



Aprovechamiento de residuos agrícolas locales para la producción de *Pleurotus* spp., en una comunidad rural de Veracruz, México

Use of local agricultural wastes to the production of *Pleurotus* spp., in a rural community from Veracruz, México

Rigoberto Gaitán-Hernández, Abraham Silva Huerta

Red Manejo Biotecnológico de Recursos. Instituto de Ecología, A.C., carretera antigua a Coatepec 351, El Haya, Xalapa 91070, Veracruz, México

RESUMEN

Se evaluó la producción de carpóforos de dos cepas de *Pleurotus*, *P. pulmonarius* (IE-115) y *P. ostreatus* (IE-728), en esquilmos agrícolas regionales, bajo condiciones rústicas, en la comunidad de Orilla del Monte, Jalacingo, Veracruz, México. La eficiencia biológica (EB), tasa de producción (TP) y rendimiento (R) fue evaluada en rastrojo de maíz y paja de avena, de acuerdo a los siguientes tratamientos: RM 100% (A), PA 100% (B), RM 50%-PA 50% (C) y RM 20%-PA 80% (D). En todos se obtuvieron tres cosechas, en un periodo de producción de 45 a 61 días. La EB más alta se observó en el tratamiento D-IE-728, con 139.66%, mientras que la menor fue en el B-IE-115, con 103.61%. La mejor TP se presentó en D-IE-115 (1.99%) y la menor en A-IE-728 (1.25%); mientras que el R fue mejor en D-IE-728 (31.56%) y el más bajo en A-IE-728 (21.81%). En general, el mejor sustrato fue la combinación D, estadísticamente diferente ($p < 0.05$) a los otros tratamientos. No se observó diferencia estadística entre las cepas ($p > 0.05$), excepto en la tasa de producción promedio.

PALABRAS CLAVE: producción de setas, cultivo rústico, paja de avena, rastrojo de maíz.

ABSTRACT

The carpophores production of two strains of *Pleurotus*, *P. pulmonarius* (IE-115) and *P. ostreatus* (IE-728) was evaluated, in order to assess the productivity in two agricultural wastes, under rustic conditions in Orilla del Monte community, Jalacingo, Veracruz, Mexico. The biological efficiency (EB), production rate (TP) and yield (R) on corn stover and oat straw, were evaluated. The following treatments were performed: CS 100% (A), OS 100% (B), CS 50%-OS 50% (C) and CS 20%-OS 80% (D). Three crops were obtained in a period production from 45 to 61 days in the tested substrates. The highest BE was observed on D-IE-728 treatment, with 139.66%, while the lowest was the B-IE-115 treatment, with 103.61%. The highest PR was observed with treatment D-IE-115 (1.99%) and the lowest with A-IE-728 (1.25%). The highest Y obtained was 31.56% (D-IE-728) and the lowest was A-IE-728 (21.81%). The best substrate (D) was statistically different ($p < 0.05$) from the others. No statistical difference was observed among strains ($p > 0.05$), with the exception of the mean production rate.

KEYWORDS: oyster mushroom production, rustic cultivation, corn stover, oat straw

Recibido / Received: 07/11/2015

Aceptado / Accepted: 25/04/2016

Autor para correspondencia / Corresponding author:

Rigoberto Gaitán Hernández
rigoberto.gaitan@inecol.mx

Hoy en día la producción nacional de setas (*Pleurotus* spp.) corresponde a una proporción de 4.76%, de la producción total (Martínez-Carrera *et al.*, 2016). El Estado de México, Distrito Federal, Jalisco y Veracruz, entre otros, son los principales productores. Se estima que en 2015, la producción de setas en Veracruz ascendió a 130 ton (Gaitán-Hernández, 2007). Actualmente, en la Entidad se generan 180 ton/año de setas, lo que representa poco más de 6% de la producción de *Pleurotus* del país (datos no publicados). Su cultivo permite proporcionar a la población rural una alternativa de producción, por su baja inversión y aprovechamiento de residuos agrícolas, entre otros. El rastrojo de maíz (*Zea mays* L.) y la paja de avena (*Avena sativa* L.) son sustratos potenciales para su cultivo. El rastrojo se utiliza para alimentación de ganado o se comercializa a precios bajos y la paja es un cultivo forrajero con cierta disponibilidad en algunas comunidades rurales.

Se presentan los resultados de producción de dos especies de *Pleurotus*, en una comunidad rural, como una alternativa para aprovechar residuos locales, en instalaciones de bajo costo y generar una opción productiva de beneficio social, económico y alimentario.

El trabajo se desarrolló en Orilla del Monte, municipio de Jalacingo, Veracruz, México, se ubica a 2,400 m de altitud (Foro-México, 2011). El clima es frío-seco, con una temperatura anual de 12 a 18°C. La actividad agrícola se basa en la producción de maíz, frijol, haba y algunos forrajes de invierno, como la avena. La comunidad es de alto grado de marginación, por lo que es prioritaria la implementación de alternativas productivas de mayor rentabilidad, en beneficio de sus habitantes.

Las instalaciones constan de un área de siembra y una de producción, la primera de 4 m de ancho y 5 m de largo y la segunda de 8 m de largo y ancho. Los muros y piso son de concreto y el techo de lámina de zinc recubierto con plástico en su interior.

Las cepas utilizadas de *P. pulmonarius* (Fr.) Quél. (= *P. florida* Eger s. auct.) y *P. ostreatus* (Jacq. : Fr.) Kumm., están depositadas en el Cepario de Hongos del Instituto de Ecología (INECOL, Xalapa, México) como IE-115 (K200, E.U.A.) e IE-728 (HK35, E.U.A.), respectivamente.

Los sustratos utilizados, rastrojo de maíz (RM) y paja de avena (PA), se fragmentaron en partículas de 2-3 cm de longi-

tud. Se hidrataron por inmersión en agua durante 2 h y se sometieron a un proceso térmico que consistió en colocar el sustrato en un contenedor metálico con 30 L de agua para permitir la producción de vapor. El calor se generó con leña y al contenedor se le colocó un plástico con una perforación para permitir el flujo controlado de vapor, durante 45 min a 92°C. Se realizaron los siguientes tratamientos: RM 100%, PA 100%, RM 50%-PA 50% y RM 20%-PA 80%. De cada tratamiento se colocaron 4 kg (p.h.) en bolsas de polietileno y se sembraron con 5% w/w de inóculo (6 repeticiones / condición). Se registró el pH y humedad de los sustratos al momento de la inoculación. Las bolsas se incubaron de 20 a 29 días con 30 perforaciones hechas con agujas de disección. Se monitoreó la temperatura del sustrato, la ambiental y la humedad relativa.

Cuando el micelio invadió el sustrato, las bolsas se colocaron bajo condiciones de luz natural, se registró la humedad y la temperatura del área. La productividad se basó en la eficiencia biológica (EB), tasa de producción (TP) y rendimiento (R). Los hongos se clasificaron de acuerdo al diámetro de píleo: grupo 1 (G1) <5 cm, grupo 2 (G2) de 5 a 9.9 cm y grupo 3 (G3) de 10-14.9 cm. Se registró el pH del sustrato al finalizar cada una de las cosechas evaluadas.

Las variables de respuesta se analizaron con modelos lineales generalizados (GLM), mediante un diseño factorial con su respectiva interacción. A los valores de productividad se les aplicó un ANOVA y a las medias una prueba de Duncan, a un 95% de confianza ($p < 0.05$) (Statistica v. 7.0).

En incubación el sustrato se mantuvo a 20 °C y la temperatura ambiental osciló entre 15 y 20°C. El pH de los sustratos varió de 7.8 a 8.6, dependiendo del tratamiento, posteriormente disminuyó a 4.8, en promedio, por efecto del crecimiento del hongo. Esta reducción coincide con Kapritchkoff *et al.* (2006), quienes citaron que los hongos, como parte de su metabolismo celular, generan ácidos orgánicos que acidifican el medio de crecimiento. Lo anterior está relacionado con Díaz (2009), quien citó que este fenómeno se debe principalmente a la liberación de enzimas por el micelio sobre el sustrato, provocando una reducción del pH del mismo. Se ha observado que existe una relación del pH con la composición química del sustrato de crecimiento, por ejemplo con la celulosa y carbono orgánico (datos no publicados), y como consecuencia en la formación de carpóforos, lo



que, posiblemente, pudo ocurrir con la cepa IE-115 que presentó la mayor productividad.

Los tratamientos con la cepa IE-115 requirieron de 22 días de incubación, en promedio, para desarrollar los primordios, mientras que la IE-728 de 25. Los tratamientos generaron tres cosechas, durante 45 a 61 días, a una temperatura ambiental de 13 a 24 °C y una humedad relativa de 72 a 81%. En la primera cosecha se produjo el 63%, en la segunda el 26% y en la tercera el 11% de la producción total. Respecto a la cantidad total de carpóforos, el tratamiento IE-728/RM 20%-PA 80% fue el mejor, mientras que el IE-728/RM 100% fue el menos eficiente (Tabla 1).

Los carpóforos cosechados fueron mayoritariamente G2. El tratamiento IE-115/RM 50%-PA 50% produjo la mayor cantidad de G2, mientras que el IE-115/PA 100% del G1 y el IE-728/RM 20%-PA 80% del G3 (Tabla 2). Destaca la producción del G3 por la cepa IE-728, con 1,156.25 g, notablemente superior a la IE-115 que produjo 377.5 g (Tabla 2).

La EB fue significativamente afectada por el sustrato ($F=11.59$, $gl=3$, $p=0.001$). El sustrato con mayor EB fue RM 20%-PA 80%, con 136.38%, mientras que RM 100% resultó el menos productivo, con 107.33% (Tabla 3). IE-728/RM 20%-PA

80% fue superior a los demás, con 139.66% de EB promedio, esta misma mezcla pero con la IE-115 fue la segunda mejor, con una EB de 133.11% (Tabla 3).

La cepa ($F=6.60$, $gl=1$, $p=0.014$) y sustrato ($F=12.45$, $gl=3$, $p=0.001$) fueron significativos para la TP. La mezcla RM 20%-PA 80% obtuvo la mayor TP y RM 100% fue el menos eficiente, con una TP promedio de 1.32% (Tabla 3). El tratamiento IE-115/RM 20%-PA 80% tuvo la mayor TP, con 1.99% (Tabla 3).

Los valores de R fueron diferentes sólo entre sustratos ($F=12.91$, $gl=3$, $p=0.001$). RM 20%-PA 80% fue superior a los otros, con 29.76% de R, estadísticamente diferente ($p<0.05$) al resto. El mayor R fue en IE-728/RM 20%-PA 80% (31.56%), mientras que el menor en IE-728/RM 100% (21.81%) (Tabla 3).

Al utilizar rastrojo de maíz como sustrato único, el mejor resultado fue con la cepa IE-115 (EB=110.81%; TP=1.40%), valores superiores a los de De León-Monzón *et al.* (2004) (EB=67.7%), quienes cultivaron *P. ostreatus* en este mismo sustrato. También superó la EB de Rojas (2004), para el cultivo de *P. ostreatus* en rastrojo de maíz, logrando 43.82% de EB. Martínez Cañedo (2012) obtuvo 98.3% de EB con *P. ostreatus* cultivado en rastrojo de maíz tratado de 80 a 90°C; así también, Fanadzo *et al.* (2010), produjeron *Pleurotus* spp. en rastrojo de

Tabla 1. Producción total de hongos (g) en cada uno de los sustratos evaluados y entre paréntesis su distribución porcentual

Tratamientos	DI ¹	PP ²	1 ^{a3}	2 ^a	3 ^a	Peso total ⁴
Cepa IE-115						
RM 100%	20	60	3550 (63.6)	1330 (23.8)	705 (12.6)	5585
PA 50%-RM 50%	22	49	4170 (64.3)	1720 (26.5)	595 (9.2)	6485
PA 80%-RM 20%	22	45	4350 (64.8)	1760 (26.2)	600 (8.9)	6710
PA 100%	24	45	3560 (62.2)	1570 (27.4)	590 (10.3)	5720
Cepa IE-728						
RM 100%	22	61	3160 (60.4)	1480 (28.3)	595 (11.4)	5235
PA 50%-RM 50%	29	59	4030 (63.2)	1550 (24.3)	800 (12.5)	6380
PA 80%-RM 20%	27	50	4850 (64.0)	1880 (24.8)	845 (11.1)	7575
PA 100%	23	55	4040 (60.8)	1800 (27.1)	800 (12.0)	6640

1) Días de incubación. 2) Periodo de Producción (días transcurridos desde el término de la incubación hasta la última cosecha). 3) Valores entre paréntesis representan el porcentaje de la producción durante cada cosecha, en muestras de 4 kg de sustrato húmedo. 4) Suma de la producción de las seis muestras evaluadas.

Tabla 2. Producción de hongos por grupo de tamaño (g) y entre paréntesis su distribución porcentual, en cada uno de los tratamientos evaluados

Tratamiento	G1	G2	G3
Cepa IE-115			
RM 100%	1480 (26.5)	3555 (63.6)	550 (9.8)
RM 50%-PA 50%	1790 (27.6)	4400 (67.8)	295 (4.5)
RM 20%-PA 80%	2245 (33.5)	3980 (59.3)	485 (7.2)
PA 100%	2340 (40.9)	3200 (55.9)	180 (3.1)
Promedio	1963.75	3783.75	377.5
Cepa IE-728			
RM 100%	1075 (20.5)	3520 (67.2)	640 (12.2)
RM 50%-PA 50%	1640 (25.7)	3600 (56.4)	1140 (17.9)
RM 20%-PA 80%	1770 (23.4)	4280 (56.5)	1525 (20.1)
PA 100%	1730 (26.0)	3590 (54.1)	1320 (19.9)
Promedio	1553.75	3747.50	1156.25

1) Grupo de tamaño de acuerdo al diámetro del píleo: G1 < 5 cm; G2 5-9.9 cm; G3 10-14.9 cm.

Tabla 3. Eficiencia biológica (EB), tasa de producción (TP) y rendimiento (R) obtenidos por las cepas en cada uno de los sustratos evaluados

Cepas	EB (%)				
	RM100%	RM50%-PA50%	RM20%-PA80%	PA100%	Promedio
IE-115	110.8±13.7 ^b	122.8±22.6 ^c	133.1±11.3 ^d	103.6±8.9 ^a	117.6 ^a
IE-728	103.9±8.7 ^a	120.8±11.5 ^c	139.7±3.9 ^e	120.3±15.4 ^c	121.2 ^a
Promedio	107.3 ^a	121.8 ^c	136.4 ^d	112.0 ^b	
TP (%)					
IE-115	1.4 ± 0.2 ^a	1.8 ± 0.4 ^c	2.0 ± 0.2 ^d	1.5 ± 0.2 ^b	1.7 ^b
IE-728	1.3 ± 0.2 ^a	1.4 ± 0.2 ^a	1.8 ± 0.0 ^c	1.6 ± 0.2 ^b	1.5 ^a
Promedio	1.3 ^a	1.6 ^b	1.9 ^c	1.5 ^b	
R (%)					
IE-115	23.3 ± 2.9 ^b	27.0 ± 4.9 ^e	28.0 ± 2.4 ^f	23.8 ± 2.0 ^c	25.5 ^a
IE-728	21.8 ± 1.8 ^a	26.6 ± 2.5 ^d	31.6 ± 0.8 ^g	27.7 ± 3.5 ^f	26.9 ^a
Promedio	22.5 ^a	26.8 ^b	29.7 ^c	25.8 ^b	

Los valores son promedios ± desviación estándar. Valores en la EB, TP y R, que no tienen al menos una letra en común, son significativamente diferentes ($p < 0.05$, Duncan).



maíz tratado durante 3 h a 95°C, adicionado con diferentes suplementos, citando una EB de 11.4 a 76.4%. Algunos otros autores han encontrado EB en rastrojo de maíz superiores al presente trabajo, por ejemplo Bernabé-González *et al.* (2004) reportaron 154% en el cultivo de *P. pulmonarius* en rastrojo de maíz. De igual forma Rodríguez Macías *et al.* (2006), citaron 71.6 a 80.3% en el cultivo de *P. pulmonarius* en rastrojo de maíz sometido a 75°C durante 45 min.

Respecto a las mezclas de sustratos, RM 20%-PA 80% fue superior a los otros. Algunos autores han reportado el uso del rastrojo de maíz en combinación con diferentes sustratos, como Bernabé-González *et al.* (2004), quienes obtuvieron una EB de 111.16% en la mezcla rastrojo de jícama:rastrojo de maíz, así también, Rojas (2004) evaluó paja de trigo:rastrojo de maíz (1:1) para cultivar *P. ostreatus*, citaron 56.55% de EB.

Destaca la EB de la mezcla RM 20%+PA 80%, que representa una buena alternativa para la producción de hongos de las especies evaluadas y bajo las condiciones de cultivo probadas. Aun cuando se trabajó bajo condiciones rústicas, la presencia de contaminantes fue mínima, posiblemente facilitado por el tratamiento térmico del sustrato, calidad del inóculo y condiciones ambientales. Los resultados muestran el potencial uso de estos sustratos para el cultivo de *Pleurotus*, especialmente la paja de avena ha sido poco utilizada para este propósito, por lo que su aprovechamiento permitiría impulsar el abasto alimentario, la generación de ingresos económicos y el cuidado del medio ambiente, al evitar la acumulación o quema de estos residuos en las comunidades rurales.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su gratitud al Instituto de Ecología (INECOL) y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por su apoyo financiero.

LITERATURA CITADA

- Bernabé-González, T., M. Cayetano-Catarino, A. Adán-Díaz, M. A. Torres-Pastrana, 2004. Cultivo de *Pleurotus pulmonarius* sobre diversos subproductos agrícolas de Guerrero, México. *Revista Mexicana de Micología* 18: 77-80.
- De León-Monzón, J.H., J.E. Sánchez, J. Nahed-Toral, 2004. El cultivo de *Pleurotus ostreatus* en los Altos de Chiapas, México. *Revista Mexicana de Micología* 18: 31-38.
- Díaz, R., 2009. Efecto del pH inicial de desarrollo de *Pleurotus ostreatus* en fermentación sumergida sobre su actividad de lacasas. Tesis de Maestría, Instituto Politécnico Nacional, Tlaxcala, México.
- Fanadzo, M., D. T. Zireva, E. Dube, A. B. Mashingaidze, 2010. Evaluation of various substrates and supplements for biological efficiency of *Pleurotus sajor-caju* and *Pleurotus ostreatus*. *African Journal of Biotechnology* 9: 2756-2761.
- Foro-México, 2011. Información de Orilla del Monte (Jalacingo). URL: <http://www.foro-mexico.com/veracruz-llave/orilla-del-monte/mensaje-293014.html> (última consulta 3 de marzo del 2013).
- Gaitán-Hernández, R., 2007. Transferencia de tecnología de cultivo de *Pleurotus* spp. como alternativa de beneficio social y económico en el estado de Veracruz. In: J. E. Sánchez Vázquez, D. Martínez-Carrera, G. Mata, H. Leal Lara (eds.), *El cultivo de setas Pleurotus ssp.* en México. ECOSUR, Tapachula. pp. 101-112.
- Kapritchkoff, F., A. Viotti, R. Alli, M. Zuccolo, J. Pradella, A. Maiorano, E. Miranda, A. Bonomi, 2006. Enzymatic recovery and purification of polyhydroxybutyrate produced by *Ralstonia eutropha*. *Journal Biotechnology* 122: 453-462.
- Martínez-Carrera, D., A. Larqué-Saavedra, A. Tovar Palacio, N. Torres, M.E. Meneses, M. Sobal Cruz, P. Morales Almora, M. Bonilla Quintero, H. Escudero Uribe, I. Tello-Salgado, T. Bernabé-González, W. Martínez Sánchez, Y. Mayett, 2016. Contribución de los hongos comestibles funcionales y medicinales a la construcción de un paradigma sobre la producción, la dieta, la salud y la cultura en el sistema agroalimentario de México. In: Martínez-Carrera D., J. Ramírez Juárez (eds.), *Ciencia, tecnología e innovación en el sistema agroalimentario de México*. Editorial del Colegio de Posgraduados-AMC-CONACYT-UPAEP-IMINAP, San Luis Huexotla, Texcoco, México, pp. 581-640.
- Martínez Cañedo, J., 2012. Cultivo de *Pleurotus ostreatus* en el valle de el fuerte, Sinaloa: una alternativa de aprovechamiento de esquilmos agrícolas. Tesis de Doctorado, Universidad Autónoma Indígena de México, Sinaloa, México.
- Rodríguez Macías, R., R. González González, M.A. Ruiz López, P.M. García López, J. Ruiz Moreno, J. F. Zamora Natera, E. Salcedo Pérez, 2006. Perspectivas de producción de hongos comestibles (*Pleurotus* spp.) en la región nordeste del estado de Nuevo León. *Scientia-CUCBA* 8:163-169.
- Rojas, E.A., 2004. Evaluación de paja de trigo, *Triticum sativum*; broza de encino, *Quercus* sp. y rastrojo de maíz, *Zea mays*; para el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* bajo condiciones artesanales en San Rafael La Independencia, Huehuetenango. Tesis de Licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.