

## Production of basidiomes of *Schizophyllum commune* (Fungi: Basidiomycota) in agricultural by-products of Tabasco, Mexico

### Producción de basidiomas de *Schizophyllum commune* (Fungi: Basidiomycota) en subproductos agrícolas de Tabasco, México

Carreño-Ruiz, Santa Dolores<sup>1</sup>, Cappello-García, Silvia<sup>1</sup>, Gaitán-Hernández, Rigoberto<sup>2\*</sup>, Torres-De la Cruz, Magdiel<sup>1</sup>, Gaspar-Génico José Ángel<sup>1</sup>, Rosique-Gil, José Edmundo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Villahermosa-Cárdenas km 0.5, desviación a Bosques de Saloya, Villahermosa, Tabasco, México, C.P. 86150. <sup>2</sup>Instituto de Ecología, A. C. Carretera antigua a Coatepec 351, El Haya, Xalapa, Veracruz, México, C.P. 91073.

\*Autor de correspondencia: [rigoberto.gaitan@inecol.mx](mailto:rigoberto.gaitan@inecol.mx)

#### ABSTRACT

**Objective:** the *in vitro* mycelial growth rate of *Schizophyllum commune* Fr. 1815 strains from Tabasco, Mexico and the production of basidiomas in different regional agricultural substrates was evaluated.

**Design/methodology/approach:** four strains were used: CCG003, CGG009, CCG010 and CGG13, and four substrates: cocoa peel (CP), banana leaves (BL), corn leaves (CL) and as a control, mulatto wood (MW). Based on the speed of growth, two strains and three substrates were selected to evaluate the basidiomas production in two types of containers: plastic bags and rectangular trays. Productivity was assessed based on Biological Efficiency (BE), Yield (Y) and Production Rate (PR).

**Results:** at 12 days of incubation, the highest mycelial growth rate was recorded in CP by CCG003 and CCG013 strains ( $51.6 \pm 22.1$ , and  $64.4 \pm 18.1$  mm d<sup>-1</sup>) and in HM and HP by CCG009 and CCG010 strains ( $86.9 \pm 17.8$ , and  $58 \pm 7.8$  mm d<sup>-1</sup>), compared to the control substrate (from  $117.2 \pm 7.4$  to  $120 \pm 0.0$  mm d<sup>-1</sup>). High production was recorded in the CC by the CCG009 strain, grown in bags, with BE of  $12.8 \pm 2.6\%$ , Y of  $4.1 \pm 0.8\%$  and PR of  $0.7 \pm 0.1\%$ . The production of *S. commune* was better in the bag than in the tray.

**Limitations on study/implications:** the low moisture retention of the substrate as well as the phenetic plasticity of the species significantly impact the production of basidiomas by inducing connate morphologies of a smaller size.

**Findings/conclusions:** this study represents an advance in the production of basidiomas of this important fungus, as a food alternative for the tropical regions of Mexico.

**Key words:** edible mushrooms, food agribusiness, agricultural by-products, tropical regions.

#### RESUMEN

**Objetivo:** se evaluó la tasa de crecimiento micelial *in vitro* de cepas de *Schizophyllum commune* Fr. 1815 de Tabasco, México y la producción de basidiomas en diferentes sustratos agrícolas regionales.

**Diseño/metodología/aproximación:** se utilizaron cuatro cepas: CCG003, CGG009, CCG010 y CGG13, y cuatro sustratos: cáscara de cacao (CC), hojas de plátano (HP), hojas de maíz (HM) y como testigo se utilizó palo mulato (PM). Con base en la velocidad de crecimiento, se seleccionaron dos cepas y tres sustratos para evaluar la producción de basidiomas en dos tipos de contenedores: bolsas plásticas y bandejas rectangulares. La productividad se



**Agroproductividad:** Vol. 13, Núm. 5, mayo. 2020. pp: 65-71.

**Recibido:** diciembre, 2019. **Aceptado:** abril, 2020.

evaluó mediante la Eficiencia Biológica (EB), el Rendimiento (R) y la Tasa de Producción (TP).

**Resultados:** a los 12 días de incubación, la mayor velocidad de crecimiento micelial se registró en CC por las cepas CCG003 y CCG013 ( $51.6 \pm 22.1$  y  $64.4 \pm 18.1$  mm d<sup>-1</sup>) y en la HM y HP por las cepas CCG009 y CCG010 ( $86.9 \pm 17.8$  y  $58 \pm 7.8$  mm d<sup>-1</sup>), en comparación con el sustrato testigo (de  $117.2 \pm 7.4$  a  $120 \pm 0$  mm d<sup>-1</sup>). La producción más alta se registró en la CC por la cepa CCG009 cultivada en bolsa, con una EB de  $12.8 \pm 2.6$  %, R de  $4.1 \pm 0.8$  % y TP de  $0.7 \pm 0.1$ . La producción de *S. commune* fue mejor en bolsa que en bandeja.

**Limitaciones del estudio/implicaciones:** la escasa retención de humedad del sustrato, así como la plasticidad fenética que presenta la especie, impactan significativamente la producción de los basidiomas al inducir morfologías connotadas de un tamaño menor.

**Hallazgos/conclusiones:** este estudio representa un avance en la producción de basidiomas de este importante hongo, como una alternativa alimenticia para las regiones tropicales de México.

**Palabras clave:** hongos comestibles, agroindustria alimentaria, subproductos agrícolas, regiones tropicales.

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el hongo comestible *Schizophyllum commune* Fr. 1815 se sugirió como una alternativa de producción de alimento en las regiones tropicales (Chandrawanshi *et al.*, 2017; Kamalebo *et al.*, 2018) con la posibilidad de aprovechar diferentes subproductos agrícolas para su cultivo (Royse, 2018; Tovar-Herrera, 2018).

Esta especie es de amplia distribución geográfica (Carreño-Ruiz *et al.*, 2010), se le ha encontrado en una gran cantidad de sustratos lignocelulósicos (Vázquez-Mendoza, 2013) y fructifica en altas temperaturas (Cappello García *et al.*, 2018). Así mismo, se consume por diversos grupos étnicos de Asia, África y América (México y Guatemala) (Boa, 2005; Moreno-Fuentes, 2014; Kamalebo *et al.*, 2018). En México se consume en seis Estados de la región Sur (Cappello García *et al.*, 2018). En Tabasco, México, su consumo y venta tradicional se encuentran reportados en Teapa y en Macuspana (Ruán-Soto y Cifuentes Blanco, 2011), donde la disponibilidad de los basidiomas depende de su recolecta en el medio silvestre en la temporada de lluvias.

Su cultivo experimental se ha reportado de 20 a 27 °C (Bran González *et al.*, 2009; Figlas *et al.*, 2014; Ediriweera *et al.*, 2015; Herawati *et al.*, 2016) en diferentes sustratos. Sin embargo, es importante señalar las condiciones ambientales extremas que se presentan en las regiones tropicales, con temperaturas mayores a los 40 °C, por lo que es necesario realizar las investigaciones pertinentes para seleccionar cepas y sustratos con capacidad de producción de basidiomas en dichas condiciones.

En Tabasco existen subproductos agrícolas con el potencial de utilizarse para el cultivo de *S. commune*, como la cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L. 1753), hojas de plátano (*Musa × paradisiaca* L., 1753) y hojas de maíz (*Zea mays*

L. 1753), con una producción anual en el Estado de 18 331 ton, 619 215 ton y 64 532 ton, respectivamente (SIAP, 2019).

El presente estudio tuvo el objetivo de evaluar el crecimiento micelial y la eficiencia de producción de basidiomas de cepas de *S. commune* nativas de Tabasco, México en algunos subproductos agrícolas regionales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se emplearon cuatro cepas de *S. commune* depositadas en el Cepario de Hongos Comestibles y Medicinales "Cappello García" de la División Académica de Ciencias Biológicas (Universidad Juárez Autónoma de Tabasco), con el registro CCG003, CCG009, CCG010 y CCG013, corroboradas taxonómicamente y molecularmente (Carreño Ruiz *et al.*, 2019). Se depositó una copia de la cepa CCG003, en el Cepario de Hongos del Instituto de Ecología, A.C. (INECOL, Xalapa, México) (World Data Centre for Microorganisms), registrada como IE-968. Así mismo, se emplearon cuatro sustratos: cáscara de cacao (CC) (*Theobroma cacao* L. 1753), hojas de plátano (HP) (*Musa × paradisiaca* L., 1753), hojas de maíz (HM) (*Zea mays* L. 1753) y palo mulato [*Bursera simaruba* (L.) Sarg. (1890)] (PM) como sustrato testigo.

### Evaluación del crecimiento micelial

Se preparó inóculo de cada una de las cepas en 100 g de semillas de maíz palomero. Inicialmente, las semillas se hidrataron por inmersión durante 12 h, se lavaron, se escurrió el exceso de humedad y se colocaron en frascos de vidrio de boca ancha, los cuales se esterilizaron durante 40 min a 121 °C. Después del enfriamiento, las semillas se inocularon con cada una de las

cepas a evaluar y se incubaron a  $35\pm 2$  °C en oscuridad durante 12 d (Gaitán-Hernández et al., 2006).

Cada sustrato se recolectó en fresco en diferentes áreas agrícolas de la región, se secó al sol durante tres días, se fragmentó en partículas de aproximadamente 1 cm de longitud, se hidrató por inmersión durante 12 h y posteriormente se escurrió el exceso de humedad hasta reducirlo a 70%. De manera independiente, a cada sustrato se le agregó cal  $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$  (0.1%) y yeso ( $\text{CaSO}_4$ ) (0.1%) y la mezcla se colocó en tubos de ensayo de 25×150 mm, a 120 mm del volumen del tubo a partir de la base. Los tubos se esterilizaron durante 40 min a 121 °C y en condiciones de asepsia se les agregó 1.0 g de inóculo previamente preparado y se taparon con algodón estéril, se rotularon con dos líneas longitudinales opuestas "A" y "B" y sobre éstas se midió el crecimiento del micelio durante 51 días de incubación a  $35\pm 2$  °C en completa oscuridad (Gaitán-Hernández y Salmones, 2015).

### Evaluación de la producción de los basidiomas de *S. commune*

Se preparó nuevamente inóculo como previamente se describió (Gaitán-Hernández et al., 2006). Los sustratos utilizados se fragmentaron a un tamaño de partícula de aproximadamente 2-3 cm de longitud. Éstos se sometieron a un tratamiento térmico en agua a 80 °C, dentro de un recipiente metálico de 200 L durante 1 h. Se escurrió el exceso de humedad hasta que cada sustrato tuvo un porcentaje de humedad de 70%.

### Proceso de siembra en bolsas

Por cada tratamiento, se prepararon cinco bolsas plásticas de 35×45

cm, con un kg del sustrato húmedo y 60 g de inóculo homogéneamente distribuido. Las bolsas se incubaron en oscuridad a  $38\pm 2$  °C y humedad relativa de 80%. A las 24 h de incubación, con ayuda de una navaja estéril, a cada bolsa se les hicieron 29 perforaciones en forma de "X" de 20×20 mm aproximadamente, y una vez que el micelio cubrió el sustrato, se expusieron a 12 h de luz y 12 h de oscuridad, se humedecieron continuamente mediante un sistema de riego y se registró una temperatura de  $38\pm 2$  °C y una humedad relativa de 80%, durante el periodo de producción.

### Proceso de siembra en bandejas

Por cada tratamiento se sembraron cinco bandejas (30×20×5 cm de largo, ancho y profundidad, respectivamente) con 1 kg de sustrato húmedo y 60 g de inóculo colocado en el fondo del contenedor. Las bandejas se cubrieron con una película plástica e incubaron en completa oscuridad a  $38\pm 2$  °C y una humedad relativa de 80%. A las 24 h de incubación, la cubierta plástica se perforó con 15 orificios lineales de 18 mm aproximadamente. Una vez que el micelio cubrió el sustrato, se retiró el plástico y se expusieron a 12 h luz y 12 h de oscuridad y se humedecieron continuamente mediante un sistema de riego; se registró la misma temperatura y humedad citadas previamente.

En la evaluación de ambas condiciones, se consideró el periodo de incubación, la aparición de primordios, tamaño de hongos, peso fresco y seco de los mismos, número de cosechas, temperatura ambiental y humedad relativa. En la producción de *S. commune* se consideró la Eficiencia Biológica  $[\text{EB} = \text{Peso fresco de los hongos cosechados (g)}/\text{Peso seco del sustrato (g)} \times 100]$ , Rendimiento  $[\text{R} = \text{Peso fresco de los hongos cosechados (g)}/\text{Peso húmedo del sustrato (g)} \times 100]$  y la Tasa de Producción  $(\text{TP} = \text{EB}/\text{tiempo transcurrido desde la inoculación hasta la última cosecha})$  (Gaitán-Hernández et al., 2006).

### Diseño experimental y análisis estadístico

Los valores de crecimiento micelial ( $\text{mm d}^{-1}$ ) se registraron en una matriz. Se les aplicó una ANOVA multifactorial y comparación de medias, de acuerdo a la prueba de rangos múltiples de Tukey ( $p < 0.05$ ). En total se evaluaron 16 tratamientos (4 cepas×4 sustratos×7 réplicas). Los valores de productividad se analizaron también con una ANOVA multifactorial y una comparación de medias (Tukey,  $p < 0.05$ ). En total se evaluaron 12 tratamientos (2 cepas×2 sistemas de cultivo×3 sustratos×5 réplicas). Todos los valores se analizaron con el programa Statistica versión 7.0.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Evaluación del crecimiento micelial

A los 12 d de incubación, las cuatro cepas mostraron la mayor velocidad de crecimiento micelial promedio en el sustrato testigo (PM), sin diferencias estadísticas entre ellas. Con respecto a los sustratos alternativos, las cepas CCG003 y CCG013, mostraron la mayor velocidad en CC, contrario a las cepas CCG009 y CCG010, con valores más altos de crecimiento en HM y HP, respectivamente (Cuadro 1). La tasa de crecimiento micelial promedio ( $\text{mm d}^{-1}$ ) de cada cepa se muestran en la Figura 1.

Previo a este estudio, Carreño Ruiz *et al.* (2014) registraron un resultado similar en la tasa de crecimiento micelial promedio diario de la cepa silvestre de la región CH-147 de *S. commune*, crecida en CC, con 9.7 mm d<sup>-1</sup>. Con esta prueba se evidencia la preferencia de las cepas por el PM, registrado como uno de los hospederos naturales de *S. commune* (Ruán-Soto *et al.*, 2004). Sin embargo, es importante considerar que el manejo de este sustrato no se considera factible debido a las implicaciones ecológicas y económicas que representa la extracción del árbol del medio natural, por lo que la CC y la HP constituyen alternativas viables dada su gran abundancia en la región.

**Evaluación de la producción de basidiomas de *S. commune***

Del experimento anterior se seleccionaron las cepas CCG009 y CCG013, así como tres sustratos, PM, CC y HP, para el cultivo y producción de basidiomas de la especie de estudio. La descripción del ciclo de cultivo y productividad de ambas cepas se muestra en el Cuadro 2. En el sistema de cultivo en bolsa, el periodo más corto de aparición de primordios fue de un día, en los tres sustratos evaluados y las dos cepas probadas. La primera cosecha en CC se registró a los cuatro días después del periodo de incubación, en ambas cepas. En CC también se obtuvieron más cosechas con la cepa CCG009 (Cuadro 2).

La duración total del ciclo de cultivo en ambos sistemas de cultivo varió de 26 a 27 d. Los valores son semejantes

**Cuadro 1.** Crecimiento micelial promedio de las cepas de *S. commune* a los doce días de incubación.

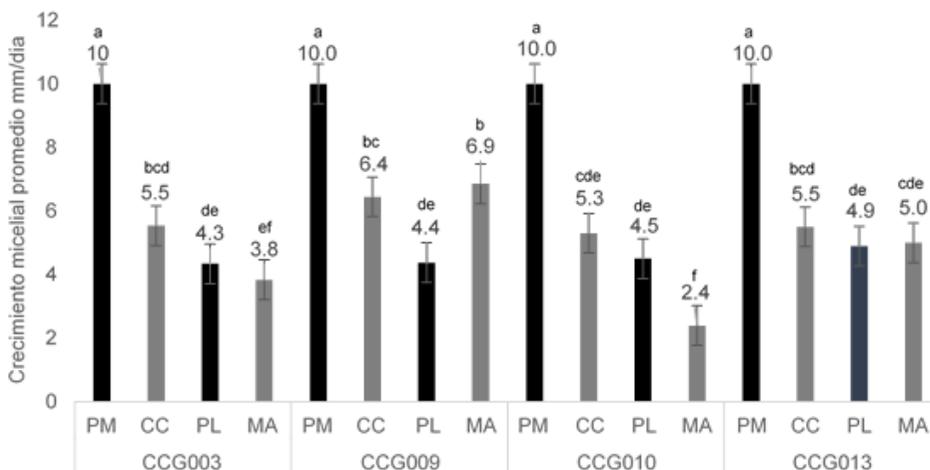
Sustrato	Cepas			
	CCG003	CCG009	CCG010	CCG013
PM	120±0.0 <sup>a</sup>	117.2±7.4 <sup>a</sup>	120±0.0 <sup>a</sup>	120±0.0 <sup>a</sup>
CC	51.6±22.1 <sup>de</sup>	78.8±13.3 <sup>bc</sup>	53±17.8 <sup>cde</sup>	64.4±18.1 <sup>bcd</sup>
HP	41.3±12.5 <sup>def</sup>	56.4±20.0 <sup>cd</sup>	58±7.8 <sup>cd</sup>	49.5±13.4 <sup>de</sup>
HM	28.4±15.1 <sup>ef</sup>	86.9±17.8 <sup>b</sup>	49.4±17.5 <sup>de</sup>	16.1±4.5 <sup>f</sup>

PM=palo mulato, CC=cáscara de cacao, HP=hoja de plátano, HM=hoja de maíz. Los valores son promedios ± desviación estándar. Los promedios que no tiene al menos una letra en común, para los sustratos y para las cepas son significativamente diferentes (Tukey, p<0.05).

a los registrados por Bran-González *et al.* (2009) y Herawatia *et al.* (2016), quienes reportaron ciclos de cultivo de 28 d en rastrojo de maíz y desechos de la palma de aceite, y difiere del cultivo con semillas de girasol, con ciclos de 31 a 36 d (Figlas *et al.*, 2014) y de 48 d en viruta de pino (Bran-González *et al.*, 2009).

La especie de hongo objeto de estudio, ofrece una ventaja al productor para obtener basidiomas cuatro días después de la incubación, periodo más corto que el reportado para otras especies tropicales como *Pleurotus djamor* (Fr.) Boedijn, con aparición de primordios hasta los 13 d después de la incubación, en sustratos como el rastrojo de maíz, bajo condiciones similares a las reportadas en este estudio (López-Coba *et al.*, 2005).

En cuanto a los índices de producción, el mayor valor de biomasa fresca se obtuvo con la cepa CCG009 cultivada en bolsas sobre CC (41.2±8.3), con diferencias estadísticas para el resto de los tratamientos. En general, este sustrato presentó los mayores valores de biomasa después de los registrados en el sustrato testigo (PM) (Cuadro 2). Sin embargo, se observó alta re-



**Figura 1.** Tasa de crecimiento micelial promedio de las cepas de *S. commune* en los sustratos evaluados.

Las columnas que no tienen al menos una letra en común son significativamente diferentes (Tukey, p<0.05).

**Cuadro 2.** Ciclo de cultivo y producción de basidiomas de *S. commune*, en los dos tipos de contenedores evaluados.

CEPA CCG009	Contenedor					
	Bolsa			Bandeja		
*Descripción del cultivo	PM	CC	HP	PM	CC	HP
Periodo de incubación (d)	9	9	9	9	9	9
Aparición de primordios (d)	1-2	<b>1</b>	1-2	2-3	2-3	2
Primera cosecha (d)	5	<b>4</b>	5	4	5	5
Cosechas (promedio)	5	<b>6</b>	4	5	3	3
Duración del ciclo de cultivo (d)	27	27	27	27	27	26
*Índices de producción						
Biomasa fresca promedio (g kg <sup>-1</sup> )	32.5±1.9 <sup>b</sup>	<b>41.2±8.3<sup>a</sup></b>	12.5±1.18 <sup>cde</sup>	<b>33.2±6.0<sup>ab</sup></b>	11.4±2.6 <sup>de</sup>	12.3±2.5 <sup>cde</sup>
Biomasa seca promedio (g kg <sup>-1</sup> )	11.4±1.4 <sup>a</sup>	<b>10.0±0.9<sup>a</sup></b>	4.0±0.6 <sup>bc</sup>	<b>10.2±1.0<sup>a</sup></b>	3.6±1.8 <sup>bc</sup>	3.4±1.2 <sup>bc</sup>
Eficiencia biológica (%)	<b>10.5±0.6<sup>a</sup></b>	<b>12.8±2.6<sup>a</sup></b>	7.1±0.7 <sup>b</sup>	<b>10.7±1.9<sup>a</sup></b>	3.5±0.8 <sup>cd</sup>	6.9±1.4 <sup>b</sup>
Rendimiento (%)	3.3±0.2 <sup>ab</sup>	<b>4.1±0.8<sup>a</sup></b>	1.3±0.1 <sup>cde</sup>	<b>3.3±0.6<sup>ab</sup></b>	1.1±0.3 <sup>de</sup>	1.2±0.2 <sup>cde</sup>
Tasa de producción (%)	0.6±0.0 <sup>a</sup>	<b>0.7±0.1<sup>a</sup></b>	0.4±0.0 <sup>b</sup>	<b>0.6±0.1<sup>a</sup></b>	0.2±0.0 <sup>d</sup>	0.4±0.1 <sup>b</sup>
CEPA CCG013	Contenedor					
	Bolsa			Bandeja		
*Descripción del cultivo	PM	CC	HP	PM	CC	HP
Periodo de incubación (d)	9	9	9	9	9	9
Aparición de primordios (d)	1-2	<b>1</b>	1-3	5	5-6	5
Primera cosecha (d)	4	<b>4</b>	6	4	6	4
Cosechas (promedio)	5	5	3	2	2	2
Duración del ciclo de cultivo (d)	27	27	26	26	27	27
*Índices de producción						
Biomasa fresca promedio (g kg <sup>-1</sup> )	<b>20.0±4.0<sup>c</sup></b>	15.9±2.7 <sup>cd</sup>	12.7±0.9 <sup>cde</sup>	8.8±3.9 <sup>def</sup>	6.3±4.0 <sup>ef</sup>	2.6±1.5 <sup>f</sup>
Biomasa seca promedio (g kg <sup>-1</sup> )	<b>5.4±0.6<sup>b</sup></b>	4.8±0.9 <sup>b</sup>	2.2±0.4 <sup>cd</sup>	2.1±0.5 <sup>cd</sup>	1.9±1.8 <sup>cd</sup>	0.7±0.6 <sup>d</sup>
Eficiencia biológica (%)	<b>6.4±1.3<sup>b</sup></b>	4.9±0.8 <sup>bc</sup>	7.2±0.5 <sup>b</sup>	2.8±1.3 <sup>cd</sup>	2.0±1.3 <sup>d</sup>	1.5±0.9 <sup>d</sup>
Rendimiento (%)	<b>2.0±0.4<sup>c</sup></b>	1.6±0.3 <sup>cd</sup>	1.3±0.1 <sup>cde</sup>	0.9±0.4 <sup>def</sup>	0.6±0.4 <sup>ef</sup>	0.3±0.2 <sup>f</sup>
Tasa de producción (%)	<b>0.4±0.1<sup>b</sup></b>	0.3±0.0 <sup>bc</sup>	0.4±0.0 <sup>b</sup>	0.2±0.1 <sup>cd</sup>	0.1±0.1 <sup>d</sup>	0.1±0.0 <sup>d</sup>

PM=palo mulato, CC=cáscara de cacao, HP=hoja de plátano. Los valores son promedios ± desviación estándar. Los promedios que no tienen al menos una letra en común en los índices de producción son significativamente diferentes (Tukey,  $p < 0.05$ ).

ducción en la biomasa seca, lo cual se atribuye a la morfología natural de la especie, debido a la presencia de la película vilosa en el píleo del basidioma, la cual retiene una buena cantidad de agua en condiciones húmedas y tiende a perderla con facilidad en ambientes secos (Carreño-Ruiz et al., 2019). Así mismo, los valores más altos de EB (12.8±2.6), R (4.1±0.8) y TP (0.7±0), se registraron en la CC en el cultivo en bolsa, con la cepa CCG009, sin diferencias estadísticas con la EB, R y TP de PM, tanto en bolsa como en bandejas, pero fueron estadís-

ticamente diferentes del resto de los tratamientos. En el otro sustrato alternativo de HP, la cepa CCG009 logró una EB de 7.1±0.7%, una R de 1.3±0.1% y una TP de 0.4±0.0% en el cultivo en bolsa, mientras que en bandeja presentó valores similares, sin diferencia significativa entre los tratamientos. En tanto que con la cepa CCG013 en HP, el sistema de cultivo en bolsa fue más eficiente (Cuadro 2).

Es importante señalar que estos resultados se encuentran dentro de los valores registrados previamente

en la producción de *S. commune*. Bran-González et al. (2009) reportaron una EB de 4.98% en viruta de pino suplementada con harina de trigo (*Triticum aestivum* L.), avena (*Avena sativa* L.) y CaCO<sub>3</sub> y de 5.5% en la caña y olote de maíz (50-50%). Por otra parte, los resultados aquí obtenidos, superan la EB de 3.73% obtenida en desechos del fruto de la palma de aceite suplementados con CaCO<sub>3</sub>, salvado de arroz (*Oryza sativa* L.) y almidón de tapioca (*Manihot esculenta* Crantz), reportada por Herawatia et al. (2016). Sin embargo, los valores son inferiores

a la EB de 40.7% a 48.3%, lograda en la cáscara de semillas de girasol (*Helianthus annuus* L.) solas y suplementadas con salvado de trigo, entre otros (Figlas *et al.*, 2014).

El cultivo de esta especie obedece a la dinámica de diferentes factores, primero, las cepas presentan diferentes capacidades o respuestas de producción, en este caso, la mejor producción se obtuvo con la CCG009, segundo, con esta misma cepa se obtuvieron resultados similares entre los tratamientos evaluados en un mismo sustrato y en ambos sistemas de siembra, mientras que, con la cepa CCG013 la producción fue mayor en bolsa que en bandejas.

Es importante considerar la capacidad de retención de humedad que tienen los diferentes sustratos, la cual tiende a mantenerse cuando se usan bolsas, en comparación con las bandejas, lo que influye en la producción. En el caso del estado de Tabasco, la temperatura ambiente anual oscila desde 36 hasta  $40 \pm 2$  °C, en los meses más calurosos, lo que afecta la humedad presente en los sustratos, debido a que, bajo estas condiciones tienden a perderla y en mayor medida si se utiliza el sistema en bandejas.

El sustrato de cáscara de cacao (CC) representa una alternativa viable para la producción de *S. commune*, aunque es importante continuar con las investigaciones al respecto, dada la plasticidad morfológica que presenta este hongo, lo cual propicia que en las bolsas se produzcan morfologías mayormente conadas, mientras que en las bandejas son flabeliformes, con tamaños de 3 a 8 mm y de 10 a 50 mm de diámetro, respectivamente, (Figura 2), lo cual condiciona la aceptación de esta especie por parte de los consumidores, quienes, en Tabasco refieren su preferencia por los hongos flabeliformes de mayor talla. La optimización de la producción de este cultivo podría lograrse al integrar los factores señalados y otras condicionantes tales como el mejoramiento genético de las cepas nativas y la elaboración de distintas formulaciones de sustratos con suplementos disponibles en la región.

## CONCLUSIÓN

*Schizophyllum commune* se desarrolla y fructifica en condiciones de alta temperatura y humedad, por lo que es un recurso viable para la producción de alimento en la región del trópico húmedo de México. Su crecimiento es rápido, se logra su primera cosecha incluso a los 4 d después del periodo de incubación, apto para producirse en



**Figura 2.** Morfología de los basidiomas de *S. commune* cultivados en cáscara de cacao: A) conados y B) flabeliformes (Fotografías: Santa D. Carreño Ruiz).

condiciones semicontroladas en instalaciones rústicas, con posibilidades de emprendimiento por parte de las comunidades rurales y en general, para el sector interesado en la producción de hongos, con requerimientos mínimos a un bajo costo. Este estudio, constituye la primera evaluación de crecimiento micelial de cepas nativas de *S. commune* en México y de su producción en sustratos agrícolas generados la región tropical.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), el apoyo otorgado por el proyecto CONACYT - FORDECYT 273647 y la beca número 443982 de la primera autora (443982).

## LITERATURA CITADA

- Boa, E. (2005). Los hongos comestibles silvestres. Italia: Food and Agriculture Organization.
- Bran-González, M. C., Morales-Esquivel, O. I., Flores-Arzú, R. E. & Cáceres-Staackmann, R. A. (2009). Caracterización y producción de cuerpos fructíferos de cepas nativas del hongo comestible Asam (*Schizophyllum commune* Fr.). Universidad de San Carlos, Guatemala.

- Cappello-García, S. (2018). Fruit body production of *Schizophyllum commune*. In Sánchez, J. E., Mata, G. & Royse, D. J. Ed. Updates on Tropical Mushrooms. Basic and applied research. Mexico: El Colegio de la Frontera Sur, 95-104.
- Carreño-Ruiz, S. D., Ávalos Lázaro, A. A., Cappello-García, S., Gaitán-Hernández, R., Chen, J., Guillen-Navarro, G. K., García-Fajardo, L. V., Jiménez-Pérez, N. C., Torres De la Cruz, M., Cifuentes-Blanco, J. & Cappello, R. E. (2019). New record of *Schizophyllum* (Schizophyllaceae) from Mexico and the confirmation of its edibility in the humid tropics. *Phytotaxa* 413 (2): 137–148. doi:10.11646/phytotaxa.413.2.3
- Carreño-Ruiz, S. D., Cappello-García, S., Gaitán-Hernández, R., Cifuentes-Blanco, J. & Rosique-Gil, J. E. (2014). Crecimiento de tres hongos comestibles tropicales en medios de cultivo y residuos agrícolas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5: 8, 1447-1458. doi: 10.29312/remexca.v5i8.822
- Chandrawanshi, N. K., Tandi, D. K., & Jadhav, S. K. (2017). Nutraceutical properties evaluation of *Schizophyllum commune*. *Indian Journal of Scientific Research*, 13 (2): 57-62.
- Ediriweera, S. S., Wijesundera, R. L. C., Nanayakkara, C. M. & Weerasena, O. V.D. S. J. (2015). Comparative study of growth and yield of edible mushrooms, *Schizophyllum commune* Fr., *Auricularia polytricha* (Mont.) Sacc. and *Lentinus squarrosulus* Mont. on lignocellulosic substrates. *Mycosphere* 6 (6): 760–765. doi: 10.5943/mycosphere/6/6/10
- Figlas, D., González-Matute, R., Delmastro, S. & Curvetto N. (2014). Sunflower seed hulls for log system cultivation of *Schizophyllum commune*. *Micología Aplicada Internacional*, 26: 2, 19-25.
- Gaitán-Hernández, R. & Salmones, D. (2015). Uso de residuos lignocelulósicos para optimizar la producción de inóculo y la formación de carpóforos del hongo comestible *Lentinula boryana*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6: 7, 1639-1652. doi: 10.29312/remexca.v6i7.556
- Gaitán-Hernández, R., Salmones, D., Pérez Merlo, R. & Mata, G. (2006). Manual práctico del cultivo de setas: aislamiento, siembra y producción. 1era. ed., 1a. reimp. México: Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, Veracruz.
- Herawati, E., Arung, E. T. & Amirta, R. (2016). Domestication and Nutrient Analysis of *Schizophyllum commune*. *Alternative Natural Food Sources in East Kalimantan*. *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 9: 291 – 296. doi: 10.1016/j.aaspro.2016.02.125
- Kamalebo, H. M., Wa Malale, H. N. S., Ndabaga, C. M., Degreef, J. & Kesel, A. D. (2018). Uses and importance of wild fungi: traditional knowledge from the Tshopo province in the Democratic Republic of the Congo. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 14 (13), 1-12. doi: 10.1186/s13002-017-0203-6
- López-Cobá, E. H., 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. doi: 10.33885/sf.2005.3.962
- Moreno-Fuentes, A. (2014). Un recurso alimentario de los grupos originarios y mestizos de México: los hongos silvestres. *Anales de Antropología*, 48: 1, 241-272. doi: 10.1016/S0185-1225(14)70496-5
- Royse, D. J. (2018). Importance and potential of tropical mushrooms. In Sánchez, J. E., Mata, G. y Royse, D. J. Ed. Updates on Tropical Mushrooms. Basic and applied research. Mexico: El Colegio de la Frontera Sur, 17-24.
- Ruán-Soto, F., Garibay-Orijel, R. & Cifuentes-Blanco J. (2004). Conocimiento micológico tradicional en la planicie costera del Golfo de México. *Revista Mexicana de Micología*, 19: 57-70. doi: 10.33885/sf.2004.3.926
- Ruan-Soto, F. & Cifuentes-Blanco, J. (2011) Notas etnomicológicas del poblado de Teapa, Tabasco, *In: Educación Ambiental para la conservación de la biodiversidad*. López-Hernández ES (ed). El Colegio de Investigadores de Tabasco, A. C.-UJAT, México, 249-256.
- Tovar-Herrera, O. E., Martha-Paz, A. M., Pérez-Llano, Y., Aranda, E., Tacoronte-Morales, J. E., Pedroso-Cabrera, M. T., Arévalo-Niño, K., Folch-Mallo, J. L. & Batista-García, R. A. (2018). *Schizophyllum commune*: An unexploited source for lignocellulose degrading enzymes. *MicrobiologyOpen*, 7:e637: 1-13. doi: 10.1002/mbo3.637
- Vázquez-Mendoza, S. (2013). Nuevo hospedero del hongo *Schizophyllum commune* en América. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84: 661-663. doi: 10.7550/rmb.31611

