

## 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

Omar Romero<sup>1/\*</sup>, Manuel Huerta<sup>\*\*</sup>, Miguel Angel Damián<sup>\*\*</sup>, Antonio Macías<sup>\*\*\*</sup>, Ana María Tapia<sup>\*\*</sup>, José F.C. Parraguirre<sup>\*</sup>, Jaime Juárez<sup>\*</sup>

**Palabras clave:** *Pleurotus ostreatus*, CP-50, hoja de plátano deshidratada, sustrato de crecimiento, crecimiento micelial aéreo.

**Keywords:** *Pleurotus ostreatus*, CP-50, dehydrated banana leaf, aerial mycelium growth.

Recibido: 15/01/10

Aceptado: 05/04/10

### RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar la producción de la cepa CP-50 de *P. ostreatus* en residuos de hoja de plátano deshidratada en contraste con otros sustratos agrícolas de desecho del Municipio de Tetela de Ocampo-Puebla. Las hojas de plátano (*M. paradisiaca*) fueron colectadas en la zona de Martínez de la Torre, Veracruz-México y los demás sustratos agrícolas como paja de trigo (*T. aestivum*), paja de cebada (*H. vulgare*), pajilla de frijol (*P. vulgaris*) y rastrojo de maíz (*Z. mays*) se adquirieron en la región de Tetela de Ocampo, Puebla, México, para la obtención de fructificaciones en condiciones rurales. La cepa CP-50 demostró un adecuado crecimiento de aéreas miceliales sobre la hoja de plátano deshidratada con una tasa de producción de  $1,5\pm 0,1\%$ . La mayor eficiencia biológica (EB) se obtuvo en el sustrato paja de trigo, con  $129,34\pm 9,1\%$ , la hoja de plátano deshidratada con  $123,30\pm 0,7\%$ , y la pajilla de frijol obtuvo la EB más baja de  $82,91\pm 0,4\%$ . Los resultados demostraron la factibilidad de cultivar la cepa CP-50 de *Pleurotus ostreatus* bajo condiciones rústicas en

### ABSTRACT

**Evaluation of the productive capacity of *Pleurotus ostreatus* using dehydrated banana leaves (*Musa paradisiaca*), in contrast to other agricultural wastes.** The objective of this study was to evaluate the production of the CP-50 of strain of edible mushroom *P. ostreatus* remainders of banana leaf (*M. paradisiaca*) residues in comparison with other agricultural waste. The banana leaves were collected in the Martinez de la torre region Veracruz-México, and the other agricultural waste namely wheat straw (*T. aestivum*), barley straw (*H. vulgare*), bean straw (*P. vulgaris*) and corn stubble (*Z. mays*) were from the region of Tetela de Ocampo, Puebla, Mexico, in order to obtain fructification under rural conditions. The CP-50 strain showed adequate growth of aerial mycelium on dried banana leaves, reaching a production rate of  $1.5\pm 0.1\%$ . The highest biological efficiency (EB) was obtained on the wheat straw substrate, with  $129.34\pm 9.1\%$ , followed by anadequate mycelia growth on remainders of dehydrated banana leaf with EB  $123.30\pm 0.7\%$ , and while bean straw got

1/ Autor para correspondencia. Correo electrónico: biol.ora@hotmail.com

\* Escuela de Ingeniería Agroforestal Campus Tetela, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México.

\*\* Departamento de Agroecología y Ambiente, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México.

\*\*\* Colegio de Postgraduados Campus Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México.

la sierra norte del estado de Puebla, al aprovechar los residuos de la cosecha de plátano de las regiones aledañas del municipio.

the lowest EB 82.91±0.4%. The results demonstrated the feasibility of cultivating the CP-50 strain of *Pleurotus ostreatus* under rural conditions in the northern sierra of Puebla State, by taking advantage of banana residues in regions around that municipality.

## INTRODUCCIÓN

En México, en los últimos años la tecnología de producción de hongos comestibles tiene una importancia relevante para la alimentación de la población rural mexicana, ya que los hongos comestibles forman una estrategia de subsistencia basada en el aprovechamiento de los recursos naturales (Aguilar et al. 2002). El objetivo principal de los productores e investigadores de hongos comestibles es incrementar la producción en una superficie destinada a esta actividad, en un periodo de tiempo corto, con el uso de cepas altamente productivas.

La producción de *Pleurotus ostreatus* que es un hongo comestible, se ha realizado a pequeña escala, debido a que la tecnología no es conocida por la gran mayoría de productores. La tecnología empleada hasta ahora por los pequeños y medianos productores está basada en el manejo incorrecto de información, generando pérdidas económicas a los productores de hongos comestibles en las comunidades rurales (Martínez et al. 2000). La tecnología aplicada al cultivo de hongos comestibles permite obtener grandes producciones en relativamente poco espacio, tiene una amplia aceptación a nivel urbano y rural por sus propiedades alimenticias, ya que el hongo seta representa un alimento con 350 calorías comparado con la carne roja que solo contiene 150 calorías ó el pescado que contiene 101. El hongo seta utiliza los subproductos agrícolas, como el sustrato que es reciclado para ser utilizado como abono orgánico; además, puede contribuir a arraigar la mano de obra en sus propias localidades (Chang y Miles 2004).

La población rural conoce este hongo con los nombres de “hongo seta”, “hongo del maguey”, “hongo blanco”, “hongo del rastrojo”, y “hongo de la pulpa de café” (Guzmán 1997). A nivel comercial se han obtenido sus fructificaciones en paja de cebada, paja de trigo y pulpa de café (Guzmán et al. 1993), pero a nivel rural no se tienen antecedentes del cultivo de esta especie en hoja de plátano deshidratada. Entre los sustratos disponibles para el cultivo de *P. ostreatus* en el país, se encuentran los residuos generados del cultivo del plátano (*Musa paradisiaca* L.), como pseudotallo y hojas deshidratadas, ya que al no tener usos alternativos, se acumulan periódicamente en cantidades considerables en las plantaciones plataneras, con la finalidad de permitir su lenta degradación natural y la subsecuente incorporación de nutrientes al suelo. Actualmente más de 70 000 hectáreas del territorio nacional están dedicadas al cultivo del plátano y generan hasta 1,4 toneladas de hoja de plátano por hectárea aproximadamente, mayoritariamente en los Estados de Chiapas, Veracruz, Tabasco, Michoacán y Colima, entidades que aportan más del 80% de la producción nacional (ASERCA 2008).

La estrategia propuesta en esta investigación representa el potencial para el cultivo de *P. ostreatus*, mediante la utilización de subproductos de las regiones de la sierra norte del estado de Puebla como son: trigo, maíz, cebada, frijol y hoja de plátano, de aquí la importancia de esta alternativa de producción para el medio rural, ya que la biotecnología de hongos comestibles se vislumbra como una opción para la producción de alimentos de alto valor calórico en el medio

rural, además de contribuir a resolver problemas colaterales como la migración y la contaminación ambiental.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo experimental se realizó en la Escuela de Ingeniería Agroforestal, de la Unidad Académica Regional Tetela de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, específicamente en la Planta Experimental de Investigación en Producción de Setas Comestibles.

### Cepas y sustratos

La cepa (CP-50) de *P. ostreatus* (Jacq.ex Fr.) Kumm., empleada en el estudio proviene del Centro de Recursos Genéticos de Hongos Comestibles (CREGENHC) del Colegio de Postgraduados y está depositada en el Cepario de Hongos Comestibles del Campus Puebla-México. La cepa es mantenida en un medio compuesto de agar de dextrosa y papa (PDA) marca Bioxon, a temperatura ambiente (Sobal et al. 2007).

Las hojas de plátano (*Musa paradisiaca* L., cv. Roatan) fueron colectadas en la zona de Martínez de la Torre, Veracruz, México. Los demás sustratos agrícolas: paja de trigo (*Triticum aestivum* L.), paja de cebada (*Hordeum vulgare* L.), pajilla de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y rastrojo de maíz (*Zea mays* L.) se adquirieron en la región de Tetela de Ocampo, Puebla, México. En el laboratorio, los materiales se fragmentaron mecánicamente en porciones de 1 a 3 cm de longitud y se deshidrataron en horno (50°C) hasta alcanzar peso constante (Buswell et al. 1993).

### Producción de fructificaciones de la cepa CP-50 de *P. ostreatus*

La evaluación de la producción de fructificaciones se realizó en la Planta Experimental de Investigación en Producción de Setas Comestibles en la comunidad de Benito Juárez, población del municipio de Tetela de Ocampo, que se localiza en la Sierra Norte del Estado de Puebla, cuyos límites geográficos son: 19° 43' 00" y 19°

57' 06" de latitud norte y 97° 38' 42" y 97° 54' 06" de longitud Oeste. Sus colindancias son al Norte con Cuautempan y Tepetzintla, al Sur con Ixtacamaxtitlán, al Oeste con Xochiapulco y Zautla, y al Oriente con Aquixtla, Zacatlán e Ixtacamaxtitlán (Enciclopedia de los municipios de Puebla 2006).

El inóculo se preparó con semilla de trigo (*Triticum aestivum* L.), el tratamiento consistió en hervir 500 g de trigo durante 20 min en 5 l de agua, y se dejó reposar durante 30 min. Posteriormente se escurrió en un recipiente de plástico con capacidad de 10 kg durante 60 min; se le adicionó la cantidad de 5 g de cal y 20 g de yeso y se homogenizó junto con el trigo. Posteriormente se colocaron 500 g de trigo en frascos con capacidad de 700 g y se esterilizó durante 60 min a 121°C. Cuando los frascos se enfriaron, se inocularon con 0,25 cm<sup>2</sup> de agar colonizado de la cepa CP-50 de *P.ostreatus* dentro de la campana de flujo laminar (VECCO, MÉXICO) y se incubaron a temperatura ambiente durante 25 días (Valencia del Toro et al. 2003). Para la siembra de la cepa, los sustratos fueron pasteurizados en agua caliente a 80°C/1 h., transcurrido el tiempo de pasteurización, los sustratos se transportaron al área de siembra para permitir su enfriamiento y el escurrimiento del exceso de humedad alrededor de 30 min. Posteriormente se procedió a la siembra; se prepararon bolsas de plástico de 6 kg (peso húmedo) de cada sustrato, cultivadas homogéneamente con la "semilla" previamente preparada en una relación 1:10. Las muestras sembradas se incubaron a temperatura ambiente (26±2°C), cuando el micelio del hongo colonizó completamente los sustratos, y mostró la aparición de primordios. Las bolsas se trasladaron al cuarto de fructificación donde se propiciaron condiciones apropiadas de humedad (70-80%), temperatura (26°-28°C), luz diurna indirecta, y aeración (extracción de aire por 1 h, cada 8 h), en total se prepararon 4 repeticiones por cada tratamiento y 2 réplicas en diferentes periodos de producción (Burgos 1995).

Los datos de producción considerados fueron: peso fresco y número de hongos colectados, así como el número de cosechas alcanzadas. Se evaluó y describió la eficiencia biológica (EB) (gramos de hongos frescos por 100 g de sustrato seco) (Salmones et al. 1997) y la tasa de producción (TP) (EB por tiempo transcurrido desde la inoculación hasta la última cosecha) (Reyes et al. 2004). Para obtener la tasa de biodegradación (TB) = peso seco del sustrato inicial menos el peso seco del sustrato final dividido por el peso seco del sustrato inicial multiplicado por 100, la productividad se expresó en términos de gramos de hongos frescos por el número de cosechas totales (Stamets 1993).

Los datos obtenidos se procesaron con el análisis de varianza (ANOVA) y posteriormente se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ( $\alpha=0,05$ ) para determinar las diferencias entre tratamientos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis comparativo de medias entre los sustratos, mostró de manera general que; en las 2 repeticiones realizadas el día 01-05-08 al 01-08-08, respectivamente el día 03-08-08 al 03-11-08, muestra una mejor producción en los sustratos de

paja de trigo, hoja de plátano deshidratada y paja de cebada (Figuras 1 y 2), en comparación con los demás sustratos agrícolas, por lo que estas condiciones fueron seleccionadas para la siguiente etapa del estudio.

En la etapa de evaluación de las fructificaciones, las muestras requirieron un promedio de 18 días de incubación para cubrir los sustratos, observándose buen crecimiento micelial en todas las condiciones evaluadas. A los 22 días de incubación se presentaron primordios en los sustratos de hoja de plátano deshidratada, paja de cebada y paja de trigo, de 3 a 5 días más, para alcanzar la etapa adulta que es la condición en que fueron recolectados en la primera cosecha.

Las muestras correspondientes a los sustratos de pajilla de frijol y rastrojo de maíz no desarrollaron fructificaciones en este periodo, sus estadios requirieron más de 28 días de incubación y 3 días más para su etapa adulta. El periodo de producción total más corto fue de 63 días en el sustrato de paja de trigo, en cebada fue de 68 días, en el sustrato de la hoja de plátano fue de 72 días, en el rastrojo de maíz 84 días y el mayor periodo de producción lo obtuvo la pajilla de frijol con 95 días, con un total de 3 cosechas por sustrato, donde la tasa de producción (TP) de la hoja de plátano fue mayor a los sustratos de rastrojo de

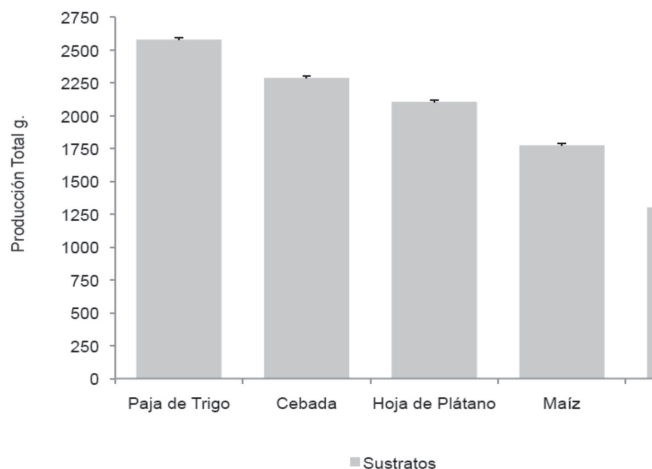


Fig. 1. Comparación de sustratos para la producción de *Pleurotus ostreatus* en el periodo comprendido del 01-05-08 al 01-08-08 en Tetela de Ocampo, Puebla-México.

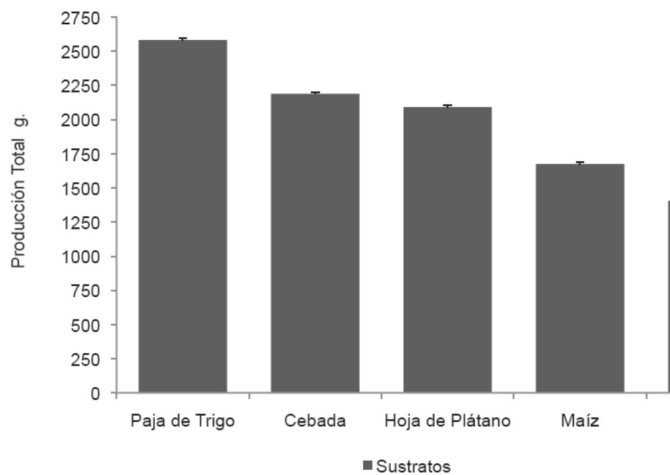


Fig. 2. Comparación de sustratos para la producción de *Pleurotus ostreatus* en el periodo comprendido del 03-08-08 al 03-11-08 en Tetela de Ocampo, Puebla-México.

maíz y pajilla de frijol. Se observó una diferencia en la TP, los valores más altos se obtuvieron en el sustrato paja de trigo (2,08 y 2,20%), seguido por cebada (1,77 y 1,90%), hoja de plátano deshidratada (1,71 y 1,54%), maíz (0,99 y 0,99) y el menor, en pajilla de frijol (0,70 t 0,80%). Los valores de la cepa 50 de *P. ostreatus* variaron de 0,70 a 2,20% (Cuadro 1). Los valores de TP son superiores a los obtenidos por Pérez-Merlo y Mata (2005), quienes citan una TP entre 0,63 y 1,13%, al inocular 19 cepas de *Pleurotus* spp., en viruta de pino y paja de cebada, una TP alta indica una elevada EB en un ciclo corto de producción, desde la inoculación hasta la última cosecha.

Al comparar la producción de hongos con el contenido de proteína cruda, se observó que la PT más alta (10.316,00 g) se produjo en el sustrato con mayor contenido de proteínas. Rajarathnam y Bano (1989) determinaron que el contenido de proteína en paja de arroz disminuyó un 53,0%, después de la fructificación de *P. djajmor*, esta reducción se debe a que el nitrógeno del sustrato es utilizado en la formación de cuerpos fructíferos. Para un mejor aprovechamiento de los subproductos agrícolas, *Pleurotus ostreatus* requiere de 17 elementos, entre los cuales, los más relevantes son: nitrógeno, 1% del peso del sustrato húmedo; fósforo, potasio, azufre y magnesio;

además, requiere en proporciones menores calcio, hierro, zinc, cobre, molibdeno, y manganeso, la diferencia entre estos componentes esenciales en el cultivo de hongos comestibles se refleja directamente proporcional entre las producción total en los diferentes sustratos aquí empleados (Arenas 1992).

En total se cosecharon 283 hongos en las muestras de paja de trigo, 250 en paja de cebada, 218 en la hoja de plátano deshidratada, 182 en el rastrojo de maíz, y 143 cuerpos fructíferos en la pajilla de frijol. Los tamaños de los píleos variaron de 4,7 a 8,5 cm en los residuos de plátano y de 5,1 a 10,2 cm en la paja de trigo (Cuadro 2).

La eficiencia biológica (EB) promedio de la cepa CP-50 de *P. ostreatus* en el sustrato de paja de trigo fue de  $129,34 \pm 9,1\%$ , en el sustrato de paja de cebada  $120,41 \pm 4,4\%$ , en el tratamiento de la hoja de plátano deshidratada se obtuvo de  $123,30 \pm 0,7\%$ , cabe señalar que la calidad de las fructificaciones en estos tratamientos son idénticas en comparación con los demás sustratos que obtuvieron menores cuerpos fructíferos y bajas eficiencias biológicas, en el sustrato de pajilla de frijol alcanzó una eficiencia biológica de  $82,91 \pm 0,4\%$  y en el rastrojo de maíz fue de  $67,77 \pm 9,1\%$ , otra característica apreciable en este trabajo de investigación, es el tiempo de

Cuadro 1. Tasa de Producción en gramos de la cepa CP-50 de *Pleurotus ostreatus* de la hoja de plátano deshidratada en comparación de otros sustratos agrícolas, en Tetela de Ocampo, Puebla, México, 2008.

T/P	Sustratos					
	Paja de trigo (g)	Cebada (g)	Hoja de plátano (g)	Maíz(g)	Frijol(g)	
1 <sup>er</sup> Cosecha	1207,25	1158,01	1123,98	1053,26	971,57	822,81
2 <sup>da</sup> Cosecha	865,00	735,51	705,83	476,29	450,04	365,02
3 <sup>er</sup> Cosecha	506,75	394,26	274,92	244,78	252,81	216,52
Tasa de producción %	2,08	1,77	1,71	0,99	0,99	0,70

\* Inicio de la producción el día 01-05-08 al 01-08-08.

\*\* Inicio de la producción el día 03-08-08 al 03-11-08.

Cuadro 2. Calidad de los cuerpos fructíferos de la cepa CP-50 de *Pleurotus ostreatus* de la hoja de plátano deshidratada en comparación con otros sustratos agrícolas.

Sustratos	T1 (>10 cm)			T2 (5-9,9 cm)			T3 (0-4,9 cm)			Total de hongos
	*	**	**	*	**	**	*	**	*	
Paja de trigo	83,00	90,00	90,00	26,00	20,00	20,00	33,00	31,00	142,00	141,00
Cebada	80,00	73,00	73,00	23,00	20,00	20,00	22,00	32,00	125,00	125,00
Hoja de plátano	66,00	66,00	66,00	32,00	25,00	25,00	13,00	16,00	111,00	107,00
Maíz	75,00	61,00	61,00	12,00	16,00	16,00	0,00	18,00	87,00	95,00
Frijol	56,00	55,00	55,00	10,00	15,00	15,00	1,00	6,00	67,00	76,00

T Tamaño de los hongos.

\* Inicio de la producción el día 01-05-08 al 01-08-08.

\*\* Inicio de la producción el día 03-08-08 al 03-11-08

biodegradación (TB) el cual indicó que la CP-50 de *P. ostreatus* es capaz de convertir hasta un 61% del sustrato en alimento para consumo humano, sobre todo en el sustrato de hoja de plátano deshidratada que fue la (TB) más alta en comparación al sustrato pajilla de frijol con 41,45% que se reporto como el menor tiempo de biodegradación (Cuadro 3).

Durante el desarrollo del experimento se observó la formación de gran número de primordios, pero pocos lograron alcanzar la etapa adulta debido a la presencia de organismos contaminantes, como; *Trichoderma* spp., así como moscas del género *Lycoriella*. Estos organismos son frecuentemente encontrados en los cultivos comerciales de *Pleurotus* spp., (Mata y Martínez 1988, Leal-Lara 1985).

Mora y Martínez Carrera (2007), encontraron eficiencias biológicas de 39 a 162 en sustrato de paja de trigo con cepas comerciales *Pleurotus* spp, en valores superiores a los obtenidos en este trabajo (129,34±9,1%). Similarmente, Salmones et al. (1997) reportaron de 75,6 a 168% con 19 cepas de *Pleurotus* en un sustrato de paja de cebada, Martínez Carrera et al. (1993) de 97,3%,

Soto Velasco et al. (1989) de 96,4% en bagazo de maguey con paja de trigo, y De León et al. (1988) de 140%. Otros autores citan en sustratos similares eficiencias biológicas de 8,4 a 28,3% en paja de arroz (Mata y Gaitán 1995, Tschierpe y Hartman 1977, Burgos 1995).

López Cobá et al. (2005) citan en sustrato de rastrojo de maíz eficiencias biológicas de 98% superiores a lo que se obtuvo en este trabajo que fueron de 81±54. Sobal et al. (1993) cita en sustrato de pajilla de frijol eficiencias biológicas de 38% inferiores a lo que se obtuvo en este trabajo que fueron de 76±42. En el caso del sustrato de hoja de plátano deshidratada no se han reportado trabajos similares para la obtención de hongo seta, la hoja de plátano como el pseudotallo se han implementado para el cultivo de *Volvariella volvacea* en zonas tropicales con eficiencias biológicas de 19,5%; se tiene en cuenta que la producción de *P. ostreatus* tiene mayores rendimientos (Agridino y Dulce 2006). Las EB de CP-50 de *P. ostreatus* (Jacq.ex Fr.) Kumm, obtuvo mayores eficiencias biológicas en los sustratos de paja de trigo, cebada y hoja de plátano deshidratada comparadas con cepas nacionales y

Cuadro 3. Eficiencia biológica (EB), tasa de producción (PT) y tasa de biodegradación (TB) de la CP-50 de *Pleurotus ostreatus* de la hoja de plátano deshidratada en comparación con otros sustratos agrícolas.

Sustratos	Producción total (g)				Eficiencia biológica (%)		Tiempo de biodegradación (%)	
	*		**		*	**	*	**
Paja de trigo	10316,00	a	10324,00	a	129,34	138,47	61,53	61,00
Cebada	9151,15	ab	8751,35	b	120,41	124,88	57,16	55,99
Hoja de plátano	8418,88	b	8359,87	b	123,30	122,58	62,51	64,46
Maíz	7097,30	b	6697,70	c	82,91	82,44	60,51	60,56
Frijol	5213,15	c	5617,35	c	67,77	76,95	41,45	42,70

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas con la prueba de rango múltiple de Turkey Kramer ( $\alpha=0,05$ .)

\* Inicio de la producción el día 01-05-08 al 01-08-08.

\*\* Inicio de la producción el día 03-08-08 al 03-11-08.

extranjera como es el caso de *P. ostreatoroseus* (92,1%), valores similares con *P. columbinus* (85,7%) y una cepa extranjera de *Pleurotus* spp., (68,4%) (Sánchez et al. 1997).

Los sustratos utilizados en este experimento presentan una composición química diferente; estas diferencias hacen que la capacidad productiva de la cepa 50 de *P. ostreatus* obtenga mayores rendimientos en sustratos ricos en minerales como es el caso de trigo que presenta una concentración de 0,30% nitrógeno, 0,85% de fósforo, 41,89 de carbono y 2,81% de cenizas por cada 100 g de sustrato seco, Olavarria (2000), para la cebada se han reportado valores de (0,40% nitrógeno, 0,11% de fósforo, 26,34 de carbono y 1,7% de cenizas por cada 100 g de sustrato seco), Beare et al. (2002), en la hoja de plátano deshidratada con (2,58% nitrógeno, 0,21% de fósforo, 31,69 de carbono y 12,1% de cenizas por cada 100 g sustrato seco), Fox (1989), en el Maíz (0,25% nitrógeno, 0,09% de fósforo, 51,04 de carbono y 13,58% de cenizas por cada 100 g de sustrato seco), Yumi y Duchi 2007 y frijol con (0,31% nitrógeno, 0,15% de fósforo, 31,5 de carbono y 3,5% de cenizas por cada 100 g de sustrato seco), Ferreiro 1990. Cabe aclarar que las cifras presentadas anteriormente son valores promedio de series de amplia variación. Por ejemplo, la proteína en la fibra de cebada varía de 3,9 a 8,7%, en la de trigo de 2,4 a 5,8%, en el rastrojo de maíz de 2,0 a 7,1%, en la hoja de plátano de 9,8 a 12,60% y en la pajilla de frijol de 6,0 a 7,9%. La variación proviene principalmente del tipo de planta, aunque también son importantes otros factores como la variedad, el grado de madurez, el manejo, la fertilidad del suelo, la época de siembra, la ocurrencia de heladas, etc., que influyen en el desarrollo en general de las plantas y en consecuencia en la constitución nutrimental de ellas en un momento dado.

Montañez et al. (2008) encontraron una disminución de minerales totales del 4,2% al inocular *P. pulmonarius* en paja de trigo. Contrariamente, Wiesche et al. (2000) observaron un incremento significativo del 13,8% al inocular la cepa DSMZ 11191 de *P. ostreatus* sobre paja

de trigo pasteurizada a diferentes temperaturas. Rajarathnam y Bano (1989) consideran que el contenido de minerales totales puede mostrar un incremento relativo cuando la materia orgánica es consumida en mayor proporción o permanecer sin cambios, cuando son asimilados en el desarrollo y fructificación del hongo.

Danciáng (1986) estudió la productividad de *P. ostreatus* en paja de arroz y en aserrín de madera y encontró que el primer sustrato produce un mayor número de carpóforos y de diámetro mayor que el aserrín, La diferencia en la productividad de estos sustratos puede deberse a las diferencias de proteína cruda y de grasa, 15,10% y 0,35% para la paja de arroz, contra 3,2% y 0,14% para el aserrín, respectivamente. Los sustratos utilizados en este experimento presentan diferencias en estos componentes, así la paja de trigo presenta una concentración de proteína cruda y de grasa de 15,10% y 0,35% para cebada de 19,44% y 8,61% para hoja deshidratada de plátano de 17,89% y 3,47% para maíz de 4,92% y 5,55% y frijol con 9,43% y 4,30%. Los valores de producción obtenidos en el presente trabajo, indican que la hoja de plátano deshidratada tiene un alto potencial como fuente lignocelulósica para la producción de *Pleurotus* spp., su EB se encuentra entre los valores más altos registrados en sustratos como la paja de trigo y cebada en el cultivo de este hongo.

Por otra parte, dada la importancia que tiene el carbono para la célula, este elemento es el que más se utiliza durante el crecimiento y desarrollo de *Pleurotus* spp., y puede ser asimilado a partir de diferentes fuentes como polímeros, carbohidratos y lípidos. Sánchez et al. (2002) encuentran relación con la disminución de C:N y aumento en la eficiencia biológica en cepas de *P. ostreatus* (CCMC H-041 e IE-8) y *P. pulmonarius* (IE-115) en mezclas con altos contenidos de madera de vid. Gupta et al. (1999) determinaron una disminución en la relación C:N después de incubar por 25 d *P. sajor-caju* en paja de cebada (25,6%), bagazo de caña de azúcar (61,9%) y hojas de plátano (57,1%), las variaciones pueden deberse a la cepa y el tipo de sustrato. El aumento



está relacionado con la disminución del nitrógeno del sustrato durante la fructificación e indica su utilización en mayor proporción que el carbono, para la formación de cuerpos fructíferos.

## CONCLUSIÓN

La cepa CP-50 de *Pleurotus ostreatus* obtuvo un adecuado desarrollo en el sustrato de hoja de plátano deshidratada al no presentar diferencia significativa con los sustratos de paja de trigo y cebada, ya que estos sustratos son los más convencionales en el cultivo de hongo seta por su alto grado de producción en las comunidades rurales, en contraste con los 2 sustratos de bajo rendimiento como son el rastrojo de maíz y de frijol, donde el sustrato de hoja de plátano marco diferencias significativas en la producción. Por otra parte, respecto a estos 2 últimos, las condiciones rústicas de la planta local no afectaron el cultivo de hongo seta, que puede ser una alternativa de aprovechamiento de los residuos de la cosecha de plátano de las regiones cercanas al municipio de Tetela de Ocampo. Esta biotecnología podría adaptarse a las necesidades de los sistemas de producción familiar rurales, favorecer el equilibrio apropiado con las actividades agrícolas y extra-agrícolas, además de proporcionar ingresos, oportunidades de trabajo y alimento (ingesta de proteína) a la población. Sin embargo, para lograrlo, es necesario implementar capacitaciones para dar a conocer las técnicas de cultivo sobre esta especie en sustratos de alto rendimiento y de bajos costos, como es el caso de la hoja de plátano deshidratada.

La importancia de utilizar como sustrato las hojas de plátano deshidratada (*M. paradisiaca* L.) en la producción rural de hongos comestibles con cepas altamente productivas, en este caso la CP-50 de *P. ostreatus*, es para mejorar y optimizar los medios económicos de los productores al no adquirir como sustrato la paja de trigo o la cebada ya que estos tipos de materiales tienen un valor comercial más alto en el mercado, además que las hojas de plátano (*M. paradisiaca* L.) con un adecuado manejo tienen buenos rendimientos para la producción de hongos comestibles.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Vicerrectora de Docencia de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP) por el apoyo del financiero a este proyecto de investigación.

## LITERATURA CITADA

- AGRIPINO J.C., DULCE-S. 2006. Cultivo de *Volvariella volvacea* en residuos de la cosecha de plátano y paja de cebada. Revista Mexicana de Micología 023:87-92.
- AGUILAR A.D., MARTÍNEZ-CARRERA A., MACIAS M., SÁNCHEZ L.I., DE BAUER., MARTÍNEZ A. 2002. Fundamental trends in rural mushroom cultivation in Mexico and their significance for rural development, pp. 421-431. In: J.E. Sánchez, G. Huerta, E. Montiel (eds). Mushroom biology and mushroom products, Proc. 4th Intern. Conf. Cuernavaca, México.
- ARENAS M.D. 1992. Evaluación de diferentes sustratos para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*. il. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. 64 p.
- ASERCA 2008. La producción de plátano en México, alcances y perspectivas. Claridades Agropecuarias 21:3-18.
- BEARE M., WILSON P., FRASER P., BUTLER R. 2002. Management effects on barley straw decomposition, nitrogen release, and crop production. Soil Science Society of American Journal. 66:848-856.
- BURGOS D. 1995. Cultivo del hongo comestible *Pleurotus djamor* en bagazo de henequén fermentado en forma comparativa con *Pleurotus ostreatus*. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Yucatán, México.
- BUSWELL A.J., CAI Y.J., CHANG S.T. 1993. Fungal-and substrate-associated factors affecting the ability of individual mushroom species to utilize different lignocellulosic growth substrates, pp. 141-150. In: S.T. Chang, J.A. Buswell, S.W. Chiu (eds). Mushroom biology and mushroom products. The Chinese University Press, Hong Kong.

- CHANG S.T., MILES P.G. 2004. Mushrooms: cultivation, nutritional value, medicinal effect and environmental impact. CRC Press. USA.
- DANCIANG C. 1986. Culture of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus* Florida) on five farms wastes at different levels of ammonium sulfate [Philippines]. CLSU [Central Luzon State University]. Scientific Journal. (Philippines). Vol.6, N.º 1, p 64.
- DE LEÓN R., GUZMÁN G., MARTÍNEZ-CARRERA D. 1988. Planta productora de hongos comestibles (*Pleurotus ostreatus*) en Guatemala. Revista Mexicana de Micología. 4:297-301.
- ENCICLOPEDIA DE LOS MUNICIPIOS DE PUEBLA 2006.
- FERREIRO H.M. 1990. Utilización de subproductos agrícolas en la alimentación animal. México.
- FOX R.L. 1989. Banana. En Detecting Mineral Nutrient Deficiencies in Tropical and Temperate Crops. D.L. Plucknett y H.B. Sprague (ed). Westview Press., p 337-354. USA.
- GUPTA M., SARKAR C.R., GUPTA S. 1999. Changes in contents of carbon, nitrogen, C:N ratio and weight loss of different substrates during cultivation of *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Singer. Mushroom Research 8:39-41.
- GUZMÁN G. 1997. Los nombres de los hongos y lo relacionado con ellos en América Latina. Instituto de Ecología. México, 111,117 p.
- GUZMÁN G., MATA G., SALMONES D., SOTO-VELAZCO C., GUZMÁN-DÁVALOS L. 1993. El cultivo de los hongos comestibles, con especial atención a especies tropicales y subtropicales en esquilmos y residuos agro-industriales. IPN. México D.F., p 245.
- LEAL-LARA H. 1985. La utilización microbiológica de desperdicios lignocelulósicos. Potencialidades y perspectivas. In: Fundación Barrios Sierra, CONACYT (ed). Prospectiva de la Biotecnología en México. México. D.F. 65 p.
- LÓPEZ COBÁ E., ANCONA MÉNDEZ L., MEDINA PERALTA S. 2005. Cultivo de *Pleurotus djamor* en condiciones de laboratorio y en una casa rural tropical. Revista Mexicana de Micología. 21:93-97.
- MARTÍNEZ-CARRERA D., LARQUÉ-SAAVEDRA A., MORALES P., SOBAL M., MARTÍNEZ W., AGUILAR A. 1993. Los hongos comestibles en México: biotecnología de su reproducción. Ciencia y Desarrollo (CONACYT) 108:41-49.
- MARTÍNEZ-CARRERA D., LARQUÉ A., ALIPHAT M., AGUILAR A., BONILLA M., MARTÍNEZ W. 2000. La biotecnología de hongos comestibles en la seguridad y soberanía alimentaria de México. II Foro Nacional sobre Seguridad y Soberanía Alimentaria. Academia Mexicana de Ciencias CONACYT, México, D.F. pp. 193-207. ISBN 968-7428-11-2.
- MATA G., GAITÁN-HERNÁNDEZ R. 1995. Cultivo de *Pleurotus* en hojas de caña de azúcar. Revista Mexicana de Micología. 11:17-22.
- MATA G., MARTÍNEZ D. 1988. Estimación de la producción anual de residuos agroindustriales potencialmente utilizables para el cultivo de los hongos comestibles en México. Revista Mexicana de Micología 4:287-296.
- MONTAÑEZ O.D., GARCÍA E.O., MARTÍNEZ J.A., SALINAS J., ROJO R., PERALTA J.G. 2008. Use of *Pleurotus pulmonarius* to change the nutritional quality of wheat straw. I. Effect on chemical composition. Interciencia 33:435-438.
- MORA V., MARTÍNEZ-CARRERA D. 2007. Investigaciones básicas, aplicadas y socioeconómicas sobre el cultivo de setas (*Pleurotus*) en México. Capítulo 1.1, 17 pp. In: El Cultivo de Setas *Pleurotus* spp. en México. J.E. Sánchez, D. Martínez-Carrera, G. Mata & H. Leal (eds). ECOSUR-CONACYT, México, D.F. 230 pp. ISBN 978-970-9712-40-7.b.
- OLAVARRIA G. 2000. Caracterización enzimática cualitativa de cepas fúngicas de un suelo trumao y determinación mediante parámetros químicos de su capacidad para biodegradar paja de trigo. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, Agrarias, Valdivia. Universidad Austral de Chile, Chile.
- PÉREZ-MERLO R., MATA G. 2005. Cultivo y selección de cepas de *Pleurotus ostreatus* y *P. pulmonarius* en viruta de pino: obtención de nuevas cepas y evaluación de su producción. Revista Mexicana de Micología 20:53-59.
- RAJARATHNAM S., BANO Z. 1989. *Pleurotus* Mushrooms. Part III. Biotransformation of natural lignocellulosic wastes: comercial applications and implications. CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition 28:31-113.
- REYES G.R., ABELLA A.E., EGUCHI F., IJIMA T., HIGAKI M., QUIMIO T.H. 2004. Growing paddy straw mushroom, pp. 262-269. In: Mushroom

- grower's handbook 1; Oyster mushroom cultivation. Mushroom World. Corea.
- SALMONES D., GAITÁN-HERNÁNDEZ R., PÉREZ R., GUZMÁN G. 1997. Estudios sobre el género *Pleurotus* VIII. Interacción entre crecimiento micelial y productividad. Revista Iberoamericana de Micología 14:173-176.
- SÁNCHEZ A., YSUNZA F., BELTRÁN-GARCÍA M., ESQUEDA M. 2002. Biodegradation of viticulture wastes by *Pleurotus*: A source of microbial and human food and its potential use in animal feeding. Journal of Agriculture and Food Chemistry 50:2537-2542.
- SÁNCHEZ J.E., HUERTA G., CALVO-BADO L. 1997. The cultivation of edible fungi as a sustainable alternative in tropical regions, pp. 227-237. In: E.M. Palm y H.I. Chapela (eds). Cultivation of edible fungi. Parkway Pub. USA.
- SOBAL M., MORALES P., BONILLA M., HUERTA G., MARTÍNEZ-CARRERA D. 2007. El Cultivo de Setas *Pleurotus* spp., pp.14. In: J.E. Sánchez, D. Martínez-Carrera, G. Mata y H. Leal (eds). ECOSUR-CONACYT, México, D.F. ISBN 978-970-9712-40-7.
- SOBAL M., MORALES P., MARTÍNEZ-CARRERA D. 1993. Utilización de los rastrojos de haba y frijol como sustratos para el cultivo de *Pleurotus*. Micología neotropical aplicada 6:137-141.
- SOTO-VELAZCO C., GUZMÁN-DÁVALOS L., RODRÍGUEZ O. 1989. Cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* sobre bagazo de maguey tequilero fermentado y mezclado con paja de trigo. Revista Mexicana de Micología 5:97-101.
- STAMETS P. 1993. Growing gourmet and medicinal mushrooms. Ten Speed Press. Hong Kong, 343-350 p.
- TSCHIERPE H.J., HARTMAN K. 1977. A comparison of different growing methods. Mushrooms Journal 60:404-416. Terán S., C. Rasmussen, 1994. La milpa de los mayas. La agricultura de los mayas prehispánicos y actuales en el noreste de Yucatán. DANIDA, México.
- VALENCIA del TORO G., GARÍN M., JIMÉNEZ J., LEAL-LARA H. 2003. Producción de cepas coloridas de *Pleurotus* spp., en sustrato estéril y pasteurizado. Revista Mexicana de Micología 17:1-5.
- WIESCHE IN DER C., WOLTER M., ZADRAZIL F. 2000. Activities of ligninolytic enzymes as a means for monitoring the colonization of straw substrate pretreated at different temperatures by *Pleurotus ostreatus*.
- YUMI S., DUCHI N. 2007. Digestibilidad in vivo de rastrojo de maíz (*Zea mays*) tratado con urea y melaza en ovinos Ecociencia (Ecuador)1,1(1):49-54.

