

Cultivo de *Pleurotus pulmonarius* sobre diversos subproductos agrícolas de Guerrero, México

Teodoro Bernabé-González, Maricela Cayetano-Catarino,
Arely Adán-Díaz, Miguel A. Torres-Pastrana

Unidad Académica de Ciencias Químico Biológicas, Universidad Autónoma de Guerrero.
Av. Lázaro Cárdenas s/n. Ciudad Universitaria, Chilpancingo, Gro. C.P. 39090

Pleurotus pulmonarius cultivation on different agricultural by-products from Guerrero, Mexico

Abstract. Mushroom production of a strain of *Pleurotus pulmonarius* was evaluated on jicama stubble (*Pachyrrhizus erosus*) fermented, on sun-dried jicama stubble and on mixtures of this substrate with corn stubble (*Zea mays*). Additionally the production was evaluated on mezcalero maguey bagasse (*Agave cupreata*) fermented and mixed with rice straw (*Oryza sativa*). On substrates mixed were observed the highest biological efficiencies reaching from 111.16 to 163.79%, production rate from 2.22 to 3.41% and period of production from 45 to 54 days.

Key words: Mushrooms cultivation, *Pleurotus pulmonarius*, *Pachyrrhizus erosus*, *Agave cupreata*, *Oryza sativa*.

Resumen. Se evaluó la producción de hongos de una cepa de *Pleurotus pulmonarius* en rastrojo de jícama (*Pachyrrhizus erosus*) fermentado, secado al sol y en mezclas de éste substrato con rastrojo de maíz (*Zea mays*). Adicionalmente, se evaluó la producción en bagazo de maguey mezcalero (*Agave cupreata*) fermentado y mezclado con paja de arroz (*Oryza sativa*). Las más altas eficiencias biológicas se obtuvieron en los substratos mezclados, con valores entre 111.16 a 163.79%, con tasas de producción de 2.22 a 3.41% y un período de producción de 45 a 54 días.

Palabras clave: Cultivo de hongos, *Pleurotus pulmonarius*, *Pachyrrhizus erosus*, *Agave cupreata*, *Oryza sativa*.

Received 26 November 2003; accepted 23 March 2004.

Recibido 26 de noviembre 2003; aceptado 23 marzo 2004.

Con base en los datos de producción agrícola en Guerrero [8], en 2001 se generaron 3500 t de rastrojo de la planta de jícama (*Pachyrrhizus erosus* L.) al cosechar la raíz que es el órgano comestible; 2000 t de bagazo de maguey mezcalero (*Agave cupreata* L.) por la producción de mezcal en donde la materia prima es el maguey; 1200 t de paja de arroz (*Oryza sativa* L.) al obtener el grano para consumo humano. Estos subproductos se utilizan en mínima parte como abono en las tierras de cultivo, pero generalmente se queman.

Autor para correspondencia: Teodoro Bernabé-González
teobernaglez@hotmail.com

Por lo anterior y como continuación de los trabajos realizados en Guerrero [1, 2], en el presente estudio se evaluó el potencial del rastrojo de jícama y bagazo de maguey mezcalero como substrato para el cultivo de una cepa de *Pleurotus*.

Se empleó la cepa IE-4 de *P. pulmonarius* (Fr.) Qué. l., donada por el Instituto de Ecología de Xalapa, Ver., la cual se propagó en agar con dextrosa y papa. El inóculo se preparó esterilizando granos de trigo (*Triticum aestivum* L.) (50% de humedad) durante 1 h a 121°C en frascos de vidrio de boca ancha; posteriormente se inocularon con la cepa y se

incubaron a 29°C durante dos semanas [6].

El rastrojo de jícama, rastrojo de maíz y paja de arroz, se cortaron con un machete en segmentos entre 3 y 8 cm de longitud. El rastrojo fresco de jícama y el bagazo de maguey recién desechado se fermentaron durante 7 días, para eliminar los azúcares y/o sustancias que inhiben el crecimiento micelial. Se hicieron por separado montones de 90 cm de altura (aproximadamente 100 kg en peso húmedo), agregando agua para alcanzar 80% de humedad; se cubrieron con un plástico y se removieron cada dos días [6, 14, 15]. Otra parte del rastrojo de jícama se deshidrató al sol durante tres días; se extendió en una planilla de cemento y una vez seco, se guardó en bolsas de plástico y se almacenó durante cuatro meses para determinar su posible uso como sustrato [13].

Los tratamientos fueron: 1) rastrojo de jícama seca, hidratado 2 h antes de utilizarse; 2) rastrojo de maíz; 3), 4) rastrojo de jícama seca + rastrojo de maíz (1:1 y 2:1 en peso seco); 5), 6), 7) rastrojo de jícama fermentado por 3, 5 y 7 días; 8) bagazo de maguey fermentado; 9) paja de arroz; 10) y 11) bagazo de maguey fermentado + paja de arroz (2:1 y 3:1 en peso húmedo). Los tratamientos 2) y 9) se incluyeron como

sustratos comparativos y se hidrataron durante 18 h antes de utilizarse.

Los sustratos se pasteurizaron sumergiéndolos en agua a 80°C durante 1 h. Posteriormente, se colocaron en bolsas de polietileno (50 x 70 cm) mezclados con el inóculo a razón de 4% con base en el peso húmedo de los sustratos. De los tratamientos del 1) al 7), se hicieron 5 réplicas de 5 kg de sustrato en peso húmedo. De los tratamientos del 8) al 11), se prepararon 10 réplicas de 4 kg de sustrato en peso húmedo. Todos permanecieron en oscuridad hasta la formación de primordios, con temperatura mínima de 22°C y máxima de 30°C. El riego fue manual con un aspersor durante 3 o 4 veces al día, manteniendo una humedad relativa de 70-75%. La iluminación fue natural y difusa, entre 11 y 12 h por día. Dentro del área de producción la temperatura mínima fue de 23.7°C y de 32.5°C como máxima. El período de producción osciló entre 45 y 66 días.

Se evaluó el número de días en que aparecieron los primordios, el número de cosechas, la eficiencia biológica (EB) (g de cuerpos fructíferos frescos/100 g de peso en base seca del sustrato) y la tasa de producción (TP) (eficiencia

Tabla 1. Formación de primordios a partir de la inoculación de la cepa de *Pleurotus pulmonarius* en los sustratos evaluados.

Tratamientos y sustratos	Formación de primordios (días) ± σ		
	1os.	2os.	3os.
1 Rastrojo de jícama seca (RJS)	30 ± 1.22	58 ± 1.22	0
2 Rastrojo de maíz (RM)	16 ± 1.0	32 ± 1.0	50 ± 1.58
3 Rastrojo de jícama seca + rastrojo de maíz (1:1) (RJS+RM 1:1)	19 ± 1.22	31 ± 1.22	41 ± 1.22
4 Rastrojo de jícama seca + rastrojo de maíz (2:1) (RJS+RM 2:1)	18 ± 1.78	34 ± 4.84	48 ± 1.58
5 Rastrojo de jícama, 3 días de fermentación (RJF3)	18 ± 1.0	28 ± 1.41	56 ± 1.78
6 Rastrojo de jícama, 5 días de fermentación (RJF5)	17 ± 1.0	29 ± 0.70	62 ± 2.73
7 Rastrojo de jícama, 7 días de fermentación (RJF7)	19 ± 1.22	32 ± 1.22	51 ± 1.41
8 Bagazo de maguey fermentado (BMF)	18 ± 1.19	32 ± 1.81	44 ± 3.09
9 Paja de arroz (PA)	21 ± 1.5	30 ± 1.78	42 ± 5.40
10 Bagazo de maguey fermentado + paja de arroz (2:1) (BMF+PA 2:1)	18 ± 1.70	33 ± 1.35	45 ± 1.89
11 Bagazo de maguey fermentado + paja de arroz (3:1) (BMF+PA 3:1)	18 ± 1.56	32 ± 1.85	43 ± 2.49

Tabla 2. Producción promedio de cuerpos fructíferos obtenidos con la cepa de *Pleurotus pulmonarius* en los sustratos estudiados.

SUBSTRATOS*	C O S E C H A S (g) y (%)			TOTAL g ± σ
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	
1 RJS	257 (56.5)	198 (43.5)	0	455 ± 152.39
2 RM	1095 (54.4)	655 (32.5)	265 (13.1)	2015 ± 292.38
3 RJS+RM 1:1	912 (53.5)	366 (21.5)	428 (25)	1706 ± 397.03
4 RJS+RM 2:1	747 (43.7)	503 (29.4)	460 (26.9)	1710 ± 185.10
5 RJF3	189 (56.4)	97 (29)	49 (14.6)	335 ± 116.05
6 RJF5	258 (56.3)	129 (28.2)	71 (15.5)	458 ± 180.37
7 RJF7	351 (59.3)	143 (24.2)	98 (16.5)	592 ± 93.78
8 BMF	355 (51.5)	202 (29.3)	132 (19.2)	689 ± 96.51
9 PA	591 (56.2)	201 (19.1)	260 (24.7)	1052 ± 201.76
10 BMF+PA 2:1	377 (37.9)	341 (34.2)	278 (27.9)	996 ± 119.40
11 BMF+PA 3:1	436 (42.3)	341 (33.1)	254 (24.6)	1031 ± 115.39

* La simbología corresponde a las abreviaturas en mayúsculas de los sustratos de la Tabla 1.

Tabla 3. Eficiencia biológica y tasa de producción de la cepa de *Pleurotus pulmonarius* cultivada sobre diferentes sustratos.

Substratos*	Peso en base seca (g)	Eficiencia Biológica (%) ± σ **	Días de producción	Tasa de producción (%) ± σ **
1 RJS	912	49.89 ± 16.6 ef	62	0.80 ± 0.01 f
2 RM	1308	154.05 ± 22.5 ab	54	2.85 ± 0.08 bc
3 RJS+RM 1:1	1110	153.69 ± 35.7 ab	45	3.41 ± 0.03 a
4 RJS+RM 2:1	1044	163.79 ± 17.7 a	52	3.15 ± 0.09 ab
5 RJF3	760	44.08 ± 15.2 f	60	0.73 ± 0.02 f
6 RJF5	756	60.58 ± 23.8 def	66	0.92 ± 0.03 f
7 RJF7	755	78.41 ± 12.4 d	55	1.42 ± 0.03 e
8 BMF	880	78.29 ± 10.9 d	49	1.60 ± 0.25 e
9 PA	800	131.50 ± 25.2 bc	47	2.79 ± 0.64 bc
10 BMF+PA 2:1	896	111.16 ± 13.3 c	50	2.22 ± 0.31 d
11 BMF+PA 3:1	860	119.88 ± 13.4 c	48	2.50 ± 0.21 cd

*La simbología corresponde a las abreviaturas en mayúsculas de los sustratos de la Tabla 1.

**Valores con diferentes letras en una misma columna, indican diferencias significativas para α = 0.05 con la prueba de Tukey.

biológica/días transcurridos desde la siembra hasta el último día de producción) [10]. A los datos obtenidos se les practicó un análisis de varianza completamente al azar y comparación de medias con la prueba de Tukey (= 0.05).

Los primeros primordios se presentaron entre los 16 y 30 días después de la inoculación (Tabla 1). Se evaluó hasta la tercera cosecha (las subsiguientes fueron inestables), excepto en el rastrojo de jícama seca que presentó dos cosechas. Los sustratos alcanzaron en las primeras dos

cosechas entre el 72 y el 87% de su producción total. El promedio de producción de cuerpos fructíferos, fluctuó entre 335 y 2015 g (Tabla 2).

Las EB más altas se obtuvieron en las mezclas de rastrojo de jícama + rastrojo de maíz (1:1 y 2:1) con 153.69 y 163.79% y con una TP de 3.41 y 3.15%, en un período de producción de 45 y 52 días, respectivamente. Estos sustratos son estadísticamente superiores y diferentes al resto. Sin embargo, las mezclas de bagazo de maguey + paja de arroz,

son bastante aceptables ya que superaron el 100% de EB [6]. El rastrojo de jícama con 3 y 7 días de fermentación, así como el rastrojo de jícama seca, presentaron las EB más bajas, por lo que, no se consideran buenos substratos (Tabla 3).

Al mezclar el rastrojo de maíz se evitó el efecto de la compresión del rastrojo de jícama y hubo suficientes espacios para la colonización del micelio. Al agregar paja de arroz al bagazo de maguey se aumentó la capacidad de retención de agua. Las mezclas igualaron significativamente la EB y producción total del rastrojo de maíz y de la paja de arroz.

La EB de las mezclas es similar a la obtenida con la cepa IE-4 sobre pulpa de café (138%) [16]. La EB del bagazo de maguey fermentado, coincide o supera a las obtenidas sobre bagazo de maguey tequilero sin fermentar [5] (60.2-64.7%) o con 5 días de fermentación y mezclado con paja de trigo [14] (96.4%) y fermentado por 40 días [15] (60-84%). La EB de la paja de arroz, fue similar a las obtenidas en paja de cebada [3, 4, 11] (59.0-125.2%, 24.47-123.29%, 56.5-133.4%) y fue superior a las obtenidas en paja de trigo [9] (20.6-74.2%). Las TP obtenidas coinciden o superan a las anteriormente registradas [4, 7, 12] (0.74-1.96%, 1.18-2.16%, 0.35-1.68%).

Los resultados indican la factibilidad de emplear el rastrojo de jícama seca y el bagazo de maguey fermentado, en mezclas con rastrojo de maíz y paja de arroz respectivamente, para la producción de hongos comestibles, en este caso para la cepa IE-4.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al Dr. Gastón Guzmán y al Dr. Gerardo Mata del Instituto de Ecología de Xalapa, Ver., por la revisión crítica al presente trabajo. También agradecen a las autoridades de la Universidad

Autónoma de Guerrero por las facilidades brindadas para la realización de las investigaciones.

Literatura citada

- Bernabé-González, T., J. M. Arzeta-Gómez, 1994. Cultivo de *Pleurotus ostreatus* sobre cáscara de cacahuete y hoja seca de maíz. Revista Mexicana de Micología 10: 15-20.
- Bernabé-González, T., R. Garzón-Mayo, 1995. Cultivo de *Pleurotus ostreatus* sobre paja de sorgo y cáscara de cacahuete. Revista Mexicana de Micología 11: 165-168.
- Gaitán-Hernández, R., D. Salmones, 1996. Cultivo y selección de cepas de *Pleurotus* spp. con alto rendimiento. Revista Mexicana de Micología 12: 107-113.
- Gaitán-Hernández, R., D. Salmones, 1999. Análisis de la producción de cepas de *Pleurotus djamor*. Revista Mexicana de Micología 15: 115-118.
- Guzmán-Dávalos, L., D. Martínez-Carrera, P. Morales, C. Soto, 1987. El cultivo de hongos comestibles (*Pleurotus*) sobre el bagazo del maguey de la industria tequilera. Revista Mexicana de Micología 3: 47-49.
- Guzmán, G., G. Mata, D. Salmones, C. Soto-Velazco, L. Guzmán-Dávalos, 1993. El cultivo de los hongos comestibles. Con especial atención a especies tropicales y subtropicales en esquilmos y residuos agro-industriales. Instituto Politécnico Nacional. México, D. F.
- 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.
- INEGI, 2001. Anuario Estadístico del Estado de Guerrero. Chilpancingo, Gro.
- Navarro, M., M. Sobal, L. Acosta-Urdapilleta, 1996. Estudio comparativo de algunos híbridos de *Pleurotus ostreatus* en Morelos, México. Micología Neotropical Aplicada 9:117-124.
- Royse, D. J., 1989. Factors influencing the production rate of shiitake. Mushroom Journal for the Tropics 9: 27-38.
- Salmones, D., G. Mata, G. Guzmán, M. Juárez, L. Montoya, 1995. Estudios sobre el género *Pleurotus*, V. Producción a nivel planta piloto de ocho cepas adscritas a cinco taxa. Revista Iberoamericana de Micología 12: 108-110.
- Salmones, D., R. Gaitán-Hernández, R. Pérez, G. Guzmán, 1997. Estudios sobre el género *Pleurotus* VIII: Interacción entre crecimiento micelial y productividad. Revista Iberoamericana de Micología 14: 173-176.
- Soto, C., D. Martínez-Carrera, P. Morales, M. Sóbál, 1987. La pulpa de café secada al sol, como una forma de almacenamiento para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*. Revista Mexicana de Micología 3: 133-136.
- Soto-Velazco, C., L. Guzmán-Dávalos, O. Rodríguez, 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.
- Soto-Velazco, C., L. Guzmán-Dávalos, L. Villaseñor, 1991. Substrates for cultivation of *Pleurotus* in Mexico, I. tequila maguey bagasse (Agave tequilana). Mushroom Journal for the Tropics 11: 29-33.
- Velázquez-Cedeño, M. A., G. Mata, J.-M. Savoie, 2002. Waste-reducing cultivation of *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus pulmonarius* on coffee pulp: changes in the production of some lignocellulolytic enzymes. World Journal of Microbiology & Biotechnology 18: 201-207.

