimiento. El efecto negativo del vermicompost parece asociado a la presencia de metabolitos fungistáticos y fungicidas de naturaleza y origen hasta ahora no conocida.

Palabras clave:

Coproducto
Crecimiento
Fungicidas
Fungistáticos
Inhibición

Keywords:

Byproduct
Growth
Fungicides
Fungistatics
Inhibition

Production parameters of *Pleurotus ostreatus* cultivated on substrates supplemented with vermicompost

Abstract

The production of edible mushrooms is an alternative to meet the food needs of the human population. The development of edible mushrooms is generally carried out on substrates made up of agro-industrial production waste, primarily straw. To improve the carbon/nitrogen ratio of these substrates, different materials have been used, resulting in improved production parameters. Therefore, the objective of this study was to determine the production parameters of *Pleurotus ostreatus* cultivated on substrates supplemented with vermicompost. It was found that *P. ostreatus* does not develop on a substrate consisting exclusively of vermicompost. The reduction in production parameters (number of fruiting bodies, wet and dry weight of harvested mushrooms, and biological efficiency of substrate use) is directly related to the amount of vermicompost present in the growth substrate. The negative effect of vermicompost appears to be associated with the presence of fungistatic and fungicidal metabolites of unknown nature and origin.

* Autor para correspondencia:

Instituto de Biociencias.
Universidad Autónoma de Chiapas.
Boulevard Príncipe Akishino
sin número, Colonia
Solidaridad 2000, C.P.
30798.
Tapachula, Chiapas, México.
Teléfono: + 52 9626427972.
Correo-electrónico:
miguel.adriano@unach.mx

1. Introducción

Con la excepción del continente africano, la producción de hongos comestibles es una actividad realizada en diversos países del mundo (Royse y Sánchez, 2017). China es el principal productor de hongos cultivados y comestibles; aporta 85 % de la producción mundial compuesto por los géneros *Lentinula*, *Pleurotus*, *Auricularia*, *Agaricus* y *Flammulina* (Royse y Sánchez, 2017). En el mundo, el champiñón (*Agaricus bisporus*), es la especie más cultivada, seguida de *Pleurotus ostreatus* (Piña et al., 2016), de esta última, México es el principal productor (González-Márquez et al., 2021).

P. ostreatus, comúnmente conocido como seta, hongo ostra u oreja blanca, es un alimento humano que aporta, en base seca, 28.4 % de proteína, 4.7 % de lípidos, 53.4 % de carbohidratos, 21.8 % de fibra y 8.6 % de minerales (Ferdousi et al., 2020), además de vitaminas (C, complejo B y D), flavonoides, β -carotenos y antioxidantes (García-Vergara et al., 2022). Aunque existen diferentes métodos para cultivar *P. ostreatus*, el realizado en bolsas es el más extendido. Las bolsas son colocadas en un espacio con temperatura entre 20 °C – 30 °C para la etapa de incubación (crecimiento) y de 28 °C para la fructificación, humedad relativa de 80 % o menor para el crecimiento y de 85 % para la fructificación, con ventilación para obtener concentraciones entre 22 % O₂ y 25 % CO₂, e iluminación de 0 lux para la incubación y de 100 lux para la fructificación a lo largo del cultivo (Albores-Pérez y Álvarez-Gutiérrez, 2015). Además de las condiciones fisicoquímicas mencionadas previamente, el crecimiento de *P. ostreatus* depende del sustrato y su acondicionamiento. Los sustratos son, en general, diversos residuos agrícolas y agroindustriales: pajas de cereales (arroz, trigo, cebada, maíz), bagazo de caña de azúcar, residuos de algodón, cáscara de maíz, cáscara de arroz, hojas de plátano y bambú, paja de soya, aserrín y viruta de diferentes maderas, entre otros (Espinosa-Palma, 2025), todos ellos constituidos por polímeros de celulosa, hemicelulosa y lignina (Picornell et al., 2017; Piña-Guzmán et al., 2016). Las pajas son los sustratos más empleados, sin embargo, contienen menos del 1 % de nitrógeno, motivo por el cual son mezcladas con materiales con mayor contenido de dicho nutriente para obtener una relación carbono/nitrógeno entre 30 y 300 (Picornell et al., 2017). Dependiendo del sustrato la eficiencia biológica del proceso, es decir, el peso de cuerpos fructíferos, o carpóforos, producidos en las primeras tres cosechas dividido entre el peso seco del sustrato, todo multiplicado por 100, se encuentra en el rango de 30 a 225 (Huerta et al., 2009; Picornell et al., 2017; Piña-Guzmán et al., 2016; Ríos-Ruiz et al., 2017; Ruilova y Hernández, 2014).

Recientemente, coproductos, subproductos y residuos de material vegetal no utilizado o derivados de su transformación, se han visibilizado como posibles sustratos para la producción de *Pleurotus* (Danay y Levanon, 2017). De esta forma se ha utilizado pulpa de café, cascarilla de

arroz y afrecho (salvado) cervecero (Puig-Fernández et al., 2020), cáscaras de mango (*Mangifera indica*), de piña (*Ananas comosus*) y de papaya (*Carica papaya*), solas o mezcladas, (Atehortúa et al., 2016), biomasa residual de cereza de café (Ortiz, 2020), cáscaras de cacao y cáscaras de coco (de la Cruz y Castro, 2025), residuos de frijol y de plátano (Pineda-Insuasti et al., 2015), penca de maguey (Portilla et al., 2019) y cáscara de papa (Rivera et al., 2013) entre otros sustratos. La eficiencia biológica del proceso y el tiempo de duración fue variable.

Interesantemente, escasos son los trabajos realizados con coproductos del procesamiento de materia orgánica. En este sentido en la lombricultura se obtienen tres coproductos: la biomasa de lombriz, el humus líquido o lixiviado de lombriz y el vermicompost o abono de lombriz. Este último es un sólido con contenido de materia orgánica no digerido entre 34 % - 35 %, pH 6.3 - 8.2, humedad 23 % - 30 % (Ayala-Tafoya et al., 2025; David-Santoya et al., 2018; González-Márquez et al., 2021; Guerrero-Peña et al., 2016; Jiménez-Hernández et al., 2015; Mota et al., 2019), porcentaje de nitrógeno de 4.3 – 16.5, fósforo (P₂O₅) 15.7 g kg⁻¹ – 35.9 g kg⁻¹, potasio (K₂O) 3.6 g kg⁻¹ – 13.5 g kg⁻¹ (Ayala-Tafoya et al., 2025; David-Santoya et al., 2018; Guerrero-Peña et al., 2016; Mota et al., 2019). La cantidad de materia orgánica no procesada por la lombriz, y su composición, permite pensar que el vermicompost tiene características de sustrato para soportar el crecimiento de hongos comestibles, por lo que, el objetivo del presente trabajo fue determinar los parámetros de producción de *Pleurotus ostreatus* cultivado en sustratos adicionados con vermicompost.

2. Materiales y Métodos

2.1. Sitio de desarrollo del trabajo

El trabajo fue realizado en el Instituto de Biociencias de la Universidad Autónoma de Chiapas y en la Estancia Agroecológica “Ayol” (14°49'45.3" N 92°17'48.5" W), ambos localizados en el Municipio de Tapachula, Chiapas, México.

2.2. Especie de hongo empleada

La especie empleada fue *Pleurotus ostreatus*, depositado en el laboratorio de conservación de microorganismos del Instituto de Biociencias de la Universidad Autónoma de Chiapas (IBC-UNACH).

2.3. Reactivación, cultivo y conservación de *Pleurotus*

Una porción del micelio de *P. ostreatus* fue sembrado en la superficie de medio de cultivo de agar-extracto de malta (EMA) contenido en una caja de Petri. Las cajas se incubaron a 25 °C hasta ocupar toda la superficie. Posteriormente un disco de 5 mm de diámetro de agar con micelio fue colocado en el centro de una caja de Petri conteniendo EMA y fue incubada por 14 días 25 °C en oscuridad.

2.4. Preparación del sustrato para producir el inóculo

Para producir el inóculo de *Pleurotus* que posteriormente se utilizara en los tratamientos experimentales se utilizó semilla de sorgo (*Sorghum vulgare*). Primeramente, el polvo y otros residuos fueron eliminados de las semillas mediante lavado con agua corriente. Posteriormente, las semillas limpias fueron hidratadas (remojadas) por 72 h en agua esterilizada. Después de drenar el agua de remojo, las semillas fueron colocadas sobre papel absorbente hasta alcanzar 70 % de humedad (Quimio, 2002). Finalmente, lotes de 250 g de semillas fueron colocados en bolsas de poli-papel y se sometieron a proceso de esterilización con vapor húmedo (121 °C y 1 kg cm⁻² de presión) por 45 min. Concluido el proceso, las bolsas con semillas fueron colocadas en campana de flujo laminar hasta alcanzar la temperatura ambiente (28 °C).

2.5. Producción del inóculo

La producción del inóculo de *Pleurotus* fue realizada mediante adición, en campana de flujo laminar, de seis fragmentos de 1 cm² de micelio-EMA, a cada una de las bolsas de semillas de sorgo preparadas como previamente fue descrito. Las bolsas con los fragmentos fueron incubadas, por 21 días, a 25 °C en ausencia de luz.

2.6. Sustratos para la producción de cuerpos fructíferos de *Pleurotus ostreatus*

Los sustratos empleados para producir cuerpos fructíferos de *P. ostreatus* fueron paja de sorgo seco y vermicompost. La paja, fue adquirido en la distribuidora de Alimentos Balanceados Ochoa / Comercializadora La Cruz de Tapachula, Chiapas. El vermicompost, producido a base de estiércol de bovino y pulpa de café, fue donado por la Estancia Agroecológica “Ayol”, con 75 % de materia orgánica y 24 % de minerales, en base seca, pH de 6.0 -6.7, 1.7 % - 1.9 % de nitrógeno total, 0.75 - 0.90 dS m⁻¹ de conductividad eléctrica, 12-15 de relación carbono /nitrógeno, y 0.6 - 0.7 kg L⁻¹ de densidad aparente.

2.7. Tratamientos y su preparación

Los tratamientos estudiados fueron las siguientes proporciones (en porcentaje de peso seco) de paja de sorgo: vermicompost (P: L) 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 y 0:100). Cada tratamiento estuvo constituido de 520 ± 3.4 g de material seco y la cantidad suficiente de una solución de hidróxido de calcio al 2 % para alcanzar 70 % de humedad en el sustrato (peso final aproximado de 1000 g). Cien bolsas de polipapel, por cada tratamiento, conteniendo el sustrato correspondiente fueron esterilizadas (vapor húmedo, temperatura de 121 °C y presión de 1 kg cm⁻²) por 45 min. Después del tiempo de esterilización las bolsas se enfriaron hasta alcanzar la temperatura ambiente.

2.8. Inoculación de los tratamientos

La inoculación, realizada en campana de flujo laminar, de las bolsas de cada uno de los tratamientos fue mediante la

adición de 40 g de semillas de sorgo colonizadas con la cepa de *Pleurotus*. Después de la homogeneización, por agitación vigorosa, las bolsas fueron trasladadas al espacio de crecimiento.

2.9. Desarrollo del micelio y fructificación

El desarrollo del micelio fue realizado por 5 semanas en ausencia de luz y a temperatura de 28 °C. Después de la colonización completa, a todas las bolsas se les realizaron cortes verticales de 3 cm, fueron sumergidas en agua esterilizada hasta alcanzar 85 % – 90 % de humedad y fueron colocadas bajo luz y aeración constante para inducir la fructificación.

2.10. Variables de producción de hongos (cuerpos fructíferos)

Las variables peso seco del sustrato, número de hongos, peso fresco de los hongos, peso seco de los hongos (mediante secado a 45 °C en estufa de aire forzado, hasta peso constante), fueron cuantificadas durante las tres primeras cosechas de 15 bolsas aleatoriamente seleccionadas. Con los datos de peso fresco de los hongos y los de peso seco del sustrato se calculó la eficiencia biológica (EB) del proceso (Ríos et al., 2010). $EB (\%) = (\text{peso de los cuerpos fructíferos frescos (g)} / \text{peso seco del sustrato (g)}) \times 100$.

2.11. Análisis estadístico

Los valores de las variables de producción fueron sometidos al análisis de la varianza (ANOVA) y donde hubo diferencias se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ($\alpha = 0.05$), utilizando programa estadístico InfoStat Profesional ver 2017.

3. Resultados

En el Cuadro 1 se muestran los valores de producción de cuerpos fructíferos de *Pleurotus ostreatus* cultivado en mezclas diferenciadas de paja de sorgo y vermicompost. Todas las variables de producción (número promedio de hongos por bolsa, peso fresco de hongos, peso seco de hongos y eficiencia biológica) mostraron tendencia a disminuir conforme se incrementó la cantidad de vermicompost en el sustrato e incluso no se observó desarrollo del hongo cuando el sustrato estuvo constituido exclusivamente por vermicompost.

Cuando el vermicompost representó 25 % del peso del sustrato, la cantidad de hongos producidos se redujo 27.5 % respecto a la cantidad obtenida en el sustrato constituido exclusivamente por paja de sorgo, y cuando el vermicompost representó 75 % del sustrato la reducción en la producción de cuerpos fructíferos fue del 85.3 %. Las diferencias comentadas fueron significativas, aunque, entre los sustratos con 50 % y 75 % de vermicompost no hubo tal observación. En ninguna de las bolsas con sustrato de 100 % vermicompost, no hubo desarrollo del hongo.

Cuadro 1. Valores de los diferentes parámetros de producción de cuerpos fructíferos de *Pleurotus ostreatus* crecido en diferentes mezclas de paja de sorgo (P) y vermicompost (V). Los valores son el promedio de 15 bolsas de producción con el correspondiente error estándar. Letras desiguales significan valores estadísticamente diferentes.

Tratamiento	Peso seco del sustrato (g)	Número promedio de hongos por bolsa	Peso fresco de hongos (g)	Peso seco de hongos (g)	Eficiencia biológica (%)
100 %P	516.1 ± 3.4 a	72.1 ± 8.2 a	295.7 ± 12.3 a	118.3 ± 4.7 a	57.3 ± 4.7 a
75 %P:25 %V	521.2 ± 3.4 a	52.3 ± 8.2 b	214.6 ± 12.3 b	85.8 ± 4.7 b	41.2 ± 4.7 b
50 %P:50 %V	518.3 ± 3.4 a	23.8 ± 8.2 c	97.7 ± 12.3 c	39.1 ± 4.7 c	18.8 ± 4.7 c
25 %P:75 %V	525.3 ± 3.4 a	10.6 ± 8.2 c	43.3 ± 12.3 d	17.3 ± 4.7 d	8.2 ± 4.7 d
100 %V	520.0 ± 3.4 a	0.0	0.0	0.0	0.0

Concomitante con la disminución en el número promedio de cuerpos fructíferos respecto al porcentaje de vermicompost en el sustrato, el peso de los hongos fue disminuyendo (Cuadro 1). La proporción de reducción en el peso de hongo cosechado prácticamente fue proporcional al porcentaje de vermicompost en el sustrato (Figura 1), es decir, por cada proporción de peso del vermicompost la proporción de reducción en el peso cosechado fue de 0.1 ($y = 0.2579x - 0.2143$; $R^2 = 0.9683$).

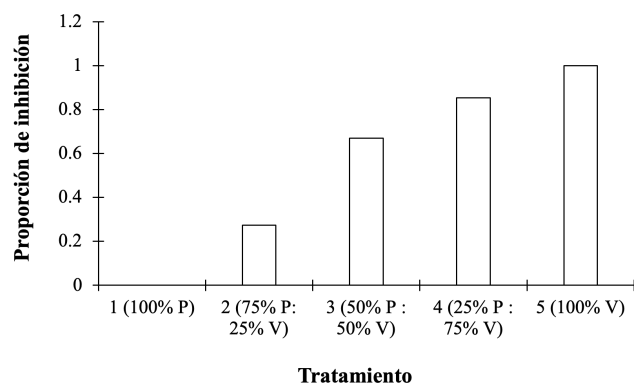


Figura 1. Proporción de reducción (inhibición) del peso fresco de hongo (*P. ostreatus*) obtenido en los diferentes sustratos empleados en este trabajo.

De similar forma, el peso seco de los cuerpos fructíferos (Cuadro 1) mostró reducción conforme se incrementó la proporción de vermicompost en el sustrato empleado. En el sustrato adicionado con 75 % de vermicompost la reducción en el peso seco de cuerpos fructíferos cosechados fue de 85.3 %. La relación peso húmedo: peso seco de cuerpos fructíferos cosechados (Figura 2) mostró que cada uno de los individuos cosechados tuvo, en promedio, 4.1 g.

Por su parte, la eficiencia biológica del proceso también mostro tendencia a la baja conforme se incrementó la proporción de vermicompost en el sustrato (Cuadro 1). El valor de la eficiencia biológica en el tratamiento con 100 % de paja de sorgo fue 6.94 veces mayor respecto al valor de dicha variable en el tratamiento que contuvo 75 % de vermicompost. Sin embargo, en el sustrato con 25 % de vermicompost, la eficiencia biológica fue 1.39 veces menor respecto al sustrato con 100 % paja. Las diferencias fueron estadísticamente significativas.

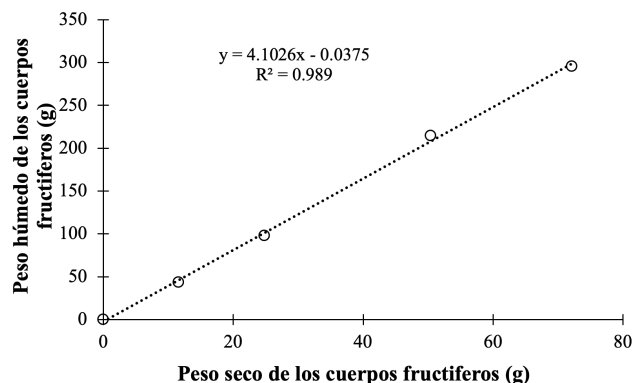


Figura 2. Relación entre peso fresco y peso seco de los cuerpos fructíferos cosechados bajo los diferentes tratamientos empleados en este trabajo.

4. Discusión

Aunque los residuos agroindustriales y/o coproductos de su procesamiento pueden estar presentes en grandes cantidades en el ambiente causando, con esto, un posible efecto negativo, por lo que, generar conocimiento para conocer su real potencial de empleo a través de bioprocesos que incrementen su valor comercial es básico. En el caso de este trabajo los resultados muestran inequívocamente, que a pesar de que el vermicompost es un material que contiene una porción (3 % - 10 %) de materia orgánica no procesada por las lombrices y contenido de nitrógeno en el rango de 1 % - 4 % en base seca (NMX-FF-109-SCFI-2007), emplearla como posible sustrato o como material enriquecedor de nitrógeno de otro residuo orgánico empleado para la producción de hongos de interés alimentario para el humano, en este caso el hongo “Ostra” o *Pleurotus ostreatus*, trae como consecuencia la reducción de todos los parámetros de producción del proceso.

Basado en los parámetros de producción de cuerpos fructíferos de *P. ostreatus* obtenidos en la paja de sorgo, los cuáles son similares a lo reportado por Roblero-Mejía et al. (2021), la inhibición del desarrollo del hongo “Ostra” pudiera estar asociado a los metabolitos producidos por la propia lombriz (*Eisenia foetida* o lombriz “Roja Californiana”) empleada en el proceso de lumbricultura o por la microbiota, tanto endógena como exógena, acompañante, metabolitos hasta ahora, en su gran mayoría, desconocidos o no estudiados. Queda descartado que las propiedades

físicoquímicas estándar del vermicompost empleado sean las posibles fuentes del efecto negativo ya que dichas propiedades (Materiales y Métodos) se encuentran dentro de los parámetros de desarrollo del hongo empleado (Picornell et al. (2017).

A pesar de que el hongo “Ostra” ha mostrado capacidad para degradar diversos hidrocarburos policíclicos, agroquímicos sintéticos y contaminantes emergentes (Camacho-Morales, 2017), los metabolitos inhibidores de su crecimiento, fungistáticos o fungicidas, presentes en el vermicompost parecen inertes a la actividad metabólica de dicho hongo. Por lo anterior se pudiera deducir que los metabolitos presentes en el vermicompost que inhiben el crecimiento del hongo pueden estar actuando a nivel de las rutas metabólicas centrales ya que el inóculo empleado estuvo constituido por acrecimiento vegetativo.

Finalmente, el efecto inhibitorio en los parámetros productivos del hongo “Ostra” también fue reportado previamente por Varnero et al. (2010), encontraron que dicho hongo se desarrolló en menor medida cuando el sustrato estuvo constituido específicamente por astillas de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) o por astillas de álamo (*Populus alba*), aunque no observaron inhibición completa como lo encontrado en este trabajo, ni externaron alguna explicación respecto a dicho fenómeno.

5. Conclusión

La adición o uso exclusivo de vermicompost al sustrato de crecimiento de *Pleurotus ostreatus* redujo los parámetros de producción de cuerpos fructíferos. La reducción de dichos parámetros puede estar relacionado a metabolitos fungistáticos o fungicidas.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

- Albores-Pérez B, Álvarez-Gutiérrez PE. 2015. Análisis de la cadena de valor de producción de setas (*Pleurotus* spp.) en cuatro municipios de Chiapas. *Acta Universitaria*, 25(6), 51-58.
- Atehortúa AM, Medina PD, Acevedo RJM, Arroyave MCE, Peláez JCA. 2016. Residuos agroindustriales en la formulación de sustratos para la producción de hongos comestibles (*Pleurotus pulmonarius*). *Revista Tumbaga* 1(11), 35-47.
- Ayala-Tafuya F, Valdez-Islas JC, Rosales-Avitia JV, Parra-Delgado JM, Valenzuela-López M, Yáñez-Juárez MG. 2025. Uso de lombricomposta para reducir fertilizantes sintéticos en el cultivo de chile jalapeño. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 12(2), e4328.
- Camacho-Morales RL. 2017. Degradación de compuestos recalcitrantes por enzimas y cepas de *Pleurotus* spp. En: Sánchez JE, Royse DJ (eds). *La biología, el cultivo y las propiedades nutricionales y medicinales de las setas Pleurotus spp.* El Colegio de la Frontera Sur. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas. Pp. 283-295.
- Danay O, Levanon D. 2017. Reciclado de residuos orgánicos vía cultivo de *Pleurotus* spp. En: Sánchez JE, Royse DJ (eds). *La biología, el cultivo y las propiedades nutricionales y medicinales de las setas Pleurotus spp.* El Colegio de la Frontera Sur. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas. Pp. 313-326.
- David-Santoya JJE, Gómez-Álvarez R, Jarquín-Sánchez A, Villanueva-López G. 2018. Caracterización de vermicompostas y su efecto en la germinación y crecimiento de *Capsicum chinense* Jacquin. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 5(14), 181-190.
- de la Cruz KM, Castro J. 2025. Biodegradación de residuos agroindustriales: Uso de *Pleurotus ostreatus* en el compostaje de cáscaras de cacao y coco. *Ciencia Latina Revista Multidisciplinar*, 9(1), 9713-9726.
- Espinosa-Palma AK. 2025. Cultivos alternativos a partir de producción de biomasa y fenoles del hongo *Pleurotus ostreatus*, con base en materias primas de bajo costo y residuos agroindustriales. *Polo del Conocimiento*, 10(7), 720-756.
- Ferdousi J, Al Riyadh Z, Hossain I, Saha SR, Zakaria M. 2020. Mushroom production benefits, status, challenges and opportunities in Bangladesh: A Review. *Annual Research & Review in Biology*, 34(6), 1-13.
- García-Vergara Z, Paneque-Díaz Y, Macías-González AA, Rodríguez-Guerrero DC. 2022. Comparación de las propiedades antioxidantes del *Pleurotus ostreatus* antes y después de tratamientos térmicos. *REICOMUNICAR*, 5(9), 221-232.
- González-Márquez LC, Félix-Gastélum R, Sandoval-Romero JA, Escobedo-Urías DC, Longoria-Espinoza RM. 2021. Caracterización de biofertilizantes utilizados en el valle agrícola de Guasave, Sinaloa, México. *Terra Latinoamericana*, 39, 1-14.
- Guerrero-Peña A, Córdova-Ballona G, Carrillo-Ávila E, Obrador-Olán JJ. 2016. Métodos no normalizados para caracterización de abonos orgánicos. *Agroproductividad*, 9(12), 57-62.
- Huerta G, Martínez-Carrera D, Sánchez JE, Leal-Lara H. 2009. Grupos de interesterilidad y productividad de cepas de *Pleurotus* de regiones tropicales y subtropicales de México. *Revista Mexicana de Micología*, 30, 31-42.
- Jiménez-Hernández J, Maldonado-Astudillo YI, Hernández-Romero XN, López-Flores AI, Castro-Robles JI. 2015. Elaboración y caracterización de vermicomposta. *Foro de Estudios sobre Guerrero*, 1-2, 368-371.
- Mota IF, Valdés OA, Sol G, Pérez A. 2019. Respuesta al bocashi y a la lombricomposta de *Moringa oleifera* Lam. después de la poda. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(2), 289-299.
- NMX-FF-109-SCFI-2007. NORMA MEXICANA PROY-NMX-FF-109-SCFI-2007. Humus de lombriz (lombricomposta). Especificaciones y métodos de prueba. <http://www.economia-nmx.gob.mx/normas/nmx/2007/nmx-ff-109-scfi-2008.pdf>
- Ortiz JE, González DE, Mejía Y, García-Alzate LS, Cifuentes-Wchima X. 2020. Evaluación de la biomasa residual (cereza) de café como sustrato para el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*. *Revista ION*, 33(1), 93-102.
- Picornell MR, Pardo-Giménez A, Navarro MJ, Gea FJ. 2017. Actualizaciones sobre la preparación del sustrato para

- cultivar setas *Pleurotus spp.* En: Sánchez JE, Royse DJ (eds). La biología, el cultivo y las propiedades nutricionales y medicinales de las setas *Pleurotus spp.* El Colegio de la Frontera Sur. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas. Pp. 83-106.
- Pineda-Insuasti JA, Ramos-Sánchez LB, Soto-Arroyave CP, Freitas-Fragata A, Pereira-Cruz L. 2015. Crecimiento de *Pleurotus ostreatus* en residuos agroindustriales no suplementados. Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia, 38(1), 41-49.
- Piña-Guzmán AB, Nieto-Monteros DA, Robles- Martínez F. 2016. Utilización de residuos agrícolas y agroindustriales en el cultivo y producción del hongo comestible seta (*Pleurotus spp.*). Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 32, 141-151.
- Portilla A, Romero-Arenas O, Valencia de Ita MÁ, Hernández MÁ, Lanteta G, Rivera-Tapia JA. 2019. Determinación de los parámetros de productividad de cepas de *Pleurotus ostratus* y *P. opuntie* cultivadas en paja de trigo y pencas de maguey combinadas con sustratos agrícolas. Scientia Fungorum, 49, e1216.
- Puig-Fernández Y, Crespo-Zafra LM, Cardona-Soberao YR, Matos-Mosqueda L, Serrano-Alberni M. 2020. Evaluación de tres residuos agroindustriales como sustratos para cultivo de *Pleurotus ostreatus* var. Florida. Revista Científica Multidisciplinaria Arbitrada YACHASUN, 4(7), 164-176.
- Quimio TH. 2002. Tropical Mushroom Cultivation. National BookStore, Mandaluyong (ed). 163 pp.
- Ríos MP, Hoyos JL, Sánchez SA. 2010. Evaluación de los parámetros productivos de la semilla de *Pleurotus ostreatus* propagada en diferentes medios de cultivo. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 8, 86-94.
- Ríos-Ruiz WF, Valdez-Núñez RA, Jiménez-Flores JP. 2017. Aislamiento, propagación y crecimiento de hongos comestibles nativos en residuos agroindustriales. Scientia Agropecuaria, 8(4), 327-335.
- Rivera RL, Martínez CA, Morales S. 2013. Evaluación de residuos agrícolas como sustrato para la producción de *Pleurotus ostratus*. Luna Azul, 37, 89-100.
- Roblero-Mejía DO, Aguilar-Marcelino L, Sánchez JE. 2021. Efecto de la variación del sustrato en la productividad de dos cepas de *Pleurotus spp.* Scientia Fungorum, 52, e1377.
- Royse DJ, Sánchez JE. 2017. Producción mundial de setas *Pleurotus spp.* con énfasis en países Iberoamericanos. En: Sánchez JE, Royse DJ (eds). La biología, el cultivo y las propiedades nutricionales y medicinales de las setas *Pleurotus spp.* El Colegio de la Frontera Sur. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas. Pp. 17-25.
- Ruilova MB, Hernández A. 2014. Evaluación de residuos agrícolas para la producción del hongo *Pleurotus ostreatus*. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, 48(1), 54-59.
- Varnero MT, Quiroz MS, Álvarez CH. 2010. Utilización de residuos forestales lignocelulósicos para producción del hongo Ostra (*Pleurotus ostreatus*). Información Tecnológica, 21(2), 13-20.