

## Crecimiento de tres hongos comestibles tropicales en medios de cultivo y residuos agrícolas\*

### Growth of three tropical edible fungi in culture mediums and agricultural waste

Santa Dolores Carreño-Ruiz<sup>1</sup>, Silvia Cappello-García<sup>1</sup>, Rigoberto Gaitán-Hernández<sup>2,3</sup>, Joaquín Cifuentes-Blanco<sup>3</sup> y Edmundo Rosique-Gil<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Villahermosa-Cárdenas, Villahermosa, Tabasco, km 0.5. Tel: 01 993 3 54 43 08. (lasanta456@hotmail.com; cappellologs@hotmail.com; erosique@hotmail.com). <sup>2</sup>Instituto de Ecología, A. C. Carretera antigua a Coatepec # 351. El Haya, Xalapa, Veracruz. C. P. 91070. Tel: 01 228 8 42 18 30. (rigoberto.gaitan@inecol.mx). <sup>3</sup>Herbario FCME, Sección de hongos, Facultad de Ciencias, UNAM Tel: 0155 56 22 49 08. (jcb@hp.fcencias.unam.mx). <sup>4</sup>Autora para correspondencia: rigoberto.gaitan@inecol.mx.

## Resumen

Con el objetivo de preservar y manipular adecuadamente cepas de hongos comestibles nativos de Tabasco, México e identificar residuos agrícolas que puedan ser adoptados como sustratos potenciales de fructificación, durante los años 2012 y 2013 se evaluó y caracterizó el crecimiento micelial *in vitro* de *Auricularia fuscusuccinea*, *Oudemansiella canarii* y *Schizophyllum commune*, en dos medios de cultivo: papa dextrosa agar (PDA) y extracto de malta agar (EMA). Simultáneamente, se utilizaron cuatro sustratos agrícolas para evaluar el crecimiento micelial en cada desecho, solo y en combinación (1:1): fibra de coco (*Cocos nucifera*), cáscaras de cacao (*Theobroma cacao*), hojas de plátano (*Musa paradisiaca*) y aserrín de cedro (*Cedrela odorata*). Se probaron dos temperaturas de incubación, 26 y 30 °C. *A. fuscusuccinea* y *S. commune* crecieron de manera óptima en PDA a 26 °C (6.88 mm d<sup>-1</sup>) y 30 °C (9.12 mm d<sup>-1</sup>), respectivamente; mientras que *O. canarii* se favoreció en EMA a 26 °C (9.14 mm d<sup>-1</sup>). Asimismo, *A. fuscusuccinea* obtuvo el mayor crecimiento en la hojas de plátano (6 mm d<sup>-1</sup>) y *O. canarii* en fibra de coco y cáscara de cacao (5.98 mm d<sup>-1</sup>), lo cual resultó ser estadísticamente similar al resto de los sustratos, excepto aserrín de cedro. *S. commune* se desarrolló favorable en la combinación coco-cacao (9.99

## Abstract

In order to preserve and properly manipulate the strains of native edible mushrooms of Tabasco, Mexico and identify agricultural waste that can be adopted as potential substrates for fruiting, during the years 2012 and 2013 was evaluated and characterized the mycelial growth *in vitro* of *Auricularia fuscusuccinea*, *Oudemansiella canarii* and *Schizophyllum commune*, in two culture mediums: potato dextrose agar (PDA) and malt extract agar (MEA). Simultaneously, four agricultural substrates were used to evaluate mycelial growth in each waste, alone and in combination (1:1): coir (*Cocos nucifera*), shells of cacao (*Theobroma cacao*), banana leaves (*Musa paradisiaca*) and sawdust from cedar (*Cedrela odorata*). Two incubation temperatures 26 and 30 °C were tested. *A. fuscusuccinea* and *S. commune* grew optimally in PDA at 26 °C (6.88 mm d<sup>-1</sup>) and 30 °C (9.12 mm d<sup>-1</sup>), respectively; while *O. canarii* was favored in MEA at 26 °C (9.14 mm d<sup>-1</sup>). Also, *A. fuscusuccinea* had the highest growth in banana leaves (6 mm d<sup>-1</sup>) and *O. canarii* coconut fiber and cocoa shell (5.98 mm d<sup>-1</sup>), which was statistically similar to the other substrates, except cedar sawdust. *S. commune* developed favourably in the coco-cacao combination (9.99 mm d<sup>-1</sup>), with no statistical difference with the other substrates except cedar sawdust. Is reported for the first

\* Recibido: febrero de 2014  
Aceptado: agosto de 2014

mm d<sup>-1</sup>), sin diferencia estadística con los otros sustratos, excepto aserrín de cedro. Se reporta por primera vez el uso de dichos sustratos para evaluar el potencial de desarrollo de estas especies, mismas que representan recursos fúngicos de vital importancia para las zonas tropicales.

**Palabras clave:** *Auricularia fuscusuccinea*, *Cedrela odorata*, *Cocos nucifera*, *Musa paradisiaca*, *Oudemansiella canarii*, *Schizophyllum commune*, *Theobroma cacao*, residuos agrícolas.

## Introducción

En Tabasco, México se han reportado alrededor de 54 especies de hongos comestibles y medicinales, entre ellas *Auricularia fuscusuccinea*, *Oudemansiella canarii* y *Schizophyllum commune*, las cuales se reconocen por sus propiedades nutraceuticas, medicinales y su valor comercial en distintas zonas tropicales de Brasil (Silveira-Ruegger *et al.*, 2001), Colombia (Bolaños y Soto-Medina, 2011), Guatemala (Bran-González *et al.*, 2009), Japón (Pauli, 2000), Panamá (Guzmán y Piepenbring, 2011) y México (Oaxaca, Chiapas, Veracruz y Tabasco) (Ruan-Soto *et al.*, 2004; Cappello, 2006).

*Auricularia* es un hongo ampliamente aceptado por su comestibilidad (Castillejos-Puón *et al.*, 1996), posee propiedades antitumorales, cardiovasculares, hipocolesterolémicas, antivirales, antibacterianas y antiparasitarias (Wasser y Weis, 1999), mientras que *Oudemansiella* se consume en todo el mundo, donde la gente los recolecta de su medio natural (Magingo *et al.*, 2004) y se ha valorado por los componentes de su biomasa como proteínas, fósforo, potasio y zinc (Silveira-Ruegger *et al.*, 2001). Por su parte, *S. commune* tiene múltiples usos (Vázquez-Mendoza, 2013); se consume en el sureste mexicano, incluyendo el municipio de Teapa, Tabasco (Ruan-Soto y Cifuentes-Blanco, 2011), además de comercializarse en mercados locales durante la temporada de fructificación. Tiene propiedades antibióticas, antitumorales, antioxidantes, anticancerígenas y se emplea contra la leucorrea (Hobbs, 2005; Adejoye *et al.*, 2007; Calongue, 2011; Vázquez-Mendoza, 2012).

Los estudios sobre el manejo y preservación de las cepas de dichas especies así como de su potencial biotecnológico son escasos, destacan los de Silveira-Ruegger *et al.* (2001),

time the use of such substrates to assess the development potential of these species, representing fungal resources of vital importance for the tropics.

**Keywords:** *Auricularia fuscusuccinea*, *Cedrela odorata*, *Cocos nucifera*, *Musa paradisiaca*, *Oudemansiella canarii*, *Schizophyllum commune*, *Theobroma cacao*, agricultural waste.

## Introduction

In Tabasco, Mexico has reported around 54 species of edible and medicinal mushrooms, including *Auricularia fuscusuccinea*, *Oudemansiella canarii* and *Schizophyllum commune*, which are recognized for their nutraceutical properties, medicinal and commercial value in various tropical areas of Brazil (Silveira-Ruegger *et al.*, 2001), Colombia (Bolaños and Soto-Medina, 2011), Guatemala (Bran-González *et al.*, 2009), Japan (Pauli, 2000), Panama (Guzmán and Piepenbring, 2011) and Mexico (Oaxaca, Chiapas, Veracruz and Tabasco) (Ruan-Soto *et al.*, 2004; Cappello, 2006).

*Auricularia* is a fungus widely accepted (Castillejos-Puón *et al.*, 1996), it has antitumor, cardiovascular, hypocholesterolemic, antiviral, antibacterial and antiparasitic properties (Wasser and Weis, 1999), while *Oudemansiella* is consumed worldwide, where people gather them from the wild (Magingo *et al.*, 2004) and has been valued for its biomass components such as protein, phosphorus, potassium and zinc (Silveira-Ruegger *et al.*, 2001). Meanwhile, *S. commune* has multiple uses (Vázquez-Mendoza, 2013); It is consumed in the Mexican southeast, including the town of Teapa, Tabasco (Ruan-Soto and Cifuentes-Blanco, 2011), in addition to selling in local markets during the fruiting season. It has antibiotic, anti-tumor, antioxidant, anti-cancer properties and is used against leucorrhoea (Hobbs, 2005; Adejoye *et al.*, 2007; Calongue, 2011; Vázquez-Mendoza, 2012).

Studies on the management and preservation of strains of these species and their biotechnological potential are scarce; Silveira-Ruegger *et al.* (2001), cultivated *O. canarii* on lignocellulosic substrates in Brazil. Bran-González *et al.* (2009) worked on the characterization and production of fruiting bodies of native strains of *S. commune* in Guatemala and Mexico; Calvo-Bado *et al.* (1995 and

quienes cultivaron *O. canarii* en sustratos lignocelulósicos en Brasil. Bran-González *et al.* (2009) trabajaron la caracterización y producción de cuerpos fructíferos de cepas nativas de *S. commune* en Guatemala y en México; Calvo-Bado *et al.* (1995 y 1996), Castillejos-Puón *et al.* (1996) y Nieto-López y Sánchez-Vázquez (1997) evaluaron el crecimiento micelial de cepas de *A. fuscusuccinea* en medios de cultivo y en sustratos agrícolas del Soconusco, Chiapas.

Buscando una alternativa que promueva la conservación de estos recursos y obedezca a la demanda de alimentos, salud y equilibrio ecológico, en el periodo 2012-2013, se inició la recolecta de hongos comestibles nativos de Tabasco y el aislamiento de cepas. El objetivo del presente estudio fue evaluar *in vitro* el crecimiento micelial de tres especies de hongos nativos de Tabasco, México, en dos medios de cultivo a dos temperaturas de incubación, con el propósito de identificar las condiciones adecuadas para su desarrollo y preservación, así como el uso de sustratos agrícolas, únicos y en combinación, para determinar aquellos que puedan ser adoptados como sustratos de fructificación.

## Materiales y métodos

### Material de estudio

Las cepas se obtuvieron de ejemplares frescos de *A. fuscusuccinea*, *O. canarii*, y *S. commune*, recolectados en el “Parque Estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco”, siguiendo la metodología de Gaitán-Hernández *et al.* (2006). Dichas cepas forman parte del Cepario del Laboratorio de Micología de la División Académica de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco y se registraron como CH-145, CH-146 y CH-147, respectivamente. Una copia de cada cepa también se depositó en el Cepario de Hongos del Instituto de Ecología, A. C. (INECOL, Xalapa, México) (World Data Centre for Microorganisms), donde se registraron como IE-970, IE-969 e IE-968, respectivamente.

### Identificación taxonómica

Las especies se describieron macroscópicamente con las técnicas básicas de micología y posteriormente se herborizaron (Cappello, 2006). Para determinar el color de los basidiomas en fresco se utilizó la guía de colores de Küppers (1996). La identificación de los taxa se realizó

1996), Puón-Castillejos *et al.* (1996) and Nieto-López and Sánchez-Vázquez (1997) evaluated the mycelial growth of strains of *A. fuscusuccinea* in culture mediums and agricultural substrates in Soconusco, Chiapas.

Looking for an alternative that promotes the conservation of these resources and arises from the demand of food, health and ecological balance in the period 2012-2013, we began the collection of edible mushrooms native of Tabasco and isolation of strains. The aim of this study was to evaluate *in vitro* the mycelial growth of three species of native fungi of Tabasco, Mexico, in two culture mediums at two temperatures of incubation, with the aim of identifying suitable for development and preservation conditions and agricultural use, unique substrates and in combination, to determine those that may be adopted as substrates for fruiting.

## Materials and methods

### Study material

The strains were obtained from fresh specimens of *A. fuscusuccinea*, *O. canarii* and *S. commune*, collected in “Agua Blanca State Park, Macuspana”, following the methodology of Gaitán-Hernández *et al.* (2006). These strains are part of the culture collection of the Mycology Laboratory of the Academic Division of Biological Sciences, Autonomous University Juárez of Tabasco and recorded as CH-145, CH-146 and CH-147, respectively. A copy of each strain was also deposited in the culture collection of Fungi Institute of Ecology (INECOL, Xalapa, Mexico) (World Data Centre for Microorganisms), where they were recorded as IE-970, IE-969 and IE-968, respectively.

### Taxonomic identification

The species were described macroscopically with the basic techniques of mycology and then herborized (Cappello, 2006). The guide of Küppers (1996) was used to determine the colour of fresh basidiomata. The identification of taxa was performed at specialized keys (Guzmán, 2003; Mata *et al.*, 2003; Musngi *et al.*, 2005; Cappello, 2006; Petersen *et al.*, 2008; Guzmán and Piepenbring, 2011; Montoya-Álvarez *et al.*, 2011). We observed microscopic structures from preparations with alcohol, KOH at 5% and Congo Red in

consultando claves especializadas (Guzmán, 2003; Mata *et al.*, 2003; Musngi *et al.*, 2005; Cappello, 2006; Petersen *et al.*, 2008; Guzmán y Piepenbring, 2011; Montoya-Álvarez *et al.*, 2011). Se observaron las estructuras microscópicas a partir de preparaciones con alcohol, KOH al 5% y Rojo Congo en un microscopio Axiostar plus (Carl Zeiss). El material se registró en una base de datos y se incorporó a la colección de hongos del Herbario UJAT.

### **Caracterización del crecimiento micelial de las cepas en medios de cultivo**

Se emplearon dos medios de cultivo estéril: papa dextrosa agar (PDA) (BIOXON, EUA) y Extracto de Malta Agar (EMA) (BIOXON, EUA), vertidos (25 mL) en cajas de Petri de 84 mm de diámetro x 15 mm de altura. En cada caja se colocó en el centro un inóculo (1 cm<sup>2</sup>) de 12 días de crecimiento, de cada una de las cepas evaluadas, haciendo un total de 60 muestras (3 cepas x 2 medios x 2 temperaturas x 5 réplicas). Las cajas inoculadas se incubaron a 26 y 30 °C en una incubadora Felisa Modelo FE-133, en completa oscuridad. Para estimar la tasa de crecimiento ( $K_t$ ), se calculó con la función de crecimiento lineal  $y = k_t x + c$  (donde  $y$  es la distancia,  $x$  es el tiempo y  $c$  el factor constante) y se expresó en milímetros por día (mm d<sup>-1</sup>) (Zervakis *et al.*, 2001). Se trazaron 2 ejes cartesianos sobre la tapa de la caja, tomando como intersección el centro del implante; sobre dichos ejes se midió el crecimiento del micelio cada tercer día (Gaitán-Hernández, 2005). Al final del periodo de incubación (de 9 a 15 días dependiendo de la especie), se realizó la caracterización morfológica de las mismas, con base a color, textura y densidad del micelio, con las claves de Koppers (1996), Stalpers (1978) y Gaitán-Hernández (2000), respectivamente. Los diámetros de crecimiento micelial promedio alcanzados por las cepas, se registraron en una matriz de datos con los valores del crecimiento micelial promedio por día (mm d<sup>-1</sup>) y los resultados se analizaron con un ANOVA multifactorial y las diferencias entre las medias de los tratamientos fueron identificadas usando la prueba de rango múltiple de Duncan, con 95% de confianza ( $p < 0.05$ ). Para ello se usó el programa Statistica Versión 7.0.

### **Evaluación del crecimiento micelial de las cepas en residuos agrícolas**

Se preparó inóculo de cada una de las cepas en semillas de maíz palomero (*Zea mays* L. var. *everta*). Se colocaron 500 g de semillas, previamente hidratadas por inmersión durante 12 h, lavadas y escurridas, en frascos de vidrio de boca ancha y tapa de rosca, éstos se esterilizaron durante 40 min a 121 °C.

a microscope Axiostar plus (Carl Zeiss). The material was recorded in a database and joined the collection of fungi of the Herbarium UJAT.

### **Characterization of mycelial growth of the strains in culture mediums**

Two mediums of sterile culture were used: potato dextrose agar (PDA) (Bioxon, USA) and Malt Extract Agar (MEA) (Bioxon, USA), discharged (25 mL) in Petri dishes of 84 mm diameter x 15 mm high. Each dish was placed in the center of an inoculum (1 cm<sup>2</sup>) 12 days of growth, each of the strains tested, making a total of 60 samples (3 strains x 2 mediums x 2 temperatures x 5 replicates). The inoculated dishes were incubated at 26 and 30 °C in an incubator Felisa Model FE-133, in complete darkness. To estimate the growth rate ( $K_t$ ), was calculated with the function of linear growth  $y = k_t x + c$  (where  $y$  is the distance,  $x$  is the time and  $c$  the constant factor) and expressed in millimeters per day (mm d<sup>-1</sup>) (Zervakis *et al.*, 2001).

We drew two Cartesian axes on the lid of the dish, on the intersection of the implant center drawn; on these axes, mycelial growth was measured every other day (Gaitán-Hernández, 2005). At the end of the incubation period (from 9-15 days depending on the species), the morphological characterization was performed, based on colour, texture and density of the mycelium, with keys Koppers (1996), Stalpers (1978) and Gaitán-Hernández (2000) respectively. The average diameters of mycelial growth achieved by the strains were recorded in a data matrix with the values of average daily mycelial growth (mm d<sup>-1</sup>) and the results were analysed using a multivariate ANOVA and differences between means of treatments were identified using the multiple range test of Duncan, with 95% confidence ( $p < 0.05$ ). We used the Statistica version 7.0.

### **Evaluation of mycelial growth of the strains in agricultural waste**

Inoculum of each of the strains in popcorn seeds (*Zea mays* L. var. *everta*) was prepared. 500 g of seeds were placed, previously hydrated by immersion for 12 h, washed and drained, in wide-mouth glass bottles and screw-top, they were sterilized for 40 min at 121 °C. After cooling, the seed was inoculated with mycelium of each strain and incubated at 28 °C in complete darkness for 20-25 days (Gaitán-Hernández *et al.*, 2006).



Después del enfriamiento, la semilla se inoculó con micelio de cada cepa e incubó a 28 °C en completa oscuridad durante 20-25 días (Gaitán-Hernández *et al.*, 2006).

Los sustratos probados: Cáscara de cacao (*Theobroma cacao*), fibra de coco (*Cocos nucifera*), hoja de plátano (*Musa paradisiaca*) y aserrín de cedro (*Cedrela odorata*), se secaron al sol durante 3 a 5 días y se picaron a aproximadamente 1 cm<sup>2</sup> con ayuda de una herramienta de corte, excepto el aserrín. Cada sustrato se hidrató por inmersión durante 12 h, después se sumergieron en agua nuevamente a 60 °C durante 20 min. Se escurrió el exceso de humedad hasta 70%. Posteriormente a cada sustrato se le agregó cal [Ca(OH)<sub>2</sub>] (0.1%) y yeso (CaSO<sub>4</sub>) (0.1%), se homogenizó y la mezcla se colocó en tubos de ensaye (25 x 150 mm) a 12 cm del volumen del tubo a partir de su base. Se prepararon cinco tubos por condición, haciendo un total de 150 muestras (3 cepas x 4 sustratos x 5 réplicas). Los tubos se esterilizaron durante 40 min a 121 °C y en condiciones de asepsia cada tubo se inoculó con 1 g de inóculo y colocó un tapón de algodón estéril para permitir el intercambio gaseoso, se incubaron a 28 °C en completa oscuridad. Cada tubo se rotuló con dos líneas longitudinales opuestas “A” y “B” y sobre éstas se midió el crecimiento del micelio cada cuarto día durante 24 días. Los datos se concentraron en una matriz y se estimó el crecimiento del micelio promedio por día. Los valores se analizaron estadísticamente con un ANOVA multifactorial y una comparación de medias, de acuerdo a la prueba de rangos múltiples de Duncan, con 95% de confianza ( $p < 0.05$ ), en el programa Statística Versión 7.0.

## Resultados y discusión

### Descripción taxonómica de las especies, ecología y distribución geográfica

*Auricularia fuscusuccinea* (Mont.) Henn.

Basidioma de 34-82 mm de ancho x 28-62 mm de largo, forma orbicular o de oreja, sésil a subestipitado, superficie del píleo finamente aterciopelada, color marrón a marrón rojizo (N<sub>80</sub>A<sub>90</sub>M<sub>80</sub>-Kuppers, 1996). Himenio con superficie lisa y con pliegues, concoloro al píleo. Basidiosporas de 8.36-10.71 x 3.86-4.27 µm, alantoides a elipsoides, lisas, hialinas y generalmente gutuladas. Zonación hifal con médula menor a 150 µm y zona pilosa menor a 100 µm. Crece solitaria o en grandes conjuntos, en troncos caídos o

The tested substrates: shell of cacao (*Theobroma cacao*), coir (*Cocos nucifera*), banana leaves (*Musa paradisiaca*) and sawdust of cedar (*Cedrela odorata*), dried in the sun for 3-5 days and were picked at about 1 cm<sup>2</sup> using a cutting tool, except for sawdust. Each substrate was hydrated by immersion for 12 hours, then dipped in water at 60 °C again for 20 min. Excess moisture was drained to 70%. After each substrate we added lime [Ca(OH)<sub>2</sub>] (0.1%) and gypsum (CaSO<sub>4</sub>) (0.1%), homogenized and the mixture was placed in test tubes (25 x 150 mm) at 12 cm of the volume of the tube from its base. Five tubes were prepared per condition, making a total of 150 samples (3 strains x 4 substrates x 5 replicates). The tubes were sterilized for 40 min at 121 °C and under aseptically conditions each tube was inoculated with 1 g of seed and placed a sterile cotton plug to allow gas exchange, incubated at 28 °C in complete darkness. Each tube was labeled with two opposite longitudinal lines “A” and “B” and on these, mycelial growth was measured every fourth day for 24 days. Data are concentrated on a matrix and the average mycelium growth per day was estimated. The values were statistically analysed with a multifactor ANOVA and comparison of means, according to the multiple range test of Duncan, with 95% confidence ( $p < 0.05$ ), in the program Statística version 7.0.

## Results and discussion

### Taxonomic description of the species, ecology and geographical distribution

*Auricularia fuscusuccinea* (Mont.) Henn.

Basidioma of 34-82 mm wide x 28-62 mm long, orbicular or ear shape, sessile to subestipitado, pileus surface finely velvety, brown to reddish brown (N<sub>80</sub>A<sub>90</sub>M<sub>80</sub>-Kuppers, 1996). Hymenium of smooth surface and folds, concolorous in the pileus. Basidiospores of 8.36-10.71 x 3.86-4.27 µm, allantoids to ellipsoid, smooth, hyaline and usually gutuladas. Hyphal zonation with centre less than 150 microns to 100 microns and less hairy area. It grows solitary or in large groups, in fallen logs or dead branches from standing trees inside and outside of the medium evergreen forest. Collected in February, June, July and September. It has been reported for the Philippines, Central America (Belize, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Colombia, Costa Rica and Panama) and Mexico to Chiapas, Quintana Roo and

en ramas muertas de árboles en pie, dentro y fuera de selva mediana perennifolia. Se recolectó en febrero, junio, julio y septiembre. Se ha reportado para Filipinas, América Central (Belice, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Colombia, Costa Rica y Panamá) y en México para Chiapas, Quintana Roo y Tabasco (Guzmán, 2003; Musngi *et al.*, 2005; Roberts, 2008; Guzmán y Piepenbring, 2011; Montoya-Álvarez *et al.*, 2011) (Figura 1A).

Material estudiado: Tabasco, municipio de Macuspana, Parque Estatal Agua Blanca, Carreño-Ruiz 130 (herbario UJAT).

*Oudemansiella cannarii* (Jungh.) Höhn.

Píleo plano de 6-26 mm diámetro, margen recto, borde entero, superficie lisa a surcada radialmente, subviscosa de color blanco, cubierto de escamas color marrón oscuro ( $A_{50}M_{70}C_{80}$ -Kuppers, 1996) pronunciadas mayormente cuando juvenil. Himenio de color blanco, con láminas juntas y adnatas. Estípote cilíndrico de 40 mm de longitud, contexto sólido. Basidiosporas de  $17.25-11.72 \times 16.19-11.02 \mu\text{m}$ , globosas hialinas. Basidios subcilíndricos de  $16-22 \times 12-17 \mu\text{m}$  y pleurocistidios subcilíndricos hialinos de  $100.31 \times 37.96 \mu\text{m}$ , pileipellis tricotérmico desarticulado. Crece solitario o gregario sobre troncos caídos dentro y fuera de la selva. Se encontró en junio y julio. Se distribuye en el sureste de Indonesia y regiones tropicales de América: México, Panamá, Argentina, Colombia y Brasil (Silveira-Ruegger *et al.*, 2001; Guzmán y Piepenbring, 2011) (Figura 1B).

Material estudiado: Tabasco, municipio de Macuspana, Parque Estatal Agua Blanca, Carreño-Ruiz 62 (herbario UJAT).

*Schizophyllum commune* Fr.

Basidioma de 7-25 mm de ancho  $\times$  10-30 mm de la base hacia el borde, flabeliforme, sésil a subestipitado con bordes irregulares. La superficie del píleo es color blanca grisácea ( $N_{10}M_{00}C_{00}$ -Kuppers, 1996), felpada, de consistencia correosa. El himenio presenta láminas bifidas a todo lo largo del borde, de color pardusco claro ( $N_{00}A_{10}M_{00}$ -Kuppers, 1996). Basidiosporas de  $4.1-5.4 \times 1.67-2.9 \mu\text{m}$ , cilíndricas, apiculadas, lisas, hialinas, gutuladas, no amiloides. Basidios tetraspóricos, alargados, claviformes y fibulados. Crece sobre troncos de árboles caídos o en ramas recién cortadas, generalmente en grupos numerosos. Se recolectó en julio. Se distribuye en China, Guatemala, Costa Rica, Panamá y Hawaii.

Tabasco (Guzmán, 2003; Musngi *et al.*, 2005; Roberts, 2008; Guzmán and Piepenbring, 2011; Montoya-Álvarez *et al.*, 2011) (Figure 1A).

Study material: Tabasco, Macuspana, State Park White Water, Carreño- Ruiz 130 (herbarium UJAT).

*Oudemansiella cannarii* (Jungh.) Höhn.

Flat Pileus 6-26 mm diameter, straight edge, margin entire, smooth to radially furrowed surface, white sub-viscose, covered with dark brown scales ( $A_{50}M_{70}C_{80}$ -Kuppers 1996) mostly pronounced when young. White hymenium, with joint sheets and adnated. Cylindrical stipe 40 mm long, solid context. Basidiospores of  $17.25-11.72 \times 16.19-11.02 \mu\text{m}$ , globose hyaline. Sub-cylindrical basidia  $16-22 \times 12-17 \mu\text{m}$  and sub-cylindrical pleurocistidios hyaline of  $100.31 \times 37.96 \mu\text{m}$ , tricotermic pileipellis disjointed. Grows solitary or gregarious on fallen logs inside and outside of the jungle. It was found in June and July. It is distributed in southeastern Indonesia and tropical America: Mexico, Panama, Argentina, Colombia and Brazil (Figure 1B) (Silveira-Ruegger *et al.*, 2001 Guzmán and Piepenbring, 2011).

Study material: Tabasco, Macuspana, State Park White Water, Carreño-Ruiz 62 (herbarium UJAT).

*Schizophyllum commune* Fr.

Basidioma 7-25 mm wide  $\times$  10-30 mm from the base to the rim, flabellate, sessile to "substipitado" with irregular borders. The surface of the pileus is grayish white colored ( $N_{10}M_{00}C_{00}$ -Kuppers, 1996), velvety, leathery consistency. The hymenium has forked blades throughout the rim, light brownish ( $N_{00}A_{10}M_{00}$ -Kuppers, 1996). Basidiospores of  $4.1-5.4 \times 1.67-2.9 \mu\text{m}$ , cylindrical, apiculate, smooth, hyaline, gutuladas not amyloid. Tetra-spores basidia elongated, clavate and joint. It grows on fallen logs or freshly cut, usually in large groups of tree branches. It was collected in July. It is distributed in China, Guatemala, Costa Rica, Panama and Hawaii. In Mexico, it has been reported in Puebla, Oaxaca, Veracruz, Quintana Roo and Tabasco (Hemmes and Desjardin, 2002; Mata *et al.*, 2003; Guzmán, 2003; Ruan-Soto *et al.*, 2004; Cappello, 2006; Bran-González *et al.*, 2006; Guzmán and Piepenbring, 2011; Vázquez-Mendoza *et al.*, 2012) (Figure 1C).

Study material: Tabasco, Macuspana, State Park White Water, Carreño-Ruiz 119 (Herbarium UJAT).

En México, se ha reportado para Puebla, Oaxaca, Veracruz, Quintana Roo y Tabasco (Hemmes y Desjardin, 2002; Mata *et al.*, 2003; Guzmán, 2003; Ruan-Soto *et al.*, 2004; Cappello, 2006; Bran-González *et al.*, 2006; Guzmán y Piepenbring, 2011, Vázquez-Mendoza *et al.*, 2012) (Figura 1C).

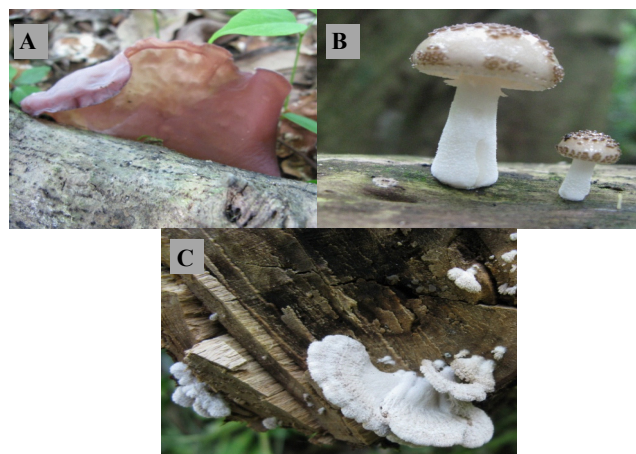
Material estudiado: Tabasco, municipio de Macuspana, Parque Estatal Agua Blanca, Carreño-Ruiz 119 (herbario UJAT).

### Crecimiento micelial y caracterización morfológica en los medios de cultivo

De las cepas estudiadas, la CH-145 de *A. fuscusuccinea* presentó los valores de crecimiento micelial promedio más bajos (Figura 2). Se identificó al medio PDA y la temperatura de 26 °C, como factores que favorecen significativamente su desarrollo con una tasa de crecimiento promedio de 6.88 mm d<sup>-1</sup>, estadísticamente diferente del resto de las condiciones probadas para esa cepa. Los factores mostrados son similares a los que previamente fueron empleados por Sobal *et al.* (2007), para la incubación de una cepa de *A. fuscusuccinea* procedente del medio silvestre de Chiapas, México, de la cual lograron caracterizar su germoplasma en PDA a 25 °C.

En los valores de crecimiento promedio registrados para la cepa CH-146 de *O. canarii*, se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los medios y temperaturas evaluadas, excepto entre el crecimiento en PDA a 26 y 30 °C, con una tasa de crecimiento promedio de 9.14 mm d<sup>-1</sup> y 6.87 mm d<sup>-1</sup> a 26 y 30 °C, respectivamente. Sin embargo, se determinó que el medio de EMA a 26 °C favoreció el crecimiento del micelio de esta especie (Figura 2). Estos resultados coinciden con los de Silveira-Ruegger *et al.* (2001) quienes emplearon EMA a 25°C, temperatura similar a la de este estudio para incubar una cepa de *O. canarii* con fines de su propagación posterior en granos de trigo, con resultados positivos.

Por lo que respecta a la cepa CH-147 de *S. commune*, el medio de PDA resultó ser el más adecuado para su desarrollo, con una tasa de crecimiento promedio de 9.09 y 9.12 mm d<sup>-1</sup> a 26 y 30 °C, estadísticamente iguales (Figura 2). Bran-González *et al.* (2009), reportaron que el PDA y 26 °C son las condiciones que favorecen el crecimiento micelial de cepas de *S. commune* recolectadas en Guatemala, lo que coincide con la cepa mexicana de este estudio. Adicionalmente, los autores citan que la incubación a 30 °C también favorece



**Figura 1. Basidiomas de A) *Auricularia fuscusuccinea*; B) *Oudemansiella canarii*; y C) *Schizophyllum commune*.**

**Figure 1. Basidiomata of A) *Auricularia fuscusuccinea*; B) *Oudemansiella canarii*; and C) *Schizophyllum commune*.**

### Mycelial growth and morphological characteristics in culture mediums

Of the strains studied, the CH-145, *A. fuscusuccinea* presented the lowest mycelial growth average values (Figure 2). It identified the PDA medium and temperature of 26 °C, as factors that favour its development significantly with an average growth rate of 6.88 mm d<sup>-1</sup>, statistically different from the rest of the conditions tested for this strain. The factors shown are similar to those that were previously employed by Sobal *et al.* (2007), for incubating a strain of *A. fuscusuccinea* from the wild in Chiapas, Mexico, which managed to characterize their germplasm in PDA at 25 °C.

The values of average growth recorded for the CH-146 strain *O. canarii* had statistically significant differences between the mediums and temperatures tested, except between growth on PDA at 26 and 30 °C, with an average growth rate of 9.14 mm and 6.87 mm d<sup>-1</sup> at 26 and 30 °C, respectively. However, it was determined that t MEA at 26 °C favoured mycelial growth of this species (Figure 2). These results coincide with those of Silveira-Ruegger *et al.* (2001) who employed MEA at 25 °C, similar to the temperature of this study for incubating a strain of *O. canarii* purposed for its subsequent spread in wheat grains, with positive results.

significativamente el crecimiento del micelio, lo que facilita su manipulación *in vitro* con fines de cultivo en las zonas tropicales. Los periodos de incubación registrados en este estudio (Cuadro 1), constituyen un referente importante en términos del tiempo de desarrollo del micelio de los hongos y sus preferencias nutricionales por los medios de cultivo probados, donde la conservación adecuada de los cultivos *ex situ* no solo implica el resguardo del organismo vivo, sino además evitar cambios morfológicos, fisiológicos, mantener su pureza, viabilidad, capacidad de esporulación y fructificación, evitando cambios genómicos no deseables (Ryan y Smith, 2004; Salmones y Mata, 2013; Mata *et al.*, 2013).

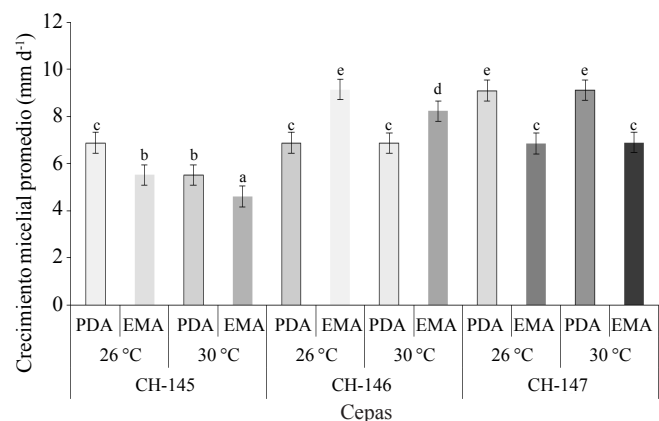
En la caracterización morfológica, la cepa CH-145 incubada a 26 °C, presentó un micelio blanco de aspecto plumoso (PDA) a lanoso (EMA) y a 30 °C el aspecto fue sedoso en ambos medios, con densidad alta en todos los tratamientos. La cepa CH-146 desarrolló micelio blanco de textura farinácea en todos los tratamientos, excepto en EMA a 26 °C, donde la textura fue rala, con densidad alta en todos los medios y temperaturas. Mientras que la cepa CH-147 produjo micelio blanco, con una diferencia en su textura, con un aspecto afieltrado a 26 °C y lanoso a 30 °C, en ambos medios de cultivo, la densidad fue de alta en EMA a muy alta en PDA para ambas temperaturas (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Características macroscópicas del micelio desarrollado por las cepas probadas de *A. fuscusuccinea* (CH-145), *O. canarii* (CH-146) y *S. commune* (CH-147).**

**Table 1. Macroscopic characteristics of the mycelium developed by the tested strains of *A. fuscusuccinea* (CH-145), *O. canarii* (CH-146) and *S. commune* (CH-147).**

| Cepa   | T*   | M   | Color  |                                                                   | TE         | D        | E                                                                                                                                       | PI |
|--------|------|-----|--------|-------------------------------------------------------------------|------------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
|        |      |     | CM     | R                                                                 |            |          |                                                                                                                                         |    |
| CH-145 | 26°C | PDA | Blanco | Crema (A <sub>10</sub> ,M <sub>00</sub> ,C <sub>00</sub> )        | Plumoso    | Alta     | Ausente                                                                                                                                 | 12 |
|        |      | EMA | Blanco | Crema (A <sub>10</sub> ,M <sub>00</sub> ,C <sub>00</sub> )        | Lanoso     | Alta     | Ausente                                                                                                                                 | 15 |
|        | 30°C | PDA | Blanco | Crema (A <sub>10</sub> ,M <sub>00</sub> ,C <sub>00</sub> )        | Sedoso     | Alta     | Ausente                                                                                                                                 | 15 |
|        |      | EMA | Blanco | Crema (A <sub>10</sub> ,M <sub>00</sub> ,C <sub>00</sub> )        | Sedoso     | Alta     | Ausente                                                                                                                                 | 15 |
| CH-146 | 26°C | PDA | Blanco | Amarillo (N <sub>20</sub> A <sub>80</sub> M <sub>20</sub> )       | Farináceo  | Alta     | Marrón (A <sub>80</sub> M <sub>70</sub> C <sub>50</sub> )                                                                               | 12 |
|        |      | EMA | Blanco | Amarillo claro (N <sub>00</sub> A <sub>10</sub> M <sub>00</sub> ) | Ralo       | Alta     | Marrón (A <sub>80</sub> M <sub>70</sub> C <sub>50</sub> )                                                                               | 9  |
|        | 30°C | PDA | Blanco | Amarillo claro (N <sub>00</sub> A <sub>10</sub> M <sub>00</sub> ) | Farináceo  | Alta     | Marrón (A <sub>80</sub> M <sub>70</sub> C <sub>50</sub> )                                                                               | 12 |
|        |      | EMA | Blanco | Amarillo claro (N <sub>00</sub> A <sub>10</sub> M <sub>00</sub> ) | Farináceo  | Alta     | Marrón (A <sub>80</sub> M <sub>70</sub> C <sub>50</sub> )                                                                               | 12 |
| CH-147 | 26°C | PDA | Blanco | Amarillo (M <sub>00</sub> A <sub>20</sub> M <sub>00</sub> )       | Afieltrado | Muy alta | Marrón rojizo (N <sub>60</sub> A <sub>90</sub> M <sub>99</sub> ) y verde amarillento (N <sub>20</sub> A <sub>70</sub> M <sub>10</sub> ) | 9  |
|        |      | EMA | Blanco | Amarillo claro (N <sub>00</sub> C <sub>00</sub> A <sub>10</sub> ) | Afieltrado | Alta     | Amarillo (N <sub>00</sub> A <sub>40</sub> M <sub>10</sub> )                                                                             | 12 |
|        | 30°C | PDA | blanco | Amarillo (M <sub>00</sub> A <sub>20</sub> M <sub>00</sub> )       | Lanoso     | Muy alta | Amarillo (N <sub>00</sub> A <sub>40</sub> M <sub>10</sub> )                                                                             | 9  |
|        |      | EMA | Blanco | Amarillo claro (N <sub>00</sub> A <sub>10</sub> M <sub>00</sub> ) | Lanoso     | Alta     | Ausente                                                                                                                                 | 12 |

\*T= temperatura; M= medio de cultivo; CM= color de micelio; R= reverso de la caja de Petri; TE= textura, D= densidad; E= exudado; PI= periodo de incubación. Color en reverso de la caja y exudado de acuerdo a Kuppers (1996).



**Figura 2. Crecimiento micelial de las cepas: *Auricularia fuscusuccinea* (CH145), *Oudemansiella canarii* (CH-146) y *Schizophyllum commune* (CH-147), en papa dextrosa agar (PDA) y extracto de malta agar (EMA) a 26 y 30 °C.**

**Figure 2. Mycelial growth of strains: *Auricularia fuscusuccinea* (CH145), *Oudemansiella canarii* (CH-146) and *Schizophyllum commune* (CH-147), on potato dextrose agar (PDA) and malt extract agar (MEA) at 26 and 30 °C.**

With regard to the CH-147 strain of *S. commune*, PDA medium was the most suitable for development, with average growth rate of 9.09 and 9.12 mm d<sup>-1</sup> at 26 and 30 °C,



### Crecimiento micelial de las cepas en los sustratos evaluados

Se identificó a la hoja de plátano como el sustrato que favoreció en gran medida el crecimiento de todas las cepas. Particularmente, a la cepa CH-145 misma que se desarrolló de manera óptima con una tasa de crecimiento promedio de 6 mm d<sup>-1</sup>, con una diferencia estadística al resto de los tratamientos. Sin embargo, fue la cepa que en el promedio general presentó el menor crecimiento, con 2.59 mm d<sup>-1</sup>, estadísticamente diferente al resto de las cepas (Cuadro 2). En la cepa CH-146, una mayor variedad de sustratos favorecieron su desarrollo como por ejemplo la fibra de coco, cáscara de cacao y la hoja de plátano y las combinaciones de coco-cacao, coco-plátano, cacao-plátano y aserrín-plátano, con valores de tasa de crecimiento promedio de 5.56 a 5.98 mm d<sup>-1</sup> y sin diferencia estadísticamente significativa (Cuadro 2). De manera similar, el crecimiento de la cepa CH-147 se favoreció en la cáscara de cacao y la hoja de plátano, así como las combinaciones coco-cacao, coco-aserrín, coco-plátano, cacao-aserrín, cacao-plátano y aserrín-plátano, cuyos valores de crecimiento micelial promedio fueron de 8.54 a 9.99 mm d<sup>-1</sup>, sin diferencia estadística significativa entre ellos. El contenido de nitrógeno y minerales en estos sustratos, no determinados en este estudio, pudo influir en la variabilidad de crecimiento observada.

statistically the same (Figure 2). Bran-González *et al.* (2009) reported that the PDA and 26 °C are the conditions that favour mycelial growth of strains of *S. commune* collected in Guatemala, which coincides with the Mexican strain of this study. Additionally, the authors cite that incubation at 30 °C also contributes significantly to the growth of the mycelium, which facilitates their *in vitro* manipulation for cultivation in the tropics. Incubation periods recorded in this study (Table 1) represent an important benchmark in terms of the time development of the mycelium of fungi and their nutritional preferences for culture mediums tested, where the proper conservation of *ex situ* cultivation not only involves the receipt of the living organism, but also avoid morphological, physiological, maintain their purity, viability, sporulation and fruiting capacity, avoiding undesirable genomic changes (Ryan and Smith, 2004; Salmon and Mata, 2013; Mata *et al.*, 2013).

In the morphological characterization, the CH-145 strain incubated at 26 °C, presented a feathery white mycelium (PDA) to woolly (MEA) and at 30 °C was silky appearance in both mediums, with high density in all treatments. The CH-146 strain developed mycelium white farinaceous texture in all treatments, except MEA at 26 °C, where the texture was sparse, with high density in all mediums and temperatures. While the CH-147 strain produced white

**Cuadro 2. Crecimiento micelial promedio (mm d<sup>-1</sup>) de las cepas de *A. fuscusuccinea* (CH-145), *O. canarii* (CH-146) y *S. commune* (CH-147) en los sustratos evaluados.**

**Table 2. Mycelial growth rate (mm d<sup>-1</sup>) strains of *A. fuscusuccinea* (CH-145), *O. canarii* (CH-146) and *S. commune* (CH-147) in the substrates tested.**

| Sustrato         | Cepas                     |                           |                           |                    |
|------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------|
|                  | CH-145                    | CH-146                    | CH-147                    | Promedio           |
| Fibra de coco    | 3.38 ± 0.48 <sup>c</sup>  | 5.98 ± 0.02 <sup>d</sup>  | 7.47 ± 0.04 <sup>de</sup> | 5.61 <sup>c</sup>  |
| Cáscara de cacao | 3.41 ± 1.97 <sup>c</sup>  | 5.98 ± 0.01 <sup>d</sup>  | 9.7 ± 0.42 <sup>e</sup>   | 6.36 <sup>cd</sup> |
| Aserrín de cedro | 0 ± 0 <sup>a</sup>        | 0 ± 0 <sup>a</sup>        | 5.2 ± 2.92 <sup>cd</sup>  | 1.73 <sup>a</sup>  |
| Hoja de plátano  | 6 ± 0 <sup>d</sup>        | 5.97 ± 0.03 <sup>d</sup>  | 9.81 ± 0.24 <sup>e</sup>  | 7.26 <sup>d</sup>  |
| Coco-cacao       | 3.19 ± 1.87 <sup>bc</sup> | 5.56 ± 0.57 <sup>d</sup>  | 9.99 ± 0.29 <sup>e</sup>  | 6.24 <sup>c</sup>  |
| Coco-aserrín     | 0 ± 0 <sup>a</sup>        | 4.96 ± 0.05 <sup>cd</sup> | 8.77 ± 0.57 <sup>e</sup>  | 4.57 <sup>b</sup>  |
| Coco-plátano     | 2.82 ± 2.6 <sup>b</sup>   | 5.97 ± 0.02 <sup>d</sup>  | 8.95 ± 0.51 <sup>e</sup>  | 5.91 <sup>c</sup>  |
| Cacao-aserrín    | 3.64 ± 1.7 <sup>c</sup>   | 4.88 ± 0.02 <sup>cd</sup> | 8.54 ± 0.44 <sup>e</sup>  | 5.68 <sup>c</sup>  |
| Cacao-plátano    | 2.4 ± 3.29 <sup>b</sup>   | 5.97 ± 3.34 <sup>d</sup>  | 9.86 ± 0.2 <sup>e</sup>   | 6.07 <sup>c</sup>  |
| Aserrín-plátano  | 1.02 ± 2.06 <sup>ab</sup> | 5.77 ± 0.77 <sup>d</sup>  | 8.95 ± 0.44 <sup>e</sup>  | 5.24 <sup>bc</sup> |
| Promedio         | 2.59 <sup>a</sup>         | 5.1 <sup>b</sup>          | 8.72 <sup>c</sup>         |                    |

Los valores son promedios ± desviación estándar. Los promedios que no tiene al menos una letra en común son significativamente diferentes, de acuerdo a Duncan ( $p < 0.05$ ).

La presencia de estos y otros elementos, probablemente favorecieron la actividad de ciertas enzimas, que permitieron incrementar el desarrollo del hongo. Por otra parte, la temperatura afecta el metabolismo de las células, influye tanto en la capacidad enzimática del organismo, como en la fluidez de los lípidos de la membrana celular, esto explica, en parte, las diferencias en crecimiento de los hongos, de acuerdo a la temperatura evaluada. La sensibilidad a la temperatura no solo varía entre cepas sino también para una misma cepa según su etapa de desarrollo. Asimismo, la cepa CH-147 fue en la que se observó la mayor tasa de crecimiento promedio general, con 8.72 mm d<sup>-1</sup>, con diferencia estadística al resto de las cepas (Cuadro 2).

Lo anterior demuestra la capacidad de cada una de las cepas para desarrollarse en los sustratos antes mencionados, siendo su uso de suma importancia para contribuir a su reciclaje en Tabasco. En 2012, el Estado se posicionó en primer lugar a nivel nacional respecto a la producción de cacao (18 339 t) y segundo lugar en la producción de plátano (554 373 t), mientras que de coco produjo 8 735 t (SAGARPA, 2013).

Se reporta por primera vez el empleo de estos sustratos con fines biotecnológicos, principalmente para Tabasco. En investigaciones previas para la producción de *S. commune* se han considerado sustratos conformados por viruta de pino, olote y caña de maíz, así como la pulpa de café seca y suplementos como harina de trigo y harina de avena en diversas proporciones (Bran-González *et al.*, 2006). Asimismo, el crecimiento micelial de *O. canarii* se ha evaluado sobre bagazo de caña de azúcar y aserrín de eucalipto (Silveira-Ruegger *et al.*, 2009). Las cepas de *A. fuscusuccinea* se han estudiado sobre mezclas de olote de maíz y hojas de *Leucaena* sp. (Calvo-Bado *et al.*, 1995 y 1996). Los resultados de dichas investigaciones, han reportado índices de eficiencia biológica y propiedades bioquímicas de los cuerpos fructíferos obtenidos. Sin embargo, los resultados aquí mostrados sugieren nuevas opciones de sustratos agrícolas, en los que podría evaluarse la producción de las especies a nivel de planta piloto.

## Conclusión

*Auricularia fuscusuccinea*, *Oudemansiella canarii* y *Schizophyllum commune* son recursos fúngicos importantes para el sureste mexicano y distintas zonas tropicales. Por lo

micelium, with a difference in texture, with a felt-like at 26 °C and 30 °C woolly appearance, in both culture mediums, density moved from high in MEA to very high in PDA for both temperatures (Table 1).

## Mycelial growth of the strains on substrates evaluated

We identified the banana leaf as the substrate greatly favoured the growth of all strains. In particular, the CH-145 strain that developed optimally with average growth rate of 6 mm d<sup>-1</sup>, with a statistical difference to other treatments. However, the strain was in the overall growth had the lowest with 2.59 mm d<sup>-1</sup>, statistically different from the other strains (Table 2). In strain CH-146, a wider variety of substrates favoured its development such as coir, cocoa husk and banana leaf and combinations of coco-cacao, coconut-banana, cacao-plantain-banana and sawdust with values of average growth rate of 5.56 to 5.98 mm d<sup>-1</sup> and no statistically significant difference (Table 2). Similarly, the growth of the CH-147 strain was favoured by cocoa husk and banana leaf, and combinations coco-cacao, coconut sawdust, coconut-banana, cocoa-dust, sawdust and cocoa-banana-banana whose average mycelial growth values were 8.54 to 9.99 mm d<sup>-1</sup>, with no significant statistical difference between them. The content of nitrogen and minerals in these substrates not determined in this study could influence the variability observed in growth.

The presence of these and other elements probably favoured the activity of certain enzymes, which resulted in increased growth of the fungus. Moreover, the temperature affects the metabolism of cells, affects both the enzymatic capacity of the organism, and the fluidity of the lipids of the cell membrane, this explains, in part, differences in fungal growth, according to the temperature evaluated. The temperature sensitivity varies not only between strains, but also for the same strain as the developmental stage. Also, the CH-147 strain was where the highest rate of overall growth was observed with 8.72 mm d<sup>-1</sup>, statistically different to the rest of the strains (Table 2).

This demonstrates the ability of each of the strains to grow in the above substrates, being their use quite important to contribute recycling in Tabasco. In 2012, the state ranked first nationally regarding cocoa production (18 339 t) and second in banana production (554 373 t), while on coconut produced 8 735 t (SAGARPA, 2013).

que es prioritario incrementar los estudios sobre su manejo, preservación y potencial biotecnológico junto con otros hongos. En este trabajo se identificaron las condiciones óptimas requeridas por las cepas para desarrollarse en medios de cultivo *in vitro*, bajo diferentes temperaturas y en sustratos agrícolas generados en Tabasco, México. De este modo los resultados mostrados constituyen una base para el desarrollo de una tecnología de cultivo más apropiada para las condiciones tropicales.

## Agradecimientos

Al proyecto FOMIX-CONACYT. "Diversidad y conservación de los hongos macro y microscópicos saprobios de algunos ambientes del Parque Estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco", clave TAB-2009-C18-122083, desarrollado en la División Académica de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Al Instituto de Ecología, A. C. (INECOL) por las facilidades otorgadas durante las estancias de investigación. Se agradece al Dr. Carlos Alfonso Álvarez González y al M. C. A. Víctor Herman Gómez García las aportaciones realizadas a este trabajo.

## Literatura citada

- Adejoye, O. D.; Adebayo-Tayo, B. C.; Ogunjobi, A. A. and Afolabi, O. 2007. Physicochemical studies in *Schizophyllum commune* (Fries) a Nigerian edible fungus. World Appl. Sci. J. 2:73-76.
- Bolaños, A. C. y Soto-Medina, E. 2011. Macrohongos comestibles y medicinales comunes en la vegetación de la Universidad del Valle, Colombia. Rev. Cienc. 15:31-38.
- Bran-González, M. C.; Morales-Esquivel, O. I.; Caseres-Staackmann, R. y Flores-Arzú, R. 2006. Hongos comestibles de Guatemala: diversidad, cultivo y nomenclatura vernácula. Informe final técnico Fase II. Dirección General de Investigación, Universidad de San Carlos. 52 p.
- Bran-González, M. C.; Morales-Esquivel, O. I.; Flores-Arzú, R. y Cáceres-Staackmann, R. 2009. Caracterización y producción de cuerpos fructíferos de cepas nativas del hongo comestible Asam (*Schizophyllum commune* Fr.). Universidad de San Carlos, Guatemala. 59 p.
- Calongue, F. D. 2011. Hongos medicinales. 1ª (Ed.). España: Mundi-Prensa. 130 p.
- Calvo-Bado, L. A.; Sánchez-Vázquez, J. E. y Huerta-Palacios, G. 1995. Evaluación de diversos sustratos para el crecimiento micelial de *Auricularia fuscusuccinea* (Mont.) Farlow. Micología Neotropical Aplicada. 8:27-37.
- Calvo-Bado, L. A.; Sánchez-Vázquez, J. E. y Huerta-Palacios, G. 1996. Cultivo de *Auricularia fuscusuccinea* (Mont.) Farlow. sobre sustratos agrícolas en el Soconusco, Chiapas, México. Micología Neotropical Aplicada. 9:95-106.
- For the first time, the use of these substrates for biotechnological purposes is reported, mainly for Tabasco. In previous research for the production of *S. commune* were considered substrates comprised of pine shavings, corn cob and sugarcane and dry coffee pulp and supplements such as wheat flour and oatmeal in various proportions (Bran-González *et al.*, 2006). In addition, the mycelial growth of *O. canarii* was evaluated on sugarcane bagasse and eucalyptus sawdust (Silveira-Ruegger *et al.*, 2009). Strains of *A. fuscusuccinea* have been studied on mixtures of corn cobs and leaves of *Leucaena* sp. (Calvo-Bado *et al.*, 1995 and 1996). The results of these investigations have reported rates of biological efficiency and biochemical properties of the obtained fruiting bodies. However, the results suggest new options for agricultural substrates, in which the production of the species could be evaluated in a pilot plant.

## Conclusion

*Auricularia fuscusuccinea*, *Oudemansiella canarii* and *Schizophyllum commune* are fungal resources important for southeast Mexico and other tropical areas. For this reason, it is essential to increase their management studies, preservation and biotechnological potential with other fungi. In this work, the optimum conditions required by the strains to develop *in vitro* culture mediums under different temperatures and agricultural substrates generated in Tabasco, Mexico were identified. Thus, the results shown are a basis for the development of a more suitable technology for tropical conditions.

*End of the English version*



- Cappello, G. S. 2006. Hongos del Yumká. Colección José N. Rovirosa. México. 105 p.
- Castillejos-Puón, V.; Sánchez-Vázquez, J. E. y Huerta-Palacios, G. 1996. Evaluación de cepas del hongo comestible *Auricularia fuscusuccinea* nativas del Soconusco, Chiapas. Rev. Mex. Micol. 12: 23-30.
- Gaitán-Hernández, R. 2000. Obtención de cepas de *Neolentinus suffrutescens* por entrecruzamiento, su caracterización *in vitro* y producción de cuerpos fructíferos a nivel planta piloto. Rev. Iberoam. Micol. 17:20-24.
- Gaitán-Hernández, R. 2005. Evaluación in vitro del hongo comestible *Pleurotus eryngii*: Efecto de diferentes suplementos orgánicos en el crecimiento micelial y producción de cuerpos fructíferos. Rev. Mex. Micol. 21:77-84.

- Gaitán-Hernández, R.; Salmones, D.; Pérez Merlo, R. y Mata, G. 2006. Manual práctico del cultivo de setas: aislamiento, siembra y producción. 1ª. (Ed.). México: Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, Veracruz. 56 p.
- Guzmán, G. 2003. Los hongos de El Edén Quintana Roo: introducción a la micobiota tropical de México. INECOL y CONABIO, Xalapa. 316 p.
- Guzmán, G. y Piepenbring, M. 2011. Los hongos de Panamá: Introducción a la identificación de los macroscópicos. Instituto de Ecología A.C. Universidad Autónoma de Chiriquí. México, D. F. 372 p.
- Hemmes, D. E. and Desjardin, D. E. 2002. Mushrooms of Hawaii. 1ª (Ed.). Hong Kong: ten speed press. 212 p.
- Hobbs, C. 2005. The chemistry, nutritional value, immunopharmacology, and safety on the traditional food of medicinal split-gill fungus *Schizophyllum commune* Fr.:Fr. (Shizophyllaceae). A literature review. Int. J. Medicinal Mushrooms. 7:127-140.
- Küppers, H. 1996. Atlas de los colores. España. Editorial Blume, 1614 p.
- Magingo, F.; Oriyo, N.; Kivaisi, A. K. and Danell, E. 2004. Cultivation of *Oudemansiella tanzanica* nom. prov. on Agricultural Solid Wastes in Tanzania. Mycologia. 96(2):197-204.
- Mata, M.; Halling, R. E. y Mueller, G. M. 2003. Macrohongos de Costa Rica. Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio), Santo Domingo de Heredia. 2:240.
- Mata, G.; Gaitán-Hernández, R. y Salmones, D. 2013. Biotechnology for edible mushroom culture: a tool for sustainable development in México. In: ecological dimensions for sustainable socio economic development. Yáñez-Arancibia, A.; Dávalos-Sotelo, R.; Day, J. W. y Reyes, E. (Eds.). 1ª ed. Instituto de Ecología A. C. Louisiana State University, USA, East Carolina University, USA: Witpress, 483-506 pp.
- Montoya-Álvarez, A. F.; Hayakawa, H.; Minamya, Y. y Fukuda, T. 2011. Relaciones filogenéticas y revisión de las especies del género *Auricularia* (Fungi: Basidiomycetes) en Colombia. Caldasia. 33(1):55-66.
- Musngi, R. B.; Abella, E. A.; Lalap, A. L. and Reyes, R. G. 2005. Four species of wild *Auricularia* in Central Luzon, Philippines as sources of cell lines for researchers and mushroom growers. J. Agric. Technol. 1(2):279-299.
- Nieto-López, C. and Sánchez-Vázquez, J. E. 1997. Mycelial growth of *Pleurotus* and *Auricularia* in agroindustrial effluents. Micología Neotropical Aplicada. 10:47-56.
- Pauli, G. 2000. Un estudio de caso hongos tropicales. Fundación Zeri. 16 p.
- Petersen, R. H.; Desjardin, D. E. and Krüger, D. 2008. Three type specimens designated in *Oudemansiella*. Fungal Diversity. 32:81-96.
- Roberts, P. 2008. Heterobasidiomycetes from Belize. Kew Bulletin. 63:87-99.
- Ruan-Soto, F. y Cifuentes-Blanco, J. 2011. Notas etnomicológicas del poblado de Teapa, Tabasco, In: educación ambiental para la conservación de la biodiversidad. López-Hernández, E. S. (Ed.). El Colegio de Investigadores de Tabasco, A. C.-UJAT, México. 249-256 pp.
- Ruan-Soto, F.; Garibay-Orijel, R. y Cifuentes-Blanco, J. 2004. Conocimiento micológico tradicional en la planicie costera del Golfo de México. Rev. Mex. Micol. 19:57-70.
- Ryan, M. J. and Smith, D. 2004. Fungal genetic resource centres and genomic challenge. Mycol. Res. 108(12):1351-1352.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2013. Cierre de producción agrícola por cultivo (consultado octubre, 2010) [http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=350](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=350).
- Salmones, D. y Mata, G. 2013. Ceparios de hongos de México. In: hongos comestibles y medicinales en Iberoamérica: investigación y desarrollo en un entorno multicultural. Sánchez, J. E. y Mata, G. (Eds.). 1ª (Ed.). México. ECOSUR-INECOL. 393 p.
- Silveira-Ruegger, M. J.; Tauk-Tornisiello, S. M.; Ramos-Bononi, V. L. and Capelari, M. 2001. Cultivation of the edible mushroom *Oudemansiella canarii* (Jungh.) Höhn. In: lignocellulosic substrates. Brazilian J. Microbiol. 32:211-214.
- Sobal, M.; Martínez-Carrera, D.; Morales, P. and Roussos, S. 2007. Classical characterization of mushroom genetic resources from temperate and tropical regions of México. Micol. Aplicada Int. 19(01):15-23.
- Stalpers, J. A. 1978. Identification of wood-inhabiting aphyllophorales in pure culture. Studies in Mycology. 16:1-248.
- Vázquez-Mendoza, S. 2012. Macromicetos medicinales provenientes de la sierra norte de Puebla, México; depositados en el herbario "Gastón Guzmán", ENCB-IPN. Etnobiología. 10(2):34-37.
- Vázquez-Mendoza, S. 2013. Nuevo hospedero del hongo *Schizophyllum commune* en América. Rev. Mex. Biod. 84:661-663.
- Wasser, S. P. and Weis, A. L. 1999. Therapeutic effects of substances occurring in higher basidiomycetes mushrooms: a modern perspective. Crit. Rev. Immunol. 19:65-96.
- Zervaskis, G.; Philippoussis, A.; Ioannidou, S. and Diamantopoulou, P. 2001. Mycelium growth kinetics and optimal temperature conditions for the cultivation of edible mushroom species on lignocellulosic substrates. Folia Microbiol. 46:231-234.