

Cultivo de *Volvariella volvacea* en residuos de la cosecha de plátano y paja de cebada

Agripino Julián Carlos
Dulce Salmones

Unidad de Micología, Instituto de Ecología, Apartado postal 63, Xalapa, Veracruz 91000, México

Cultivation of *Volvariella volvacea* on banana crop wastes and barley straw

Abstract. The cultivation of *Volvariella volvacea* strains on banana crop wastes and barley straw was studied for the obtaining of its fructifications under rustic conditions. Firstly, the mycelial growth *in vitro* of five strains of *V. volvacea* was evaluated in fresh and degraded pseudostem of banana, leaves of banana and barley straw. The strains IE-653 and IE-106 presented the greatest mycelial areas on degraded pseudostem of banana and barley straw, reaching averages between 62.9 and 60.1 cm² at 6 days of incubation. In production stage, a good mycelial growth on both strains was observed, although only IE-653 strain developed basidiomes, reaching biological efficiencies average of 25.6% on barley straw and 19.5% on pseudostem of banana. The results of the study demonstrated the feasibility of the cultivation of *V. volvacea* under rustic conditions in the tropical and subtropical areas of Mexico.

Key words: *Volvariella volvacea*, mushroom cultivation, banana crop residues, barley straw, mycelial growth.

Resumen. Se evaluó el desarrollo de cepas de *Volvariella volvacea* en residuos de la cosecha de plátano y paja de cebada, para la obtención de fructificaciones en condiciones rústicas. Inicialmente se comparó el crecimiento micelial *in vitro* de cinco cepas de *V. volvacea* sobre hojas y pseudotallo fresco y degradado de plátano y en paja de cebada. Las cepas IE-653 e IE-106 presentaron las mayores áreas miceliales en el pseudotallo degradado y la paja de cebada, alcanzando promedios de hasta 60.11 cm² y 62.94 cm² a los 6 días de incubación. En la etapa de producción, se observó buen crecimiento micelial del hongo, aunque sólo la cepa IE-653 produjo cuerpos fructíferos, alcanzando eficiencias biológicas promedio de 25.6% en la paja de cebada y de 19.5% en el pseudotallo de plátano. Los resultados demostraron la factibilidad de cultivar *V. volvacea* bajo condiciones rústicas en las áreas tropicales y subtropicales de México.

Palabras clave: *Volvariella volvacea*, cultivo de hongos, residuos de la cosecha del plátano, paja de cebada, crecimiento micelial.

Received 4 August 2006; accepted 13 October 2006.

Recibido 4 de agosto 2006; aceptado 13 de octubre 2006.

Introducción

Al género *Volvariella* se adscriben diversas especies de hongos comestibles que se cultivan comercialmente en el Sureste de Asia [7]. Estas especies, a diferencia de otras de

*Autor para correspondencia: Dulce Salmones
dulce.salmones@inecol.edu.mx*

interés comercial como *Agaricus bisporus* (Lange)Imbach, se puede desarrollar a temperaturas cálidas y al aire libre, por lo que representan una alternativa productiva para las regiones tropicales y subtropicales, considerándose su cultivo idóneo para las zonas rurales, ya que requieren bajos costos de inversión [14-16]. Entre las especies de *Volvariella* con

mayor importancia económica destaca *V. volvacea* (Bull. : Fr.) Sing., conocido comercialmente como “paddy straw mushroom” o “chinese mushroom”, cuyos cultivos aportan cerca del 6% de la producción mundial de hongos [7]. Para el cultivo comercial de *V. volvacea* se han utilizado materiales lignocelulósicos tan diversos como los desechos de algodón, la paja de arroz, lirio acuático, bagazo de caña de azúcar, desechos de coco, plátano y piña, entre otros [3,7,14-16,21].

En México, *V. volvacea* aún no es objeto de cultivo comercial, pero crece silvestre sobre diversos materiales agroindustriales parcialmente degradados, como los bagazos de caña de azúcar, henequén, maguey tequilero, pulpa de café y sobre troncos en descomposición de diferentes especies tropicales y subtropicales [10]. La población rural conoce a este hongo con los nombres de “pecho de gavilán”, “hongo del bagazo”, “hongo rosado”, “hongo del rastroy”, “hongo de la pulpa de café” [9] y “hongo del plátano” [20]. A nivel experimental se han obtenido sus fructificaciones en bagazo de henequén, paja de cebada y pulpa de café [5,18-19,22], pero a nivel rural no se tienen antecedentes del cultivo de esta especie.

Entre los sustratos disponibles para el cultivo de *V. volvacea* en el país, destacan los residuos generados del cultivo del plátano (*Musa paradisiaca*) L., como pseudotallo y hojas, 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, mayoritariamente en los Estados de Chiapas, Veracruz, Tabasco, Michoacán y Colima, entidades que aportan más del 80% de la producción nacional [4]. En estas regiones, de clima cálido y alta humedad ambiental, el aprovechamiento de estos residuos agrícolas para el cultivo de hongos tropicales podría ser factible, por lo que el objetivo del presente estudio fue evaluar el desarrollo de cepas de *V.*

volvacea en desechos del cultivo de plátano, determinando posibles diferencias entre los sustratos y las cepas empleadas, con la finalidad de seleccionar las condiciones más adecuadas para la producción de esta especie.

Materiales y métodos

Cepas y sustratos

Las cepas de *V. volvacea* empleadas en el estudio provienen de especímenes silvestres colectados en Cuba (IE-173), México (IE-106, IE-158 e IE-653) y Panamá (IE-279), y están depositadas en el Cepario de Hongos del Instituto de Ecología (Xalapa, México). Las cepas son mantenidas en medio de agar con extracto de malta (AEM) marca Bioxon, a temperatura ambiente.

Las hojas y pseudotallos frescos, así como los pseudotallos degradados de manera natural en las plantaciones plataneras, fueron colectados en la zona de Atzalan, Ver. 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. La paja de cebada (*Hordeum vulgare*) fue deshidratada y fragmentada de manera similar a los residuos de plátano.

Evaluación del desarrollo micelial de las cepas de *V. volvacea*

Para esta prueba los sustratos fueron hidratados hasta alcanzar 70% de humedad, siguiendo la metodología de Salmones *et al.* [19], y posteriormente fueron esterilizados a 121°C durante 1 h. Una cantidad equivalente a 4 g de cada sustrato deshidratado fue colocado en cajas de Petri de 90 mm de diam, inoculando cada muestra con una porción de Ø 0.5 cm de micelio de cada cepa con 7 días de crecimiento, cultivadas en AEM. Las muestras de incubaron a 28°C en la oscuridad. Se prepararon 5 réplicas por cada condición evaluada. Las mediciones de las áreas se realizaron a los 6 días de

incubación, mediante el trazo de la superficie ocupada por el micelio, calculado en un medidor de área foliar (LI-COR Mod. 3100). Los datos obtenidos de las áreas miceliales se procesaron en el programa Statistica, efectuando un análisis de varianza y posteriormente se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ($\alpha=0.05$) para comparar las medias de los tratamientos y determinar su significancia.

Producción de fructificaciones

La evaluación de la producción de fructificaciones se realizó en una planta rústica construida en la comunidad de Napoala, población del municipio de Atzalan, ubicado en la región centro norte del Estado de Veracruz, a una altura de 700 msnm. Esta región tiene un clima semicálido húmedo, imperando en el año días calurosos con más de 27°C y presentando un promedio de precipitación pluvial de 2000 a 2500 mm³, con una humedad relativa entre 75 a 80% [8].

La planta rústica consistió de un cobertizo de madera, con techo tipo capilla a dos aguas, de lámina de cartón y cerrada a media altura por una pared construida con tablonés; a partir de la media altura hacia el techo está cerrada con tela mosquitera y una cortina enrollable de plástico para invernadero. Las dimensiones de la planta son 7.5 m de largo X 3.8 m de ancho, las paredes laterales alcanzan 3 m de alto y la cumbre 3.5 m. La superficie total de la planta, 28.5 m², fue dividida en dos secciones, área de siembra (4 m²) y área de incubación y producción (24.5 m²). La estantería se elaboró con madera de bambúes.

El inóculo se preparó con pseudotallo degradado de plátano y paja de cebada, cortados en fragmentos de 3-5 cm de longitud, rehidratados (~70%) y fermentados aeróbicamente durante 5 días. Se colocaron 140 g (peso húmedo) de cada sustrato en bolsas de polipapel y se esterilizaron a 121°C/1 h. La siembra se realizó colocando una porción de Ø 1 cm de micelio de cada cepa sobre el sustrato. Las bolsas fueron incubadas a 28±1°C, bajo oscuridad, durante dos semanas.

Para la siembra de las cepas los sustratos fueron

tratados de manera similar a la elaboración del inóculo. Al terminar el proceso de fermentación, los materiales se colocaron en arpillas y se introdujeron 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. Posteriormente se procedió a la siembra, preparando muestras de 4.2 Kg (peso húmedo) de cada sustrato inoculados en una relación 1:10. Las muestras sembradas se incubaron a temperatura ambiente (25±4°C). En total se prepararon 7 réplicas por cada condición y cepa. Los datos de producción considerados fueron: peso fresco y número de hongos colectados, así como el número de cosechas alcanzadas. La productividad se expresó en términos de eficiencia biológica [21].

Resultados y discusión

Los resultados del análisis de Tukey ($\alpha=0.05$) efectuados a los promedios de crecimiento micelial alcanzados al sexto día de incubación, mostraron que la cepa IE-653 creciendo en pseudotallo degradado, así como la cepa IE-106 cultivada en paja de cebada y pseudotallo degradado presentaron los mayores diámetros miceliales, mostrando diferencias significativas con el resto de los tratamientos (Figura 1), ya que desarrollaron áreas de 62.9, 61.3 y 60.1 cm², respectivamente. Las cepas IE-279, IE158 e IE-173 en pseudotallo degradado, y las IE-173 e IE-203 en paja de cebada, presentaron promedios de áreas entre 46.7 y 32.7 cm². El resto de los tratamientos mostró un lento crecimiento, en promedio menor a 26.7 cm². Las cepas requirieron entre 6 a 18 días de incubación para cubrir el diámetro total de las cajas de Petri. El bajo crecimiento de las cepas en el pseudotallo fresco y las hojas de plátano podría deberse a la composición química de los materiales, ya *V. volvacea* es un hongo que prefiere sustratos parcialmente degradados y con alto

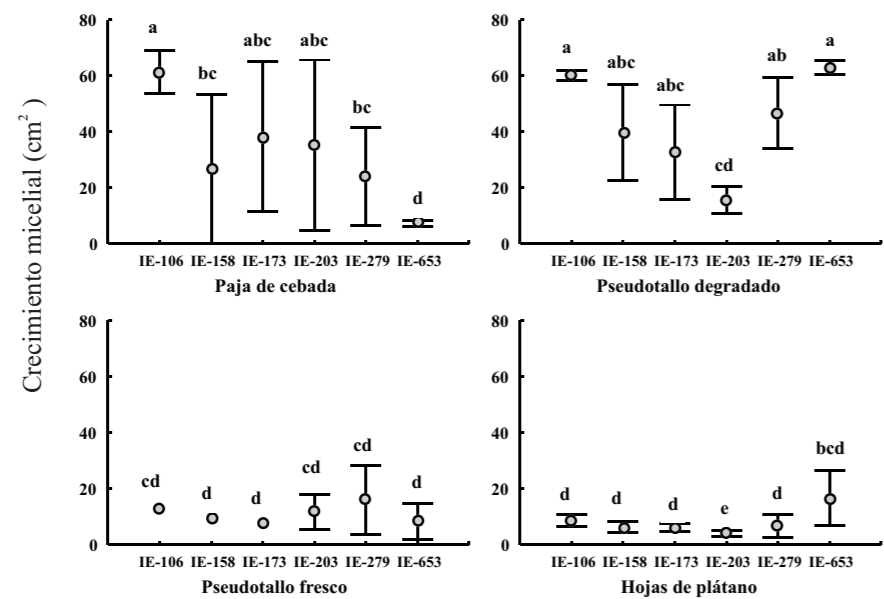


Figura 1. Comparación del crecimiento micelial de las cepas de *V. volvacea* en los diferentes sustratos evaluados, a los 6 días de incubación.

contenido de celulosa, en los que los azúcares solubles y otros compuestos de fácil asimilación hayan sido previamente utilizados por microorganismos descomponedores [2,6].

El análisis comparativo de medias entre los sustratos, mostró de manera general un mejor crecimiento en los sustratos pseudotallo degradado de plátano y paja de cebada, especialmente para las cepas IE-106 e IE-653, 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 16 días de incubación para cubrir los sustratos, observándose buen crecimiento micelial en todas las condiciones evaluadas. A los 24 días de incubación se presentaron primordios en 11 muestras de las cepas IE-653, requiriendo de 3 a 5 días más para alcanzar la etapa adulta, condición en que fueron cosechados. Las muestras correspondientes a la cepa IE-106 no desarrollaron fructificaciones. En total se cosecharon 24 hongos de la cepa IE-653 en las muestras de paja de cebada y 22 en el pseudotallo de plátano. Los tamaños de los píleos variaron de 4.7 a 7.5 cm en los residuos de plátano y de 5.1 a 10.2 cm en la paja de cebada. La eficiencia biológica promedio de la cepa

IE-653 en paja de cebada fue de 25.6% y en el pseudotallo de plátano de 19.5%, aunque cabe mencionar que una muestra en paja de cebada alcanzó una eficiencia biológica de 35.2% (Figura 2).

Durante el desarrollo del experimento se observó la formación de gran número de primordios, pero pocos lograron alcanzar la etapa adulta. Además, las condiciones rústicas del local favorecieron la presencia de los siguientes organismos contaminantes en los cultivos, *Trichoderma* sp., *Arcyria cinerea*, *Stemonitis axifera* y *Coprinus* sp., así como moscas del género *Lycoriella*. Estos organismos son frecuentemente encontrados en los cultivos comerciales de *V. volvacea* [11,13]

El promedio de la eficiencia biológica obtenida de la cepa IE-653 en paja de cebada (25.6%) corresponde a lo reportado por Vela y Martínez-Carrera [22], quienes obtuvieron una eficiencia biológica de hasta 29.3% en paja de cebada. Otros autores citan en sustratos similares, eficiencias biológicas de 8.4 a 28.3% en paja de arroz [7,14-16] y 33.8% en paja de cebada con pulpa de café [18]. En pseudotallo degradado de plátano, la eficiencia biológica obtenida (19.5%) es ligeramente superior al 10-15% alcanzado por



Figura 2. Fructificaciones de *V. volvacea* en pseudotallo de plátano y paja de cebada.

Quimio [15] en hojas de plátano sin pasteurizar, lo que muestra que el tratamiento térmico incidió sobre la productividad, al favorecer el crecimiento del hongo sobre otros microorganismos presentes de manera natural en los residuos evaluados.

Al comparar los resultados de los experimentos realizados en el laboratorio y la planta rústica, se observó que una gran variación de respuesta de las cepas a los sustratos. Así, la cepa IE-653 tuvo un escaso crecimiento micelial *in vitro* sobre paja de cebada, sin embargo, al ser cultivada en la planta rústica en el mismo sustrato, fue la que ofreció una mejor productividad. Ello pudo deberse a modificaciones en la estructura fisicoquímica del sustrato, ya que para la experimentación en el laboratorio se empleó paja de cebada estéril, mientras que para la segunda prueba el sustrato fue fermentado y pasteurizado, con lo que se logró un material selectivo, más adecuado para una rápida y eficiente colonización del sustrato [6,16].

Por otra parte, la incapacidad de la cepa IE-106 para producir cuerpos fructíferos bajo las condiciones rústicas evaluadas, pudo deberse a factores degenerativos de la misma, más que a factores ambientales o nutrimentales, ya que en un estudio previo se logró cultivarla en la paja de cebada, alcanzando una eficiencia biológica promedio de 14.18% [18]. Es interesante notar que los periodos de incubación en todas las condiciones evaluadas fueron

similares, lo que confirma que en *V. volvacea*, como en otras especies cultivadas, un rápido crecimiento micelial no está directamente relacionado con la productividad [12,17].

En conclusión, el cultivo de *V. volvacea* puede ser una alternativa de aprovechamiento de los residuos de la cosecha de plátano para proporcionar un alimento de aceptable valor nutrimental. Esta biotecnología podría adaptarse a las necesidades rurales mediante la conformación de grupos de producción o “sistemas rurales familiares” [1], pudiéndose guardar un equilibrio apropiado con las actividades agrícolas y extra-agrícolas, proporcionando ingresos, oportunidades de trabajo y alimento (ingesta de proteína) a la población rural. Sin embargo, para lograr esto, es necesario establecer u optimizar las técnicas de cultivo de esta especie.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al Instituto de Ecología, A. C., por el apoyo financiero para la realización de los experimentos. Un especial reconocimiento a la M. en C. Rosalía Pérez Merlo por su asistencia técnica y al Sr. Humberto Argüellos por las facilidades del terreno para la construcción de la planta rústica.

Literatura citada

1. Aguilar, A., D. Martínez-Carrera, A. Macías, M. Sánchez, L.I. de Bauer, A. Martínez, 2002. Fundamental trends in rural mushroom cultivation in Mexico and their significance for rural development. In: Sánchez, J.E., G. Huerta, E. Montiel (eds.), Mushroom biology and mushroom products, Proc. 4th Intern. Conf. Cuernavaca, México, pp. 421-431.
2. Ahlawat, O. P., K. Ahlawat, C. Indurani, B. Vijay, B. L. Dhar, 2004. Chemical composition and enzymatic activity of spent paddy straw and oyster mushroom substrates. Mushroom Science. 16: 553-558
3. Alicbusan, R.V., 1982. Cultivation of *Volvariella volvacea* in the Philippines. In: Chang, S.T., T. H. Quimio (eds.), Tropical mushrooms: biological nature and cultivation methods. The Chinese University Press. Hong Kong. Pp.253-265.
4. ASERCA, 1998. La producción de plátano en México, alcances y perspectivas. Claridades Agropecuarias 21: 3-18.

5. Ancona, L., D. Salmones, 1996. Uso del bagazo de henequén fermentado en el cultivo de *Volvariella volvacea*. Revista Mexicana de Micología 12: 115-117.
6. Buswell, A.J., Y.J. Cai, S.T. Chang, 1993. Fungal-and substrate-associated factors affecting the ability of individual mushroom species to utilize different lignocellulosic growth substrates. In: Chang, S.T., J. A. Buswell, S. W. Chiu (eds.), Mushroom biology and mushroom products. The Chinese University Press, Hong Kong. pp. 141-150.
7. Chang, S.T., P.G. Miles, 2004. Mushrooms: cultivation, nutritional value, medicinal effect and environmental impact. CRC Press. Boca Raton.
8. Enciclopedia municipal veracruzana, 1998. Gobierno del Estado de Veracruz, Xalapa.
9. Guzmán, G., 1997. Los nombres de los hongos y lo relacionado con ellos en América Latina. Instituto de Ecología. Xalapa, pp 111,117.
10. 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. IPN. México D.F., 245 p.
11. Pani, B.K., 2000. Fungal competitors of paddy straw mushroom (*Volvariella volvacea*) and their effect on yield during cultivation under natural climatic conditions. Mushroom Research 9: 47-49.
12. Pérez Merlo, R., G. Mata, 2005. Cultivo y selección de cepas de *Pleurotus ostreatus* y *P. pulmonarius* en viruta de pino: obtención de cepas y evaluación de su producción. Revista Mexicana de Micología 20: 53-59.
13. Pitakpaivan, P., W. Coobamroong, P. Sontirat, S. Tontyaporn, 1991. Study of the species of fungi associated with the cultivation of straw mushroom *Volvariella volvacea* (Bull. Ex Fr.) Sing. in Thailand. In: Maher (ed.), Science and cultivation of edible fungi. Balkema, Rotterdam. 13: 385-388.
14. Quimio, T.H., 1993. Indoor cultivation of the straw mushroom *Volvariella volvacea*. Mushroom Research 2: 97-90
15. Quimio, T.H., 2002. Updates on spawn production of *Volvariella volvacea*, the tropical straw mushroom. In: Sánchez, J.E., G. Huerta, E. Montiel (eds.), Mushroom biology and mushroom products, Proc. 4th Intern. Conf. UAEM, Cuernavaca, pp. 337-343.
16. Reyes, G. R., A.E. Abella, F. Eguchi, T. Iijima, M. Higaki, T.H. Quimio, 2004. Growing paddy straw mushroom. In: Mushroom grower's handbook 1; Oyster mushroom cultivation. Mushroom World. Seoul, pp. 262-269.
17. 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.
18. Salmones, D., G. Guzmán, 1994. Cámara para la obtención de fructificaciones del hongo comestible *Volvariella volvacea* en el laboratorio. Revista Mexicana de Micología 10: 193-198.
19. Salmones, D., K.N. Waliszewski, G. Guzmán, 1996. Use of some agro-industrial lignocellulose by products for edible mushroom *Volvariella volvacea* cultivation. Revista Internacional de Contaminación Ambiental 12 (2): 69-74.
20. Sánchez, J.E., G. Huerta, L. Calvo-Bado, 1997. The cultivation of edible fungi as a sustainable alternative in tropical regions. In: Palm, E.M., H.I. Chapela (eds.), Cultivation of edible fungi. Parkway Pub. Boone, pp. 227-237.
21. Stamets, P., 1993. Growing gourmet and medicinal mushrooms. Ten Speed Press. Hong Kong, pp. 343-350.
22. Vela, R., D. Martínez-Carrera, 1989. Cultivation of *Volvariella bakeri* and *V. volvacea* in Mexico: a comparative study. Mushroom Journal for the Tropics 9: 99-108.