

# Grupos de intersterilidad y productividad de cepas de *Pleurotus* de regiones tropicales y subtropicales de México

Graciela Huerta<sup>1\*</sup>, Daniel Martínez-Carrera<sup>2</sup>,  
José E. Sánchez<sup>1</sup>, Hermilo Leal-Lara<sup>3</sup>

<sup>1</sup>El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Tapachula, Km. 2.5 Carr. Ant. Aeropuerto, Tapachula, Chiapas 30700, México. <sup>2</sup>Colegio de Posgraduados campus Puebla. Km.1.5 Ant. Carr. Cholula, Puebla, México. <sup>3</sup>Facultad de Química, Conjunto E Lab. 324, UNAM Cd. Universitaria, México, D.F.

## Intersterility groups and productivity of *Pleurotus* strains from tropical and subtropical regions of Mexico

**Abstract.** The intersterility groups *Pleurotus djamor*, *P. pulmonarius*, *P. ostreatus* were identified in a Mexican wild strain collection through crossing the strains with reference monosporics and dikarion – monokarion. Due to lack of reference strains or the similarity between compatibility alleles, *P. levis*, *P. agaves* and *P. smithii* were identified by phylogenetic analysis of ribosomal DNA ITS1-5.8S-ITS2 region sequences. The strains were cultivated on coffee pulp in order to evaluate its productivity and describe the variety in form, size, color, texture and flavor of the fresh basidiomes. In relation to productivity it was found six strains of *P. djamor* with early fructification (12 days) and five with outstanding productivity (116-178% of Biological Efficiency). One strain of *P. pulmonarius* showed a continued productivity (non intermittent) and other two with excellent productivity (110-140% of BE). The *P. smithii* and *P. agaves* strains did not show fructification to 26°C.

**Key words:** basidiomycetes, biological species, productivity, fungi cultivation, Mexico.

**Resumen.** En una colección de cepas silvestres mexicanas se identificaron los grupos de intersterilidad *Pleurotus djamor*, *P. pulmonarius*, *P. ostreatus* mediante cruzamientos con monospóricos de referencia y dicarion- monokarion. *P. levis*, *P. agaves* y *P. smithii* fueron identificados por análisis filogenético de secuencias de la región ITS1-5.8S-ITS2 del ADN ribosómico, debido a falta de cepas de referencia o la similitud entre alelos de compatibilidad. Las cepas fueron cultivadas sobre pulpa de café, para evaluar su productividad y describir la variedad en forma, tamaño, color, textura y sabor de los basidiomas en fresco. Con relación a su productividad, se encontraron seis cepas de *P. djamor* con fructificación temprana (12 días) y cinco con productividad sobresaliente, con una Eficiencia Biológica (EB) de 116-178%. Para *P. pulmonarius* una de las cepas mostró fructificación continua (no intermitente) y dos productividad sobresaliente (EB 110-140%). Las cepas de *P. smithii* y *P. agaves* no fructificaron a 26°C.

**Palabras clave:** basidiomycetes, especies biológicas, productividad, cultivo de hongos, México.

Received 3 November 2008; accepted 22 October 2009.

Recibido 3 de noviembre 2008; aceptado 22 de octubre 2009.

Autor para correspondencia: Graciela Huerta  
ghuerta@ecosur.mx

## Introducción

El cultivo de *Pleurotus* en México es considerado una opción para aumentar la producción de alimento por unidad de superficie en las regiones rurales. Su tecnología de producción se basa en el uso de residuos agroindustriales como sustrato, permitiendo aprovechar la energía que estos contienen en la producción de alimento y aminorando los problemas que ocasiona su acumulación (Martínez-Carrera *et al.*, 1984, 1992). En zonas de clima tropical y subtropical abundan desechos agrícolas que pueden utilizarse como sustratos para el cultivo de hongos. Sin embargo, el cultivo de *Pleurotus* en estas regiones ha tenido un éxito limitado, porque las cepas comerciales crecen y fructifican pobremente a altas temperaturas (28-30 °C).

En años recientes, el cultivo de este hongo fue propuesto como una alternativa para resolver la falta de alimento de alta calidad en el sector rural. Esto produjo el surgimiento de un gran número de módulos de producción en diversas áreas del país. Por lo que la producción de hongos frescos pasó de 27,825 toneladas en 1995 a 38,708 en el 2001, correspondiendo el 5% a *Pleurotus* (Martínez-Carrera, 2002).

La Secretaría de Desarrollo de los Pueblos Indios (SEPI) reportó que en Chiapas existen 100 módulos rurales de producción. En el municipio de Tenejapa hay 53 módulos manejados por mujeres de origen Tseltal, que producen alrededor de 63.14 Kg de hongos en tres cosechas, con eficiencias biológicas de 67.7%. Utilizan cepas de *P. ostreatus* y como sustrato, olote, rastrojo de maíz y pergamino de café tratados por inmersión alcalina, pH 10.9 ± 0.2 (De León-Monzón *et al.*, 2004). La baja producción de hongos que se obtiene en esta comunidad puede deberse a la falta de técnicas de cultivo estandarizadas, baja calidad de inóculo y/o a falta de adaptación de las cepas comerciales para crecer en las condiciones climáticas que predominan en estas regiones.

Las especies silvestres del género *Pleurotus* poseen

información genética que puede ser aprovechada para generar nuevas cepas comerciales, pero que hasta ahora ha sido poco estudiada. Muchas de ellas presentan alta competitividad por sustrato, contra bacterias, levaduras y otro tipo de hongos, se desarrollan y fructifican a altas temperaturas, algunas tienen alta productividad, fructificación temprana y otras características que podrían aumentar la vida de anaquel de este hongo (Martínez-Carrera *et al.*, 1986; Hernández-Ibarra *et al.*, 1995; Salmones *et al.*, 1997, 2004; Gaitán-Hernández y Salmones, 1999, 2008; Martínez-Carrera, 2002).

Por otro lado, también se ha mencionado que algunas producen basidiomas pequeños de textura correosa y sabor no agradable (Corner, 1981).

Es necesario desarrollar investigaciones tendientes a caracterizar el germoplasma silvestre presente en regiones tropicales, para que mediante métodos de mejoramiento genético, se obtengan cepas que puedan adaptarse fácilmente a condiciones tropicales y mejorar sus características morfológicas y organolépticas, entre otras. Esto permitiría implementar la producción de hongos en condiciones ambientales poco controladas.

Esta investigación forma parte de un proyecto más amplio, que tiene como objetivo la caracterización genética y fisiológica de cepas silvestres mexicanas de *Pleurotus* que servirá de base para desarrollar un programa de mejoramiento genético de este hongo. Los objetivos de este trabajo fueron: a) Identificar los grupos de intersterilidad presentes en una colección de 31 cepas de *Pleurotus* de regiones tropicales y subtropicales, b) Describir las características de productividad, diversidad morfológica y de velocidad de crecimiento de cepas.

## Materiales y métodos

### Origen de las cepas y estimación de la velocidad de crecimiento micelial

Se estudiaron 31 cepas silvestres del género *Pleurotus* procedentes de los estados de: Chiapas (8), Hidalgo (1), Jalisco (3), Michoacán (1), Morelos (4), Nuevo León (2), Puebla (3), Tabasco (1), Tlaxcala (1), Veracruz (5) y Yucatán (2) (Tabla 1).

Se estimó la velocidad de crecimiento utilizando las mediciones diarias del diámetro micelial de cepas, crecidas sobre 17 mL de agar con extracto de malta (AEM), pH 5.5 e incubadas a 26°C, durante siete días. Para calcular la velocidad de crecimiento se utilizó la fórmula de Sinclair y Cantero (1989). Velocidad de crecimiento = (Df-Di)/(Tf-Ti) Donde: Df = Diámetro final de crecimiento; Di = Diámetro inicial de crecimiento; Tf-Ti=Días de crecimiento micelial.

Tabla 1. Cepas de *Pleurotus* provenientes de diferentes regiones de México, con el nombre de la especie asignada en este trabajo

Código original de cepario	Estado	Localidad	Especie
CFR	Nuevo León	F.C. Forestales, UANL, Linares	<i>P. ostreatus</i>
CP-30	Puebla	Autopista Puebla-Cholula Km 1	<i>P. levis*</i>
IE-8	Veracruz	Instituto de Ecología, Xalapa	<i>P. pulmonarius</i>
CP-15	Veracruz	Km. 7 Carr. Coatepec-Xalapa vía las trancas	<i>P. pulmonarius</i>
HEMIN-32	Puebla	Xonacatlán	<i>P. pulmonarius</i>
HEMIN-47	Morelos	Acatlipa de Temixco	<i>P. pulmonarius</i>
P2	Nuevo León	F. C. Forestales, UANL, Linares	<i>P. pulmonarius*</i>
IE-202	Veracruz	Instituto de Ecología, Xalapa	<i>P. pulmonarius</i>
ECS-0122	Chiapas	Talquián, Unión Juárez	<i>P. djamor</i>
ECS-0123	Chiapas	Talquián, Unión Juárez	<i>P. djamor</i>
ECS-0127	Chiapas	El Águila, Cacahoatán	<i>P. djamor</i>
ECS-0128	Chiapas	CAE Rosario Izapa, Tuxtla Chico	<i>P. djamor</i>
ECS-0130	Chiapas	CAE Rosario Izapa, Tuxtla Chico	<i>P. djamor</i>
ECS-0143	Chiapas	Km. 1.5, Carr. Tap.-P. Madero	<i>P. djamor</i>
ECS-0150	Chiapas	Fracc. Los Laureles, Tapachula	<i>P. djamor</i>
ECS-0151	Chiapas	Yajalón	<i>P. djamor</i>
HEMIN-34	Morelos	Univ. Aut. del Edo. de Morelos	<i>P. djamor</i>
HEMIN-44	Morelos	Sta. Catarina de Tepoztlán	<i>P. djamor</i>
IBUG-39	Veracruz	Coatepec	<i>P. djamor</i>
HEMIN-53	Michoacán	Gtz. Zamora	<i>P. djamor</i>
CP- 18	Veracruz	Jardín botánico F.J., Clavijero Xalapa	<i>P. smithii</i>
CP-120	Puebla	Presa conejillo, col. Rev., Atlixco	<i>P. djamor</i>
CP-170	Yucatán	Mérida	<i>P. djamor</i>
CP-171	Yucatán	Mérida	<i>P. djamor</i>
CP-253	Tabasco	Centla	<i>P. djamor</i>
IBUG-7 <sub>2</sub>	Jalisco	Guadalajara	<i>P. djamor</i>
IBUG-65	Jalisco	Guadalajara	<i>P. djamor</i>
IBUG-3	Jalisco	Guadalajara	<i>P. djamor</i>
CP-194	Tlaxcala	San Isidro Buensuceso	<i>P. agaves*</i>
CP-98	Hidalgo		<i>P. agaves*</i>
HEMIN-30	Morelos	Univ. Aut. del Edo. de Morelos	<i>P. agaves*</i>

\* Identificado por análisis filogenético de secuencias, mostrado en Huerta *et al.* (2010: en prensa).

### Compatibilidad sexual de las cepas

Para la obtención de monospóricos, se fijo con vaselina un cm<sup>2</sup> de basidioma maduro en la parte interior de la tapa de una caja de Petri con AEM, la caja se inclinó 45° y se incubó por 24 horas. Los aislamientos se hicieron de la periferia de la caja, localizando las esporas germinadas con la ayuda de un microscopio estereoscópico. Los monospóricos se multiplicaron en AEM y la ausencia de fibulas en el micelio se comprobó al microscopio compuesto.

La separación de los grupos de compatibilidad se logró al aparear 12 monospóricos procedentes de un mismo cuerpo fructífero, en cajas de Petri con AEM, pH 5.5. Se hicieron todas las confrontaciones posibles, evitando las cruces recurrentes (Eger *et al.*, 1979). Después de 3 a 5 días de incubación a 26°C se determinó el tipo de reacción, observando al microscopio compuesto la presencia de fibulas en el micelio de la zona de contacto. Se consideró reacción positiva, aquella que presentó fibulas y como negativa la ausencia de éstas.

### Identificación de grupos de interesterilidad

Representantes de cada grupo de incompatibilidad de diez cepas catalogadas bajo criterios morfológicos como afines a *P. djamor* y a *P. ostreatus*, fueron apareadas entre sí (Mon x Mon), para separar los grupos de interesterilidad (Corner, 1981; Eger *et al.*, 1979). Posteriormente, los grupos de interesterilidad identificados entre las cepas silvestres mexicanas fueron apareados con el juego de monospóricos de referencia de las especies de *P. ostreatus ex. epitypus*, *P. pulmonarius*, *P. dryinus*, *P. levis*, *P. cornucopiae* y *P. djamor*. Las 21 cepas restantes se identificaron por apareamiento de dicarion-monocarion de cepas de referencia (Vilgalys *et al.*, 1993).

### Evaluación de productividad

El potencial productivo de las cepas se determinó al cultivarlas sobre pulpa de café estéril. La pulpa se obtuvo de

un beneficio húmedo de café de la región y para su almacenaje fue secada al sol. Para la preparación de las muestras, pulpa con un pH inicial de 5.5 a 5.7, se hidrató hasta alcanzar un 70% de humedad, se colocó en bolsas y se esterilizó a 121°C por 20 minutos. Posteriormente se adicionaron 50 g de inóculo por kg de sustrato húmedo (Villa-Cruz *et al.*, 1999). La producción de las cepas se evaluó durante dos cosechas y se contabilizaron los días transcurridos desde la siembra del sustrato hasta la primera cosecha. Con los datos de producción se calculó la eficiencia biológica (EB) y rendimiento (R) por cepa (Sánchez, 2001).

### Descripción morfológica de los basidios

Usando los basidios obtenidos en la primera cosecha, se describió la diversidad de formas, color, olor, sabor y textura en fresco, el color de la esporada, el tipo de estípote y su posición con relación al píleo (Corner, 1981). Los colores se describieron usando las cartas de color de suelo Munsell (2000). Con un microscopio Nikon Ys2 alpaphot con reglilla calibrada en ocular alpaphot, se hicieron medidas de esporas, basidios, queilocistidios y se determinó el tipo de sistema hifal cerca del estípote.

### Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar en el ensayo de velocidad de crecimiento micelial, bloques completos al azar en la evaluación de productividad y en ambos casos se tuvieron cinco muestras por tratamiento. Todos los datos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA de una sola vía) y a comparación de medias por el método de rangos múltiples de Tukey, utilizando el programa "Statistica 7 (StatSoft, 2003).

## Resultados

### Grupos de interesterilidad

Los resultados obtenidos de los apareamientos monocarion-monocarion, provenientes de cepas con afinidad morfológica a *P. djamor*, se presentan en la Tabla 2 y las que se agruparon como afines a *P. ostreatus* se muestran en la Tabla 3. Éstas y las cruces entre monocarion-dicarion (Tabla 4), permitieron diferenciar tres grupos de interesterilidad identificados como *P. pulmonarius* (IE-8, HEMIN-47 e IE-202), *P. ostreatus* (CFR) y *P. djamor* (14 cepas). La falta de cepas de referencia o la similitud en alelos de compatibilidad, no permitió identificar la especie de algunas de ellas. Estas fueron identificadas mediante criterios filogenéticos usando la región ITS1-5.8S-ITS2 del ADN ribosómico, como: *P. agaves* (HEMIN-30, CP-194, -98), *P. levis* (CP-30), *P. smithii* (CP-18) y *P. pulmonarius* (P2) (Huerta *et al.*, 2010).

### Sistema de apareamiento sexual y relaciones de compatibilidad

Las autocruzas de monospóricos revelaron un sistema de apareamiento heterotálico bifactorial, con alelos múltiples, para todas las cepas examinadas. Corroborando toda la información generada en estudios de compatibilidad de *Pleurotus*, previos a este trabajo (Eger *et al.*, 1979; Vilgalys *et al.*, 1993; Petersen, 1995a, 1995b; Petersen y Hughes, 1993).

Las pruebas de compatibilidad entre 26 monospóricos provenientes de 7 cepas de *P. djamor* mostraron porcentajes de apareamientos positivos de 25 a 100%, y el 29% del total de éstos fueron 100% positivos. Se identificaron 5 alelos A y 6 B (Tabla 2). Mientras que en *P. pulmonarius*, al aparear 11 monospóricos provenientes de 3 cepas, se encontró un número balanceado de alelos diferentes en el control de la compatibilidad, tres alelos A y B (Tabla 3). Los ensayos de apareamiento entre dicarion-monocarion de referencia, agruparon catorce cepas más en *P. djamor*, tres en

*P. pulmonarius* y una en *P. ostreatus* (Tabla 4).

### Velocidad de crecimiento

Los valores del crecimiento micelial en AEM y la productividad de 19 cepas mexicanas silvestres de *P. djamor*, 6 de *P. pulmonarius*, 1 de *P. ostreatus*, 1 de *P. levis* en pulpa de café, se observan en la Tabla 5. Las cepas HEMIN-30, CP-194, CP-98 de *P. agaves* y CP-18 de *P. smithii* no se incluyen, debido a que colonizaron el sustrato pero no fructificaron a 26°C y sólo la cepa HEMIN-30 formó un reducido número de basidios a 21°C. Es probable que las cepas de *P. agaves* y de *P. smithii*, hayan perdido su habilidad para formar la fase sexual por el continuo subcultivo que se da a las cepas en los bancos de germoplasma.

Las cepas formaron micelio blanco, bien ramificado, con fibulas conspicuas, vacuolas abundantes y estructuras simples productoras de micro gotas nemostáticas. Se observaron algunas diferencias en el crecimiento del micelio entre las cepas: micelio poco denso, pegado al medio y con cristales de oxalato de calcio en *P. djamor*; crecimiento denso, subaéreo, aéreo para *P. ostreatus* y *P. pulmonarius*; *P. levis* formó micelio denso pero pegado al medio, con bordes de crecimiento irregulares, con cerdas sobre el micelio y obscurece el medio al envejecer, pero no produce clamidosporas. Estas dos últimas características permiten diferenciarlo de *P. dryinus* y de las otras especies de *Pleurotus* (Petersen y Hughes, 2006; Stalpers, 1978).

Las cepas estudiadas mostraron intervalos muy amplios en velocidad de crecimiento, ocho cepas de *P. djamor* presentaron un crecimiento de 11.4 a 12.6 mm/día, mientras que CP-120 (1.4 mm/día), IBUG-3 (3.8 mm/día) y HEMIN-53 (4.9 mm/día), fueron las de mas lento crecimiento. En *P. pulmonarius* la comparación de medias (Tukey,  $\alpha=0.05$ ), incluyó las cepas HEMIN-32 y CP-15 con 13.9 y 11.8 mm/día, en el primer y segundo grupo estadístico, y a IE-8, HEMIN-47, P2 e IE-202 con 8.4, 7.1 a 8.5 mm/día en el cuarto y tercer grupo. Las cepas de *P. ostreatus* y *P. levis* mostraron

una velocidad promedio de 9.6 y 2.8 mm/día, respectivamente (Tabla 5). Las cepas CP-194, CP-98 y HEMIN 30 de *P. agaves* tuvieron velocidades de 2.04, 5.88 y 15.66 mm/día y la CP-18 de *P. smithii* 1.08 mm/día. La velocidad de crecimiento de las cepas estudiadas no se correlacionó con ninguno de los parámetros evaluados en este estudio.

### Productividad

#### 1) *P. djamor* (Rumph.: Fr.) Boedijn

#### Capacidad productiva

El micelio de la mayoría de las cepas colonizó el sustrato en 7-10 días después de inoculado, formaron una cubierta algodonosa poco densa y fructificaron 5-7 días después de someterlos a 26-28°C y 95% de humedad relativa. Sin embargo, según las temperaturas que prevalecen en los sitios donde este hongo se encuentra en forma silvestre, hace suponer que las cepas que pertenecen a esta especie pueden fructificar de 30 a 35 ° C. La producción de basidiomas fue intermitente, con cosechas separadas por periodos de 7-10 días. Con relación a su capacidad productiva, las cepas de *P. djamor* mas sobresalientes fueron la IBUG-65, IBUG-3 e IBUG-7<sub>2</sub>, con 178.3, 148.1 y 138.4 % de EB, respectivamente, y las de menor EB fueron la ECS-0128 (64.4%) y la ECS-0150 (63.0%) (Tukey, α=0.05). El inicio de la fructificación fue variable, cinco de las cepas originarias de Chiapas y una de Morelos requirieron de 12 días, mientras que cuatro produjeron hongos entre los 25 a 45 días, pero la mayoría fructificó a los 15 a 18 días. Con relación al rendimiento, las cepas IBUG-65, IBUG-7<sub>2</sub> y CP-170 mostraron los valores más altos, con 10.5, 8.1 y 7.8 %, respectivamente. Por otra parte, las cepas con rendimientos menores fueron la CP-171 y HEMIN-34 (Tabla 5).

#### Morfología del basidioma

Basidioma con píleo de (30) 45-85 (100) mm de diámetro y (3) 4-8 mm de grosor, estipitado a subestipitado en posición

lateral y muy raramente central. Estípites blanco de (8) 15- 38 x 2.5- 4.0 mm, sólido, coriáceo, con superficie aterciopelada a glabra. Olor y sabor del basidioma harinoso, rancio o agradable a hongo. Hábito de crecimiento imbricado.

Píleo flabeliforme, conchado, de color blanco con tonos amarillentos en la base (7.5YR 8/1, 8/2), blanco grisáceo (2 8/10B, 7/10B, 8/5B, 1 8/1). Primordios rosa claro (10R 8/2), que al madurar cambian a blanco (10R de 8/1) o a rosa pálido (10R 7/2, 7/3). Superficie lisa a finamente tomentosa con la edad, con márgenes enteros, ondulados o lobulados. Himenio con láminas decurrentes que se anastomosan hacia la base del estípites, delgadas, con bordes enteros, de color blanco amarillento (10R de 8/1) a rosa pálido (10R 7/2, 7/3). Contexto blanco, blanco amarillento o rosa pálido, delgado. Textura subcoriácea, coriácea y muy raramente subcarnosa.

El color de la esporada varió de blanco cremosa (2.5Y 8/1), amarillo pálido (2.5Y 8/3, 7/3), o a rosa pálido (7.5YR 8/2, 7/3). Esporas fueron cilíndricas con ápice hilar, lisas, de pared delgada, hialinas, no amiloides, de (6.4-) 7.2- 9.6 x 3-2.4 µm. Sistema hifal dimítico, basidios de (17.7-) 18.9- 23.6 (-25) x (3.5-) 4.7- 7 (-8.2) y queilocistidios (17.7-) 20-24 µm.

#### Hábitat y distribución

Esta especie se colectó durante los meses lluviosos del verano. Creció sobre troncos y ramas muertas de diversos árboles y arbustos: madera de cazahuate *Ipomoea arborescens* (Humb. y Bonpl.) G. Don., *Theobroma cacao* L., *Coffea arabica* L. y *C. canephora* Pierre: Froehner, *Yucca* sp., *Ricinus communis* L., laurel de la India *Ficus macrocarpa* L. f., o sobre pseudotallos vivos de plátano (*Musa* AAA subgrupo Cavendish, cultivar enano gigante), plátano macho (*Musa* AAB), palma africana *Elaeis guineensis* Jacq., tulipán africano *Spathodea campanulata* Beauv. Su hábito de crecimiento fue principalmente imbricado. Estuvo representada por aislamientos provenientes de zonas

Tabla 2. Alelos de incompatibilidad sexual en cepas silvestres mexicanas de *P. djamor*

	ECS-0127				IBUG-65				IBUG-39				HEMIN-44			HEMIN-53				IBUG-7 <sub>2</sub>			
	38	51	35	50	9	2	3	20	1	10	6	15	4	9	1	1	15	3	6	4	3	2	
ECS-0122	A <sub>3</sub> B <sub>3</sub>	A <sub>4</sub> B <sub>4</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>3</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>4</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>5</sub>	A <sub>5</sub> B <sub>6</sub>	A <sub>5</sub> B <sub>5</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>6</sub>	A <sub>5</sub> B <sub>5</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>6</sub>	A <sub>5</sub> B <sub>6</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>5</sub>	A <sub>5</sub> B <sub>6</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>5</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>6</sub>	A <sub>5</sub> B <sub>5</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>6</sub>	A <sub>5</sub> B <sub>5</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>6</sub>	A <sub>5</sub> B <sub>5</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>5</sub>	A <sub>5</sub> B <sub>6</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>5</sub>
7	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
9	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	+	+	+	+	-	+	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+	+?	+	+	-	+
8	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
21	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	+	+	+	+	-	+	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-?	+	-	+	+
ECS-0127		38	A <sub>3</sub>	B <sub>3</sub>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		51	A <sub>4</sub>	B <sub>4</sub>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		35	A <sub>4</sub>	B <sub>3</sub>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		50	A <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
					9	A <sub>2</sub>	B <sub>5</sub>	-	+?	+	-	+	-	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-
					2	A <sub>5</sub>	B <sub>6</sub>	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-?	+?	
					3	A <sub>5</sub>	B <sub>5</sub>	-	+	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-
					20	A <sub>2</sub>	B <sub>6</sub>	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+

Código de la cepa, Número de monospórico, Número de alelo,+ Con fibulas, - sin fibulas, ? reacción dudosa.

Tabla 3. Alelos de incompatibilidad sexual entre cepas silvestres mexicanas de *P. ostreatus* y *P. pulmonarius*

<i>P. ostreatus</i> <i>ex. epitypus</i>		CFR				<i>P. pulmonarius</i>		CP-15				HEMIN-32		
		1	2	4	3			5	4	14	8	4	1	5
		A <sub>3</sub> B <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>			A <sub>1</sub> B <sub>3</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>1</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>3</sub>
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	8	-	-	+	-	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	1	-	+	-	-	-	-	+
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	3	+	-	-	+	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	14	+	-	-	-	-	+	+
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	36	+	-	-	-	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	10	-	-	+	-	-	+	+
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	2	-	+	+	-	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	9	+	-	-	+	+	-	+

Código de la cepa, Número de monospórico, Número de alelo,+ Con fibulas, - sin fibulas.

tropicales y subtropicales del Sur (Chiapas, Tabasco, Yucatán), Centro (Puebla, Morelos), Oeste (Jalisco, Michoacán) y Este (Veracruz) de México. Fue reportada con anterioridad en el valle central de México por varios autores, quienes además señalaron su amplia distribución en el país y algunos otros hospedantes (Guzmán *et al.*, 1993, 1995).

#### 2) *P. pulmonarius* (Fr.) Quél.

#### Capacidad Productiva

El micelio de todas las cepas cubrió el sustrato en 7-13 días, formando una capa algodonosa muy densa; las fructificaciones se obtuvieron 5-7 días después de retirar la bolsa plástica. La producción fue intermitente, con flujos de producción separados entre sí por periodos de 8 a 10 días, sin

embargo, la cepa CP-15 presentó fructificación continua. Las cepas más sobresalientes fueron la HEMIN-47 e IE-202 con 140.1 y 110.5% de EB y con un rendimiento de 7.4 y 5.8%, respectivamente. El tiempo requerido por las cepas evaluadas para fructificar fue de 17 a 19 días, excepto la CP-15 que fructificó a los 12 días (Tabla 5).

### Morfología del basidioma

Basidiomas de (20) 55-80 (100) mm de diámetro y 4-10 mm de grosor, con estípote excéntrico a lateral, raramente central, sólido, coriáceo a subcoriáceo, blanquecino de 18-25 (35) x 7-19 mm y superficie aterciopelada a glabra. De olor suave a anís y sabor rafinoide o agradable a hongo, y con un crecimiento cespitoso.

Pileo umbonado, flabelado o conchado, blanco hacia el centro (2.5 YR 8/1, 5YR 8/1 a 10R 8/1) y tonos café grisáceos, café rojizo o café amarillento en los bordes (5YR 6/1 a 4/1, 2.5YR 6/1, 10R 7/1). Superficie lisa a finamente tomentosa con la edad, con márgenes enteros, ondulados o lobulados. Himenio con láminas decurrentes hacia la base del estípote, con lamélulas que rara vez se anastomosan; delgadas, con bordes enteros, de color blanco amarillento (10R de 8/1). Contexto blanco a marfil, delgado y textura carnosa y quebradiza.

Esporada blanca cremosa (2.5Y 8/1), con tonos lila grisáceo, blanco cremoso con tonos lilas, violácea con tonos grises, o gris con tonos cremosos, gris con tonos violáceos. Esporas cilíndricas con apice hilar, lisas, de pared delgada, hialinas, no amiloides, de (4.72-) 5.9-9.84 (-10.62) x (3.24-) 3.54-4.8 µm. Sistema hifal monomítico, basidios de (21.6-) 25.2-26.4 x (-5.2) 7.2-9.12 µm.

### Hábitat, distribución y algunas características fisiológicas

Fructifica en los meses lluviosos del verano. Crecen sobre troncos y ramas muertas de diversos árboles y arbustos: madera de caahuate (*Ipomea wolcottiana* Rose), pulpa de café (*Coffea arabica*), con un hábito de crecimiento

cespitoso. Esta especie estuvo representada por aislamientos provenientes de zonas subtropicales del Norte (Nuevo León), centro (Morelos) y Este (Veracruz) de México. Fue identificada con anterioridad como *P. ostreatus* por la similitud morfológica que existe entre ambas especies (Martínez- Carrera, 1988; Martínez- Carrera *et al.*, 1986; Guzmán *et al.*, 1994).

### 3) *P. ostreatus* (Jacq.) P. Kumm.

#### Capacidad productiva

La cepa fructificó a los 17 días a una temperatura ambiente de 21°C. La EB fue de 74.6%, con un rendimiento de 4.4%. A diferencia de las demás cepas, ésta presentó fructificación continua.

### Morfología del basidioma

Basidiomas de (20) 50-70 mm de diámetro x 4-8 mm de grosor, con estípote excéntrico a central, sólido, subcoriáceo, superficie aterciopelada a glabra, blanquecino de 18-20 (25) x 7-9 mm. De olor agradable a hongo y con crecimiento cespitoso a solitario.

Pileo de forma conchada a subumbilicada, gris azul claro (Gley 2 8/5PB) cuando joven a blanco. Superficie lisa, con bordes enteros, ondulados. Láminas decurrentes, delgadas, blancas y de bordes enteros. Textura carnosa y quebradiza.

Esporada de color blanco cremosa (2.5Y 8/1) con tonos lila grisáceo. Esporas cilíndricas con ápice hilar, lisas, de pared delgada, hialinas, no amiloides de (7.67-) 8.26-8.85 (-9.44) x (2.95-) 3.54-4.13 µm. Sistema hifal monomítico, basidios de (25-) 27.6-33 x 6.2-8 µm.

### Hábitat y distribución

Es posible que esta especie se encuentre principalmente en el norte del país, asociada a bosques caducifolios y con fructificaciones en otoño.

Tabla 4. Especies biológicas identificadas mediante cruza dicarion-moncarion en una colección de cepas silvestres mexicanas. Las reacciones positivas (+) son indicativas de una especie de *Pleurotus ostreatus*, 3 de *P. pulmonarius* y 14 de *P. djamor*

Dicarion	<i>P. ostreatus</i>		<i>P. pulmonarius</i>			<i>P. djamor</i>		
	*1103 A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	*1105 A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	*0192 A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	*0193 A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	*0195 A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	IBUG-39-1 A <sub>5</sub> B <sub>5</sub>	IBUG-39-6 A <sub>5</sub> B <sub>6</sub>	IBUG-39-2 A <sub>4</sub> B <sub>4</sub>
P2	-	-	-	-	-	-	-	-
CFR	+	+	-	-	-	-	-	-
CP-98**	-	-	-	-	-	-	-	-
ECS-0123	-	-	-	-	-	+	-	+
ECS-0128	-	-	-	-	-	+	+	-
ECS-0130	-	-	-	-	-	+	-	+
ECS-0143	-	-	-	-	-	+	+	-
ECS-0150	-	-	-	-	-	+	+	-
ECS-0151	-	-	-	-	-	+	-	+
CP-253	-	-	-	-	-	-	-	+
CP-170	-	-	-	-	-	+	-	-
CP-171	-	-	-	-	-	+	-	+
CP-30**	-	-	-	-	-	-	-	-
CP-120	-	-	-	-	-	+	-	-
HEMIN-34	-	-	-	-	-	+	+	-
HEMIN-44	-	-	-	-	-	+	+	-
HEMIN-47	-	-	+	+	+	-	-	-
HEMIN-30**	-	-	-	-	-	-	-	-
CP-194**	-	-	-	-	-	-	-	-
IBUG-3	-	-	-	-	-	+	-	+
HEMIN-53	-	-	-	-	-	-	-	+
IE-8	-	-	-	-	+	-	-	-
IE-202	-	-	-	+	-	-	-	-
CP-18**	-	-	-	-	-	-	-	-

*P. ostreatus* (CFR), *P. pulmonarius* (P2, IE-8, IE-202), *P. djamor* (ECS-0123, ECS-0128, ECS-0130, ECS-0143, ECS-0150, ECS-0151, CP-253, CP-170, CP-171, CP-120, HEMIN-34, HEMIN-44, IBUG-3, HEMIN-53). \* Cepa de referencia monocarion; \*\* *P. pulmonarius* (P2), *P. agaves* (CP-194, CP-98, HEMIN-30), *P. levis* (CP-30), *P. smithii* (CP-18), cepas identificadas mediante análisis filogenético de secuencias (Huerta *et al.*, 2010: en prensa).

### 4) *P. levis* (Berk. y M.A. Curtis) Singer

#### Capacidad productiva

La cepa requirió de 44 días para colonizar el sustrato y 21 para producir basidiomas a 21°C. La EB fue de 71.34% al crecer sobre sustrato de paja de *Digitaria decumbens* (70%) y pulpa de café (30%). El uso de esta mezcla redujo los problemas de colonización provocados por la fermentación del sustrato.

### Morfología del basidioma

Basidiomas de 30-100 mm de diámetro y 4-10 mm de grosor, con estípote central a excéntrico, mas delgado hacia la base, duro y fibroso, con superficie tomentosa a subescumulosa por los remanentes del velo, blanquecino de 30 a 70 mm x 7-10 mm. Cuando joven presenta velo parcial de color blanco,

que desaparece al madurar. Con olor suave a fruta y sabor a hongo. Hábito de crecimiento cespitoso.

Pileo convexo a infundibuliforme, con márgenes enrollados de color blanco amarillento (Hue 5Y 8/2) cambiando a amarillo pálido al dañarlo (Hue 5Y 8/6). Superficie tomentosa a fibrilosa, subescumulosa en los márgenes, algunas veces apendiculado. Láminas decurrentes, enteras, densas, delgadas, que se anastomosan en el área cercana al estípote, pero no forman red. Contexto blanco, delgado (4 mm de ancho). Textura carnosa y quebradiza.

Esporada blanca cremosa con tonos amarillentos (Hue 5Y 8/2). Esporas cilíndricas con apéndice hilar, lisas, de pared delgada, hialinas, no amiloides de (10) 10.4- 12 x 3.0-5.50 µm. Sistema hifal dimítico, basidios de (16.8) 18-21.6

Tabla 5. Velocidad de crecimiento del micelio de las cepas de cuatro especies de *Pleurotus* en medio de cultivo y productividad promedio de dos cosechas

Especie	Cepa	VC <sup>1</sup> mm/día	Días 1 <sup>a</sup> Cosecha <sup>2</sup>	EB (%) <sup>3</sup>	Rendimiento			
<i>P. djamor</i>	IBUG-65	12.0	a <sup>4</sup>	17	178.3	a	10.5	a
	IBUG-7 <sub>2</sub>	12.5	a	17	138.4	ab	8.1	ab
	IBUG-39	12.6	a	17	126.5	bc	7.4	b
	ECS-0151	12.6	a	12	76.0	de	6.3	bcd
	ECS-0123	12.1	a	12	73.7	de	6.1	bcde
	ECS-0128	12.3	a	17	64.4	e	3.8	efg
	CP-170	11.8	ab	15	116.3	bcd	7.8	ab
	HEMIN-44	11.4	ab	12	77.5	de	6.5	bcd
	ECS-0143	10.3	bc	12	81.2	cde	6.8	bc
	ECS-0130	10.1	bc	16	78.3	de	4.9	cde
	ECS-0127	9.9	c	12	79.5	cde	6.6	bcd
	HEMIN-34	9.3	c	45	78.3	de	1.7	g
	ECS-0122	8.9	cd	12	82.0	cde	6.8	bc
	CP-253	9.2	cd	25	66.8	e	2.7	fg
	ECS-0150	7.7	de	15	63.0	e	4.2	def
	CP-171	6.6	de	35	53.6	e	1.5	g
	HEMIN-53	4.9	ef	18	73.8	de	4.1	def
IBUG-3	3.8	f	45	148.1	ab	3.3	fg	
CP-120	1.4	g	25	84.9	cde	3.1	fg	
<i>P. pulmonarius</i>	HEMIN-32	13.9	a	17	72.8	bc	4.3	bc
	CP-15	11.8	b	12	88.1	b	7.3	bc
	IE-8	9.3	c	18	81.3	bc	4.5	ab
	HEMIN-47	8.4	cd	19	140.1	a	7.4	a
	IE-202	8.5	cd	19	110.5	ab	5.8	a
	P2	7.1	d	19	62.5	c	3.3	c
<i>P. ostreatus</i>	CFR	9.6		17	74.6		4.4	
<i>P. levis</i>	CP-30	2.8		65	71.4		1.1	

<sup>1</sup>VC: velocidad de crecimiento del micelio. <sup>2</sup>Días transcurridos desde la inoculación del sustrato hasta la primera cosecha. <sup>3</sup>EB: eficiencia biológica. <sup>4</sup>Letras iguales en columnas indican similitud entre cepas (Tukey,  $\alpha=0.05$ ).

(22.8)  $\mu\text{m}$  y queilocistidios 25.2-28 x 9.8-11.2  $\mu\text{m}$ .

#### Hábitat y distribución

Crece formando basidiomas simples en otoño, se recolectó sobre madera en descomposición en la ciudad de Cholula, Puebla. Esta especie fue reportada en las localidades de Cartago y Chontla en Costa Rica, sobre *Quercus copeyensis* C.H. Mull., *Q. seemanii* Liebm., y los ejemplares se depositaron en el Jardín Botánico de New York (The New York Botanical Garden, NYBG) y en el Instituto Nacional de

Biodiversidad (INBio) en Costa Rica (Punta Arenas). En México fue citada como *Lentinus levis* por Sobal *et al.* (1997), pero no ha sido descrita con anterioridad.

#### Discusión

Todas las cepas estudiadas presentaron un sistema de cruce bifactorial y ninguna mostró capacidad excepcional para cruzarse con monospóricos provenientes de diferentes grupos

de intersterilidad, contrario a lo reportado por Petersen y Ridley (1996). El análisis de sistemas de cruce reveló la presencia de los grupos de intersterilidad I. *P. ostreatus*, II. *P. pulmonarius*, V. *P. djamor*, VIII. *P. levis*, XI. *P. agaves*, en México, anteriormente establecidas por Vilgalys *et al.* (1996). El nombre de *P. agaves* fue sinonimizado con *P. opuntiae* por Petersen y Hughes (2006) aduciendo la antigüedad del nombre, sin embargo, el espécimen tipo de esta especie no corresponde al material con el que fue descrito el grupo de intersterilidad XI. Ellos proponen asignar un lectotipo, debido a las condiciones precarias en las que se encuentra el tipo. La situación no clara de esta especie sugiere la necesidad de desarrollar estudios más detallados tendientes a esclarecer si *P. opuntiae* y *P. agaves* son la misma especie con diferente origen geográfico o son dos especies diferentes.

La diversidad en color del basidioma, velocidad de crecimiento, eficiencia biológica y las características de sabor y textura en fresco, estuvieron bien representadas en la muestra de cepas identificadas como *P. djamor*. Los datos de colecta y literatura generada en México mostraron que esta especie tiene una amplia distribución en regiones tropicales, subtropicales y bosque mesófilo de regiones templadas (Guzmán *et al.*, 1993, 1995; Nicholl y Petersen, 2000).

Sin considerar las diferencias en cepas y sustratos, se observó que cinco de las cepas de *P. djamor* (EB 116-178%) superaron la EB reportada por Gaitán-Hernández y Salmenes (1999) y Salmenes *et al.* (2004), para cruces seleccionadas y sus parentales de esta especie (62-123% y 73-114% de EB, respectivamente), pero fueron inferiores a las EB citadas por Valencia *et al.* (2001-2003) para la cepa denominada POROS (184.1-205.3%). Las 15 cepas restantes de *P. djamor* tuvieron una productividad semejante a la reportada en otros trabajos (Hernández-Ibarra *et al.*, 1995; Salmenes *et al.*, 1997).

Por otra parte, a pesar de la variabilidad en velocidad de crecimiento y eficiencia biológica entre las cepas de *P. pulmonarius*, la morfología y el color de los basidiomas fue muy similar entre ellas. El número reducido de recolectas

incluidas en este trabajo y las incongruencias ocasionadas por el uso exclusivo de caracteres morfológicos en la identificación de esta especie limitó el uso de los reportes bibliográficos, para describir su distribución geográfica en México.

Las mejores cepas *P. pulmonarius* alcanzaron eficiencias biológicas de 110-140%, coincidiendo con lo reportado por la literatura (Tabla 5) (Martínez-Carrera, 1988; Martínez-Carrera *et al.*, 1986). La única cepa de *P. ostreatus* (CFR) que incluyó la colección estudiada, tuvo una EB ligeramente inferior (74.6%) a la de los híbridos mejorados para fructificar a 27°C, que generaron Gaitán-Hernández y Salmenes en 2008 (EB 84.17%).

El análisis de las características de crecimiento y distribución de las especies de *Pleurotus*, sugiere que son necesarios dos programas de mejoramiento genético; uno basado en germoplasma nativo e introducido de las especies *P. ostreatus* y *P. pulmonarius*, que genere cepas para regiones de clima templado-frío y templado y otro basado en el germoplasma nativo de *P. djamor*, para producir cepas cultivables en regiones tropicales y subtropicales.

#### Literatura citada

- Corner, E.J.H., 1981. The agaric genera *Lentinus*, *Panus* and *Pleurotus* with particular reference to Malaysian species. *Beihefte zur Nova Hedwigia* 69: 1-169.
- 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.
- Eger G., S. Li, H. Leal-Lara, 1979. Contribution to the discussion on the species concept in the *Pleurotus ostreatus* complex. *Mycologia* 71: 577-588.
- Gaitán-Hernández, R., D. Salmenes, 1999. Análisis de la producción de cepas de *Pleurotus djamor*. *Revista Mexicana de Micología* 15: 115-118.
- Gaitán-Hernández, R., D. Salmenes, 2008. Obtaining and characterizing *Pleurotus ostreatus* strains for commercial cultivation under warm environmental conditions. *Scientia Horticulturae* 118: 106-110.
- Guzmán, G., L. Montoya, D. Salmenes, V. Bandala, 1993. Studies of the Genus *Pleurotus* (Basidiomycotina), II. *P. djamor* in Mexico and other Latin-American countries, taxonomic confusions, distribution and semi-industrial culture. *Criptogamic Botany* 3: 213-220.
- Guzmán, G., L. Montoya, G. Mata, D. Salmenes, 1994. Studies in the genus

- Pleurotus*, III. The varieties of *P. ostreatus* – complex based in interbreeding strains and in the study of basidiomata obtained in culture. *Mycotaxon* 50: 365-378.
- Guzmán, G., L. Montoya, V.M. Bandala, G. Mata, D. Salmenes, 1995. Studies in the genus *Pleurotus*, IV. Observations on the pink forms growing in Mexico based in the interbreeding of two different strains. *Mycotaxon* 53: 247-259.
- Hernández-Ibarra, H., J.E. Sánchez-Vázquez, L.A. Calvo-Bado, 1995. Estudio de 5 cepas nativas de *Pleurotus* spp de la región de Tapachula, Chiapas, México. *Revista Mexicana de Micología* 11: 29-38.
- Huerta, G., R. Vilgalys, D. Martínez-Carrera, José E. Sánchez, H. Leal-Lara, 2010. Genetic relationships between Mexican species of *Pleurotus* analyzing the ITS-region from rDNA. *Micología Aplicada Internacional* 22 (en prensa).
- Martínez-Carrera, D. 1988. Hibridación entre cepas de *Pleurotus ostreatus* de México y Guatemala. *Revista Mexicana de Micología* 4: 281-286.
- Martínez-Carrera, D., 2002. Current development of mushroom biotechnology in Latin America. *Micología Aplicada Internacional* 14: 61-74.
- Martínez-Carrera, D., A. Larqué-Saavedra, P. Morales, M. Sobal, 1992. ¿Reconversión en la industria de los hongos? *Tecnoindustria* 7: 52-59.
- Martínez-Carrera, D., M. Quirarte, C. Soto, D. Salmenes, G. Guzmán, 1984. Perspectivas sobre el cultivo de hongos comestibles en residuos agro-industriales en México. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* 19: 207-219.
- Martínez-Carrera, D., M. Sobal, M. Quirarte, 1986. Obtención y caracterización de híbridos de cepas mexicanas de *Pleurotus ostreatus*. *Revista Mexicana de Micología* 2: 227-238.
- Munsell soil color charts, 2000. *Munsell color*. GretagMacbeth, Nueva York.
- Nicholl, D.B.G., R.H. Petersen, 2000. Phenetic plasticity in *Pleurotus djamor*. *Mycotaxon* 76: 17-37.
- Petersen, R. H., 1995a. Contributions of mating studies to mushroom systematics. *Canadian Journal of Botany* 73: S831-S842.
- Petersen, R. H., 1995b. There's more to a mushroom than meets the eye: Mating studies in the Agaricals. *Mycologia* 87: 1-17.
- Petersen, R. H., K. W. Hughes, 1993. Intercontinental interbreeding collections of *Pleurotus pulmonarius*, with notes on *P. ostreatus* and other species. *Sydowia* 45: 139-152.
- Petersen, R. H., K. W. Hughes, 2006. Biological species in *Pleurotus*. <http://fp.bio.utk.edu/Mycology/Pleurotusisg.htm>
- Petersen, R. H., G.S. Ridley, 1996. A new Zealand *Pleurotus* with multiple-species sexual compatibility. *Mycologia* 88: 198-207.
- Salmenes, D., R. Gaitán-Hernández, R. Pérez, G. guzmán, 1997. Estudios sobre el género *Pleurotus* VII. Interacción entre el crecimiento micelital y productividad. *Revista Iberoamericana de Micología* 14: 173-176.
- Salmenes, D., L. Mestizo, R. Gaitán-Hernández, 2004. Entrecruzamiento y evaluación de la producción de las variedades de *Pleurotus djamor* (Fr.) Boedijn. *Revista Mexicana de Micología* 18: 21-26.
- Sánchez, J.E., 2001. Crecimiento y fructificación. In: Sánchez, J.E., D. Royce (eds.), *La biología y el cultivo de Pleurotus spp.* ECOSUR-LIMUSA. México. pp. 51-67.
- Sinclair, C.G., D. Cantero, 1989. Fermentation modelling. In: McNeil, B., L.M. Harvey (eds.), *Fermentation a practical approach*. IRL PRESS. Nueva York. pp. 65-112.
- Sobal, M., P. Morales, W. Martínez, D.N. Pegler, D. Martínez-Carrera, 1997. Cultivation of *Lentinus levis* in México. *Micología Neotropical Aplicada* 10: 63-71.
- Stalpers, J.A., 1978. Identification of wood inhabiting fungi in pure culture. *Studies in Mycology* 16: 1-248.
- StatSoft, Inc., 2003. STATISTICA (data analysis software system), Version 7. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com).
- Valencia, G., M.E. Garín, J. Jiménez, H. Leal-Lara, 2001-2003. Producción de cepas coloridas de *Pleurotus* spp. en sustrato estéril y pasteurizado. *Revista Mexicana de Micología* 17: 1-5.
- Vilgalys, R., A., Smith, B. Lin-Sun, 1993. Intersterility groups in the *Pleurotus ostreatus* complex from the continental United States and adjacent Canada. *Canadian Journal of Botany* 71: 113-128.
- Vilgalys, R., J.M. Moncalvo, S.R. Liou, M. Volovsek, 1996. Recent advances in molecular systematics of the genus *Pleurotus*. In: Royce, D.J. (ed.), *Mushroom Biology and Mushroom Products: proceedings of the second international conference*. Penn. State Univ. USA, June 9-12, pp. 91-101.
- Villa-Cruz, V.G., G. Huerta, J.E. Sánchez, 1999. Solid fermentation of a corn cob-coffee pulp mixture for the cultivation of *Pleurotus ostreatus*. *Micología Neotropical Aplicada* 11: 67-74.

