

EFICIENCIA BIOLÓGICA DE *Pleurotus* sp NATIVO DE OAXACA (ITAO-27) SOBRE RASTROJOS DE FRIJOL, MAÍZ Y OLOTE¹

[BIOLOGICAL EFFICIENCY OF EDIBLE NATIVE MUSHROOM FROM OAXACA *Pleurotus* sp (ITAO-27) ON STUBBLE OF BEAN, CORN AND CORN COB]

Paola Alejo Cristóbal^{1§}, Rosalva Martínez García², Hugo León Avendaño²

¹Residente del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO), ²Profesor del programa de Biología-ITVO, Ex Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México. C.P. 71230. Tel. 01 (951) 5170788. Autor para correspondencia: (osymaga1991@gmail.com)

RESUMEN

Los desechos orgánicos generados en la agricultura y en los mercados, generan serios problemas y al tratar de eliminarlos mediante la combustión porque generan grandes cantidades de emisiones contaminantes que contribuyen al efecto invernadero. Sin embargo, estos residuos agrícolas se les puede dar un valor agregado al emplearlo como sustrato artificial para el cultivo de hongos comestibles, por lo que en este trabajo se evaluó la eficiencia biológica de una cepa nativa de *Pleurotus* sp (ITAO-27) de Santiago Tilaltongo, Nochixtlán, Oaxaca. Esta se comparó con una cepa comercial testigo de *Pleurotus ostreatus* (ITAO-2) que fueron cultivadas en tres sustratos y sus combinaciones: rastrojo de frijol, maíz y olote. Como unidad experimental se utilizaron bolsas de polietileno de 40x60 cm, conteniendo 2500 g de sustrato inoculado. La cepa silvestre colonizo entre 18-25 días, y la testigo entre 22-30 días. La cepa nativa se adaptó mejor a las condiciones climáticas locales presentando mayor eficiencia biológica en el sustrato maíz-frijol (25-75%) (130.3%) y maíz-frijol (75-25%) (126.5%), y baja eficiencia biológica en el olote (100%) (40.28%), mientras que la cepa comercial en los mismos sustratos resulto menor (71.42 y 112.72%, respectivamente).

Palabras claves: *Cepas nativas, cuidado ambiental, hongos comestibles, sustratos.*

ABSTRACT

The organic waste generated by agriculture and markets that try to get rid of it by burning but in doing so generated large quantities of emissions that contribute to global warming. However, agricultural waste can be given added value when using it as artificial substrate for the cultivation of edible mushrooms, in this study the biological efficiency of a native strain of *Pleurotus* sp (ITAO-27) recollected in Santiago Tilaltongo, Nochixtlán, Oaxaca; was compared with a control strain of *Pleurotus ostreatus* (ITAO-2) which both were grown in three substrates and its combinations of stover bean, stover corn, and corn cobs. Polyethylene bags (40x60 cm), containing 2500 g of inoculated substrate were used as experimental unit. The native strain colonized within 18-25 days and the control strain within 22-30 days. The native strain adapted better to local climatic conditions, present in greater biological efficiency in substrates corn-bean

¹ Recibido: 08 de octubre de 2015.

Aceptado: 07 de diciembre de 2015.

(25-75%) (130.3%) and corn-bean (75-25%) (126.5%), and low biological efficiency on corn cob (100%) (40.28%), while the commercial strain in the same substrates resulted lower (71.42 and 112.72%, respectively).

Index words: *native strain, environmental care, edible mushrooms, substrates.*

INTRODUCCIÓN

Durante siglos, el hombre ha guardado una estrecha relación con los hongos comestibles ya que le han servido como alimento y medicina (Das-Cruz *et al.*, 2010; Thatoi y Singdevsachan, 2014). En Latinoamérica, México es el mayor productor de hongos comestibles, ya que genera alrededor de 58.9% de la producción total y lo ubica como productor 16 a nivel mundial. El monto anual de las operaciones comerciales supera los 200 millones de dólares, generando alrededor de 25 mil empleos directos e indirectos. La importancia ecológica de esta actividad económica radica en la utilización y reciclaje de más de 474,000 t anuales de subproductos agrícolas, agroindustriales y forestales (Martínez-Carrera, 2002).

De los hongos comestibles que se cultivan comercialmente en México (*Agaricus*, *Pleurotus*, *Lentinula*, *Ganoderma*, *Grifola*), el 95.35% corresponde a los champiñones (champiñón blanco: 44,931.5 t año⁻¹, champiñón café: 328.5 t año⁻¹), seguido por las setas (blanca, gris, café: 2,190 t año⁻¹) con 4.62%, y el *shiitake* (*Lentinula edodes*) con 0.038% (18.2 t año⁻¹) (Martínez-Carrera *et al.*, 2005).

El término Setas es aplicado en México para referirse a los hongos del género *Pleurotus* (*P. djamor*, *P. ostreatus*, *P. florida*, *P. pulmonarius* y otros), pero también son conocidos como orejas blancas, orejas de palo, orejas de patancán, orejas de cazahuate, orejas de izote entre otros, (Das-Cruz *et al.*, 2010), se producen en los bosques de manera natural y pueden ser introducidos al cultivo utilizando una diversidad de desechos agroindustriales con bajo costo de producción y constituyen una alternativa para mejorar la alimentación humana debido a sus propiedades nutraceuticas y nutrimentales (Barros *et al.*, 2008) por ser antitumorales y moduladores inmunológicos ya que contienen componentes bioactivos (Barros *et al.*, 2007), proteínas de alta calidad, minerales, vitaminas, carbohidratos, fibra y bajo contenido de grasa (Elmastas *et al.*, 2007; Guillamón *et al.*, 2010; Thatoi y Singdevsachan, 2014).

Según Sobal *et al.* (1996) mencionan que el cultivo de los hongos silvestres de *Pleurotus* spp en diferentes sustratos lignocelulósicos suelen presentar diferentes eficiencias biológicas, reporta que el cultivo de *P. ostreatus* utilizando rastrojo de frijol puede obtener una eficiencia biológica de 98.8% a 137.6%; mientras González *et al.* (1994, 2004) mencionan que el cultivo de esta misma especie en hojas secas de maíz pueden alcanzar una EB de 144.85%. Todos los valores de la EB varían por el tipo de especie que se cultivan y la adaptabilidad que cada uno desarrolle, en el olote de maíz posee un rendimiento menor del 60%, Acosta *et al.* (1988) mencionan que el cultivo de la cepa silvestre de *Pleurotus ostreatoroseus* puede alcanzar 50.5% de EB, en cambio Cetz *et al.* (2000) reportan que *Pleurotus ostreatus* alcanza 50.1% de EB.

El cultivo de *Pleurotus* sp., en México, está basado en el uso de cepas de procedencia extranjera, pero en nuestro país existe recursos fúngicos nativos que son recolectados de forma silvestre para el autoconsumo y venta local, los cuales pueden aislarse y conservarse, tal es el caso de la cepa ITAO-27 proveniente de la comunidad de Santiago Tilaltongo, Nochixtlán,

Oaxaca y conservada en el Cepario del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO), este es el material genético nativo de interés para evaluar su productividad en tres sustratos (rastroyo de frijol, de maíz y de olote), comparándola con una cepa comercial de procedencia extranjera.

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología aplicada fue la recomendada por el Centro de Recursos Genéticos de Hongos Comestibles (CREGENHC) del Colegio de Postgraduados (COLPOS) Campus-Puebla, que involucra trabajo de laboratorio y en el módulo experimental para el cultivo de hongos comestibles, instalaciones con las que cuenta el Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, y en donde se desarrolló el presente estudio.

Laboratorio de hongos comestibles (cepario)

Se preparó medio de cultivo de agar de extracto de malta (EMA) marca Difco, combinado con agar bacteriológico marca MCD como lo indica el instructivo de los frascos; se llenaron 20 cajas petri estériles de 90 mm de diámetro, en 10 de ellas se inóculo el micelio de la cepa ITAO-27 y en otras 10 cajas con la cepa ITAO-2. Posteriormente se realizó la propagación de las cepas para la obtención de micelio primario (semilla) en frascos de 150 g, utilizando grano de trigo como soporte, el cual fue lavado, hidratado, esterilizado a 121°C por una hora, enfriado e inoculado con las dos cepas descritas. Posteriormente para la propagación de micelio secundario se repitió el procedimiento pero en caso con bolsas de polipapel de 15x30 cm con 250 g de trigo.

Módulo experimental para el cultivo de hongos comestibles

La unidad experimental fue una bolsa polietileno de 40 x 60 cm con 2500 g de sustrato utilizando rastroyo de maíz (M), frijol (F) y olote de maíz (O), combinados en proporción de 25, 50, 75 y 100% y aplicando sobre dos cepas (ITAO-2 e ITAO-27). Se obtuvieron 27 tratamientos (3x4x2) con tres repeticiones, obteniendo 72 unidades experimentales.

Secado: Los sustratos empleados fueron sometidos a un proceso de secado mediante la exposición directa al sol, después los rastroyos se cortaron en medidas de 5 a 10 cm y el olote se trituro en cubos pequeños. **Lavado:** Los sustratos se lavaron y se sumergieron en un recipiente con capacidad de 100 L conteniendo agua con 10 g de carbonato de calcio durante 5 min para neutralizar el pH a 7 aproximadamente.

Pasteurización: Los sustratos lavados se introdujeron en arpillas y se sumergieron en un recipiente de 200 L de capacidad conteniendo agua que se mantuvo a punto de ebullición durante una hora, después se dejó escurrir y enfrió a temperatura ambiente. **Siembra:** El módulo de cultivo de hongos comestibles es un área cerrada y limpia, provista de mesas que fueron cubiertas con plástico, desinfectadas con cloro diluido en agua y finalmente con alcohol al 96°. En estas mesas se depositó el sustrato pasteurizado para enfriarlo, enseguida se llenaron las bolsas de polietileno, previamente se perforaron con una aguja de disección estéril para la respiración de los hongos, posteriormente se pesaron 2500 g de sustrato por unidad experimental e inoculadas con 150 g de inóculo (semilla) intercalando capas de sustrato y una de semilla hasta llenar cada bolsa e inmediatamente fueron cerradas y rotuladas con los datos de número de tratamiento, cepa y fecha de siembra.

Incubación: Las bolsas cerradas fueron acomodadas por tratamientos en anaqueles dentro del módulo de producción en condiciones de oscuridad y temperatura ambiente (25-30°C) hasta que el micelio cubrió todo el sustrato y éstas tomaron un color blanco uniforme, esto tardó de 20 a 30 días. **Aparición de primordios:** La aparición de los primordios fue entre los 21-31 días después de la inoculación, cuando esto ocurrió se le hicieron cortes a las bolsas en la parte de aparición de los cuerpos fructíferos, con esto se inició el riego por aspersión con agua potable en un intervalo de tres o cuatro veces al día y manteniendo el área de cultivo húmeda.

Cosecha: Los hongos requirieron en promedio una semana para desarrollarse y lograr cosecharlos, tomando en cuando que el píleo o sombrero ya se manifieste compacto y turgente, además que sus orillas no estén enrolladas hacia arriba, la cosecha de los cuerpos fructíferos fue a los 25-37 días después de la inoculación de los sustratos, antes de proceder al corte no se realiza ningún riego (8-10 h) con la finalidad que los cuerpos fructíferos no presenten exceso de agua; se recomienda utilizar una navaja estéril para los cortes que deben realizarse en la base del estípite lo más cerca posible de la superficie del sustrato y evitar dañar tanto al sustrato como los ejemplares cosechados. **Pesaje:** Los cuerpos fructíferos de cada cosecha fueron colocados en bolsas de polipapel para su pesaje en una balanza analítica (marca Sartorius) obteniendo los gramos en cada tratamiento para el cálculo de la eficiencia biológica (EB).

La eficiencia biológica se evaluó con base al promedio de la producción total de cada una de los tratamientos, dividiendo el peso fresco de las fructificaciones obtenidas entre el peso seco del sustrato empleado y multiplicado por 100 (Mata y Gaitán, 1995). Los datos de la EB, fueron analizados estadísticamente por medio del análisis de varianza bajo un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial, separando las medias mediante la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$); para la rutina de análisis estadístico se utilizó el programa Minitab 14 (libre acceso).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La primera cosecha se obtuvo de la cepa silvestre ITAO-27 entre los 25-33 días después de la inoculación y en la cepa comercial ITAO-2 entre los 28-37 días. De acuerdo con el análisis de varianza para el diseño completamente al azar con arreglo factorial (12x2), realizados a los datos de la eficiencia biológica, el factor cepa, tratamiento y la interacción cepa×trat presentaron diferencias altamente significativas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Análisis de varianza de producción de cuerpos fructíferos de dos cepas de *Pleurotus*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Pr>F
Tratamiento	11	39891.1	3626.47	21.03	0.000
Cepa	1	1194.7	1194.71	6.93	0.011
Cepa*Trat	11	13945	1267.73	7.35	0.000
Error	48	8278.4	172.47		
Total	71	63309.3			

La eficiencia biológica (EB) de la cepa ITAO-27 presento diferentes escalas, del 40.28% al 130.3% coincidiendo con lo que menciona Acosta *et al.* (1988) que una de las ventajas de utilizar cepas silvestres de la región es que éstas se adaptan mejor a las condiciones ambientales locales y la EB puede superar el 70%; la cepa ITAO-2 alcanzó una EB de 32.78% al 124.76% por otra parte Mata y Gaitán (1995) reportan que las cepas extranjeras siempre presentan dificultades para adaptarse, y la eficiencia biológica va de 40.9-89.4%, además una de sus desventajas es que requieren más días para su fructificación (22-52 días) dependiendo del sustrato, la adaptabilidad de la cepa obedece al clima del lugar donde se realice el cultivo (Cuadro 2).

Cuadro 2. Rendimiento de producción de cuerpos fructíferos de *Pleurotus* en los tratamientos con las dos cepas.

Cepa	Sustrato	Tratamiento	Rendimiento (g)	Eficiencia biológica (%)
ITAO-27	M625F1875	4	716.67	130.3 ±6.38 a
ITAO-27	M1875F625	2	664.14	126.5 ±7.23 a
ITAO-2	O625M875	24	666.67	124.76 ±28.4 ba
ITAO-2	M1875F625	14	591.77	112.71 ±16.42 ba
ITAO-27	F1875O625	6	641.54	112.18 ±12.28 bac
ITAO-27	F2500	5	626.67	111.41 ±8.95 bdac
ITAO-2	F1875O625	18	633.99	110.86 ±11.21 ebdac
ITAO-2	F1250O1250	19	590.00	101.51 ±16.41 ebdac
ITAO-27	M1250F1250	3	535.23	99.58 ±10.92 ebdacf
ITAO-2	F2500	17	553.65	98.42 ±13.01 ebdacf
ITAO-27	M2500	1	455.00	88.78 ±2.58 ebdgcf
ITAO-27	O1250M1250	11	481.67	86.59 ±12.6 ebdgcf
ITAO-2	M2500	13	413.33	80.65 ±8.8 ehdgcf
ITAO-2	F625O1875	20	473.33	80.14 ±24.03 ehdgcf
ITAO-27	O625M1875	12	413.33	77.35 ±3.9 ehdgcf
ITAO-27	F625O1875	8	423.33	71.68 ±7.64 ehgif
ITAO-2	M625F1875	16	392.81	71.42 ±6.47 ehgif
ITAO-27	F1250O1250	7	398.60	68.58 ±3.47 hgif
ITAO-2	O1250M1250	23	339.57	61.05 ±17.18 hgif
ITAO-27	O1875M625	10	332.67	57.54 ±4.38 hgi
ITAO-2	M1250F1250	15	304.05	56.57 ±4.51 hgi
ITAO-2	O1875M625	22	243.57	42.13 ±26.99 hi
ITAO-27	O2500	9	241.67	40.28 ±3.36 hi
ITAO-2	O2500	21	196.67	32.78 ±5.85 i

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes Tukey ($\alpha=0.05$). La media se acompaña de \pm la desviación estándar. En los sustratos: M6,12,18,25 = maíz en proporción 25, 50, 75 y 100%, F6,12,18,25 = frijol en proporción 25, 50, 75 y 100%, O6,12,18,25 = olote en proporción 25, 50, 75 y 100%.

Sobal *et al.* (1993) reportan que el cultivo de *P. ostreatus* utilizando rastrojo de frijol puede obtener una eficiencia biológica de 98.8% a 137.6%, y Acosta *et al.*, (1988) reporta que puede alcanzar el 75% de EB utilizando solamente la vaina de frijol. Los resultados obtenidos en el rastrojo de frijol en la cepa ITAO-27 es de 111.41% estando dentro de lo que manejan estos autores.

Martínez (2012) menciona que el cultivo de los hongos silvestres de *Pleurotus* spp en diferentes sustratos lignocelulósicos suelen presentar diferentes eficiencias biológicas, reporta que en el zacate de maíz se puede obtener una eficiencia biológica del 71.4% y en este experimento utilizando el mismo sustrato la EB fue de 88.78% con la cepa silvestre y 80.65% con la cepa testigo.

La eficiencia biológica del olote de maíz fue muy bajo en las dos cepas evaluadas de 40.28% (ITAO-27) y 32.78% (ITAO-2), valores bajos comparados con resultados de 50.5% en el mismo sustrato que reporta Acosta *et al.* (1988).



Figura 1. Cepa ITAO-27, A: rastrojo de M625F1875 (130.3%) y B: rastrojo de M1875F625 (126.5%) con mayor eficiencia biológica, C: rastrojo de O2500 con menor eficiencia biológica (40.28%).



Figura 2. Cepa ITAO-2, D: rastrojo de O625M875 con mayor eficiencia biológica (124.76%), E: rastrojo de O2500 con menor eficiencia biológica (32.78%).

De acuerdo a Guzmán *et al.* (1987), Martínez-Carrera *et al.* (1985) y Martínez-Carrera *et al.* (1990) el usar un solo sustrato al 100% para la producción de hongos comestibles puede tener baja eficiencia biológica, pero algunas veces, una combinación de sustratos podría favorecer el desarrollo de los hongos en este caso se concuerda con lo mencionado ya que la eficiencia biológica en este trabajo en donde se realizaron combinaciones de sustrato fueron más productivas (Figuras 1 y 2).

CONCLUSIONES

La cepa silvestre de *Pleurotus* sp ITAO-27 fue la que mejor se adaptó a las condiciones ambientales del valle de Oaxaca con un potencial de rendimiento y eficiencia biológica mayor al 100% en los tratamientos a base de maíz-frijol en proporción 25-75 y 75-25%. Los rastrojos generados de la agricultura en el estado de Oaxaca como el frijol, maíz y olote se consideran como una buena opción para ser aprovechados en el cultivo de los hongos comestibles, en especial las combinaciones entre ellas por la mayor producción de carpóforos obtenidos, así como en eficiencia biológica demostrados en el presente estudio.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Dr. Gerardo Rodríguez-Ortiz por la revisión y sugerencias a este artículo. Al Cepario de hongos comestibles del ITVO por el material biológico proporcionado y apoyos brindados.

LITERATURA CITADA

- Acosta-Urdapilleta, L., G. Bustos y D. Portugal. 1988. Aislamiento y caracterización de cepas de *Pleurotus ostreatus* y su cultivo en residuos agroindustriales en el estado de Morelos. *Rev. Mex. Mic.* 4:13-20.
- Barros, L., R. C. Calhella, J. A. Vaz, I.C.F.R. Ferreira, P. Baptista and L. M. Estevinho. 2007. Antimicrobial activity and bioactive compounds of Portuguese wild edible mushrooms methanolic extracts. *European Food Research and Technology* 225: 151–156.
- Barros, L., T. Cruz, P. Baptista, L.M. Estevinho and I.C.F.R. Ferreira. 2008. Wild and commercial mushrooms as source of nutrients and nutraceuticals. *Food and Chemical Toxicology* 46: 2742-2747.
- Bernabé- González, B. T., M. Cayetano-Catarino, A. Adán-Díaz y M. A. Torres-Pastrana. 2004. Cultivo de *Pleurotus pulmonarius* sobre diversos subproductos agrícolas de Guerrero, México. *Rev. Mex. Mic.* 18: 77-80.
- Bernabé-González, B. T. y J. M. Arzeta-Gómez. 1994. Cultivo de *Pleurotus ostreatus* sobre cáscara de cacahuate y hoja seca de maíz. *Rev. Mex. Mic.* 10: 15-20.
- Cetz, G., L. Ancona, y R. Belmar. 2000. Cultivo de *Pleurotus djamor* en rastrojo de calabaza. *Rev. Mex. Mic.* 16: 41-43.
- Das, C., E. López de León, L.F. Pascual y M. Battaglia. 2010. Guía técnica de producción de hongos comestibles de la especie *Pleurotus ostreatus*. *Journal of Agriculture and Environment for International Development* 104 (3-4): 139 – 154.
- Elmastas, M., O. Isildak, I. Turkekul and N. Temur. 2007. Determination of antioxidant activity and antioxidant compounds in wild edible mushrooms. *Journal of Food Composition and Analysis* 20:337-345.

- Guillamón, E., A. García-Lafuente, M. Lozano, M. D'Arrigo, M. A. Rostagno, A. Villares and J. A. Martínez. 2010. Edible mushrooms: role in the prevention of cardiovascular diseases. *Phytotherapy* 81(7): 715–723.
- Guzmán-Dávalos, L., C. Soto y D. Martínez-Carrera. 1987. El bagazo de caña de azúcar como sustrato para la producción de *Pleurotus* en Jalisco. *Rev. Mex. Mic.* 3: 79-82.
- Martínez-Carrera, D., C. Soto y G. Guzmán, 1985, Cultivo de *Pleurotus ostreatus* en pulpa de café con paja como sustrato. *Rev. Mex. Mic.* 1:101-108.
- Martínez-Carrera, D. 2002. Current development of mushroom biotechnology in Latin America. *Mycol. Appl. Int.* 14(2): 61-74.
- Martínez-Carrera, D., D. Nava, M. Sobal, M. Bonilla and Y. Mayett. 2005. Marketing channels for wild and cultivated edible mushrooms in developing countries: the case of Mexico. *Mycol. Appl. Int.* 17: 9-20.
- Martínez-Carrera, D., G. Guzmán y C. Soto. 1985. The effect of fermentation of coffee pulp in the cultivation of *Pleurotus ostreatus* in Mexico. *Mushroom Newsletter for the Tropics* 6: 21-28.
- Martínez-Carrera, D., P. Morales y M. Sobal. 1990. Cultivo de *Pleurotus ostreatus* sobre bagazo de caña enriquecido con pulpa de café o cebada. *Mycol. Neotrop. Appl.* 3: 49-52.
- Mata, G. and R. Gaitán-Hernández. 1995. Cultivation of *Pleurotus* on sugar cane leaves. *Rev. Mex. Mic.* 11: 17-22.
- Palacios, B. J. M. 2013. Selección de cepas nativas de *Pleurotus opuntiae* y evaluación de su producción en sustratos fermentados. Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. pp. 41-48.
- Sobal, M., P. Morales y D. Martínez-Carrera. 1993. Utilización de los rastrojos de haba y frijol como sustratos para el cultivo de *Pleurotus*. *Micol. Neotrop. Apl.* 6: 137-141.
- Soto-Velazco, C., M. Rodríguez Hernández, L. Villaseñor, S. Fausto, M. Camino Vilaro y W. A. Broche. 1995. Cultivo de *Pleurotus* sobre rastrojo de maíz con diferentes porcentajes de humedad. *Bol. IBUG* 3: 143-148.
- Thatoi, H. and S.K. Singdevsachan. 2014. Diversity, nutritional composition and medical potential of Indian mushrooms: A review. *African Journal of Biotechnology* 13:523.545.